



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA VCD EN  
FUNCIÓN AL NIVEL DE DECISIÓN APLICADO EN  
LA CADENA DE VALOR DE EXPLORACION Y  
PRODUCCIÓN”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO PETROLERO  
P R E S E N T A:**

**HERNANDEZ DIAZ UZIEL**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M.C. ULISES NERI FLORES**

**CIUDAD UNIVERSITARIA MEXICO D.F. MARZO 2014**



---

## AGRADECIMIENTOS

---

A Dios, por su infinita misericordia y amor para conmigo, por permitirme llegar hasta aquí, a Dios gracias. ...”לא נתנו להב יא יה זה, אבנעזר”...

A mis padres, Daniel Hernández y Guillermina Díaz, porque sin los consejos de mi padre, y la comprensión de mi madre así como su apoyo incondicional durante toda esta etapa de mi vida; por su infinito amor gracias papas...

A mis hermanos Israel y Zehidy, a mis cuñadas Enriqueta Martínez y Nidia de León, a mis sobrinos: Daniela, Ady, Isaac y Frida por su apoyo cariñoso.

A todos y cada uno de mis compañeros de aula y amigos, por su apoyo moral durante todo este trayecto; Ricardo Sotelo, Adrián Esparza, Yareli Canseco, Imelda Mercado, Javier Cortez, Diego Silva, Miguel Gallegos, Jesús Caldera J. Luis H, Ramírez, Luis Vargas, Marco Trejo, Marco A. Reyes, Claudio Vera y todos aquellos que tal vez no menciono, pero sin embargo estuvieron conmigo a lo largo de este camino, a ustedes gracias.

A la Universidad Nacional Autónoma de México mi alma mater, en especial a la facultad de ingeniería, por haberme albergado, todos estos años. A todos los docentes, que me dieron catedra compartiendo su conocimiento, para formarme como profesionalista.

Al ingeniero Ulises Neri, por su paciencia y dedicación al dirigir este proyecto de tesis.

Un agradecimiento especial a mi hermano, el Ing. Daniel Hernández, por todo el apoyo y cariño Incondicional, por la orientación vocacional que me indujo a estudiar esta carrera. Así como sus Consejos de vida y académicos, gracias porque desde niño siempre has estado a mi lado, por tu amor y amistad por todo el apoyo que me has brindado gracias.

---

## RESUMEN

---

La industria petrolera como tal, desde nacimiento como tal, ha transformado al mundo de manera invertible, es hoy en día, uno de los pilares más importantes si no es que el principal, sostén de la economía mundial. Es por esa razón, la cual la industria ha tenido una gran evolución, desde el momento que se perforó el primer pozo, con fines comerciales, hasta las grandes compañías, operadoras, que están alrededor del mundo.

La industria petrolera se ha tenido que valer de innumerables herramientas tecnológicas, y recursos humanos, para hacer de la extracción y comercialización del crudo, una industria competente, eficiente, rentable y sobre todo comprometida con el medio ambiente. Pero no solo hablamos de herramientas tecnológicas, sino que también se ha echado mano de otras disciplinas para el desarrollo de la misma, trayendo para si misma, expertos en todas las áreas desde la ingeniería petrolera, hasta el área económica administrativa, siendo estas el motor principal de esta industria.

Este trabajo de tesis en solo una pequeña muestra, que puede servir de guía, para realizar un análisis de un proyecto petrolero. Si bien es cierto, el desarrollo de un proyecto requiere una demanda de profesionales expertos, y herramientas que ayuden a encaminar dicho proyecto a su ejecución, dando como resultado su éxito. No es la excepción en la industria petrolera, ya que los proyectos nacen del análisis exploratorio de nuevos campos, hasta la explotación y distribución del crudo o gas ya sea el caso.

Un análisis en la parte de evaluación proyectos, específicamente en la utilización de una herramienta, un método que se ha utilizado en muchas compañías a nivel mundial y en esta última década adoptada por la industria petrolera, llamada, "FEL" (FRONT END LOADIN) por sus siglas en inglés, una metodología basado en puertas, o niveles de evaluación, es decir, la evaluación de una proyecto, realizando un análisis y estudio de visualización de proyecto, en el cual se reúnen los elementos con los cuales se va formar dicho proyecto. Ya reunidos esos elementos se somete a una fase de conceptualización, donde se proponen una serie de alternativas y las cuales llevaran al mejor desarrollo del proyecto, y finalmente este pasa a una fase de definición, en la cual ya se tienen identificados las mejores propuestas y escenarios para el desarrollo del proyecto, y es entonces donde se escoge la mejor opción para ejecutarlo.

Dicha metodología se ha adoptado en México, con el nombre de VCD, por sus siglas en español, es la práctica de la metodología FEL, solo que en esta versión se tienen las siglas en español de la esencia del método; Visualizar, Conceptualizar y Definir. La metodología VCD ha dado muy buenos resultados a las compañías operadoras así como a las de servicios. Traduciéndose estos resultados en tiempos de operación, maximización de recursos, y lo

---

más importante, mejores ganancias y menores pérdidas, durante el desarrollo de un proyecto. Sin embargo esta metodología ha tenido ciertas lagunas y no porque sea ineficaz, sino porque aún se sigue desarrollando y perfeccionando la técnica del VCD, es decir; la metodología VCD en otro tipo de industrias se ejecuta a nivel general en cualquier proyecto, y lo mismo sucede en la industria petrolera. Entonces, el objetivo de este trabajo es crear una herramienta en la cual el VCD sirva como arma para realizar un análisis del proyecto, llevándolo a otro nivel, no solo a nivel general, sino tomar una parte del proyecto, y aplicar un vcd que nos optimice los resultados, y se traduzcan en mejores ganancias para dicho proyecto.

Por esa razón, en este trabajo exponemos llevar el VCD a un nivel de decisión, aplicado a una cadena de valor, en la parte de exploración del proyecto. Por ejemplo podemos tener un campo, o varios campos correspondientes a un yacimiento, pero no sabemos qué tan rentable va ser la explotación de dicho yacimiento, al explotar todos esos campos, con lo que nos enfrentaríamos a una incertidumbre que nos puede llevar a la compañía en pérdidas millonarias. Por esta razón el VCD a nivel decisión, nos proporciona visión y la perspectiva clara, para saber si el desarrollar dicho proyecto, nos va dar resultados favorables. Es Decir un VCD a nivel de decisión, en términos coloquiales, es un VCD a la medida y necesidad del proyecto y de los objetivos de exploratorios y de explotación de un yacimiento. El nivel de decisión en VCD nos llevara a analizar, evaluar y ejecutar las mejores opciones que convienen al desarrollo del campo y que al realizar la evaluación económica, por lo que tendremos elementos para saber si es o no rentable.

---

---

## ABSTRAC

---

Oil industry as such, since birth as such has transformed the world of fashion invertible, is today one of the most important pillars if not the main, support the world economy . It is for this reason that the industry has had a major change from the time that the first well was drilled , for commercial purposes , to large companies , operators, those around the world.

The oil industry has had to assert countless technological tools and human resources to make the extraction and marketing of crude oil, a competent, efficient, cost effective and above all committed to the environment industry. But not just talking about technological tools, but has also laid hold of other disciplines to the development of it , bringing to herself , skilled in all areas from the petroleum engineering to administrative economic area and this engine main industry.

This thesis work on only a small sample, which may guide to an analysis of a petroleum project. Although, the development of a project requires a demand for skilled professionals and tools to help guide the project to its implementation, resulting in their success. No exception in the oil industry, as projects arises from the exploratory analysis of new fields, to exploitation and distribution of oil or gas either case.

An analysis of the evaluation projects, specifically in the use of a tool, a method that has been used in thousands of companies worldwide in the last decade and adopted by the oil industry, called " FEL " (FRONT END LOADING ) for its acronym in English, a methodology based on doors, or levels of evaluation, in the evaluation of a project, with an analysis and study of visualization project, in which the elements which meet it will be said project . Already assembled these elements undergoes a conceptualization phase , where a number of alternatives are proposed which take the best development of the project, and finally it passes a definition phase , in which we already have identified the best proposals and scenarios for the development of the project, and that's where the best place to run is chosen.

This methodology has been adopted in Mexico, with the name of VCD, for its acronym in Spanish, is the practice of the VCD methodology, which have only the initials in this Spanish version of the essence of the method, Visualize, conceptualize and define. The VCD methodology has been very successful operating companies as well as service. Translating these results in operating times, maximizing resources, and most importantly, better returns and lower losses during the development of a project. However this method has some gaps and not because it is ineffective, but that is still being developed and refined the technique of VCD , the VCD methodology in other industries is executed on a general level in any project , and the same happens in the oil industry. So the aim of this work is to create a tool

---

in which the VCD serve as a weapon for an analysis of the project , taking it to another level, not only in general terms, but to take part of the project , and we apply a VCD optimize the results , and translate into better profits for the project.

For that reason, in this paper we present the VCD take a decision level, applied to a value chain, from exploration in the project. For example we can have a field or several fields provided to a site, but do not know how profitable will be the exploitation of the deposit, to exploit all these areas , so we would face uncertainty that we can take the company in millions in losses . For this reason the decision level to VCD, will give us vision and clear perspective, to see if the development of such project, we will give favorable results. It will say a VCD at decision level, in colloquial terms, is a VCD to size and need for the project and the objectives of exploration and exploitation of a deposit. The level of decision VCD take us to analyze, evaluate and implement the best options that suit the development of the field and to perform the economic evaluation, this is clearly not profitable.

---

## INDICE

---

Introducción -----	1
1.- Conceptos generales -----	2
1.1.1 evaluación de proyectos -----	3
1.1.2 Identificación de costos y beneficio -----	3
1.1.3 preparación de proyectos -----	3
1.1.4 Valor presente Neto VPN -----	4
1.1.5 Tasa de rentabilidad inmediata -----	5
1.1.6 Tasa interna de retorno -----	5
1.1.7 Costo anual equivalente -----	6
1.1.8 Definición de administración integral de yacimientos -----	7
1.2 Historia -----	8
1.3 Definición de la metodología VCD-----	11
1.3.1 generalidades de la evaluación económica en un proyecto petrolero -----	12
1.4 Proceso VCD-----	16
1.5 Etapas -----	19
1.6 Documentación -----	23
1.6.1 descripción general del proyecto integral -----	23
1.6.2 funciones que intervienen en el proceso integral-----	26
1.6.3 proceso VCD en la cadena de valor -----	27
1.6.4 Descripción general de la documentación de un proyecto -----	28
2.- Definición y evaluación de escenarios -----	31
2.1 Generación de escenarios -----	32
2.1.1 identificación de escenarios -----	33
2.1.2 construcción de modelos probabilísticos -----	34

---

2.1.3 Evaluación de escenarios -----	37
2.1.4 Reporte de entregables -----	39
2.2 Matrices de oportunidades y estrategias -----	39
2.3 Matriz de escenarios -----	40
2.4 Evaluación económica -----	40
3.- Evaluación de externalidades -----	42
3.1 Definición -----	42
3.2 origen y evolución del concepto -----	43
3.3 Externalidades y medio ambiente -----	45
3.4 Evaluación de Externalidades -----	47
3.4.1 etapas de la metodología de externalización -----	47
3.4.2 métodos directos -----	48
3.4.3 métodos indirectos -----	48
4.- Proceso de metodología VCD a diferentes niveles de decisión -----	50
4.1 VCD a nivel de Yacimiento -----	50
4.1.2 etapa de visualización a nivel de yacimiento -----	53
4.1.3 relación de proceso de exploración con los procesos de explotación	
Infraestructura y perforación -----	54
4.1.4 Establecimiento de opciones técnicas -----	58
4.1.5 Evaluación técnico económica de opciones factibles (definición) -----	63
4.1.6 Aprobación -----	64
4.2 VCD a nivel Campo (visualización) -----	66
4.2.1 actividad y ejecución de VCD a nivel campo -----	67



---

4.2.2 interrelación de VCD de exploración con los procesos de explotación	
Perforación e infraestructura (conceptualización) -----	67
4.2.3 ejecución VCD a nivel campo -----	69
4.2.4 definir y jerarquizar proyectos y localizaciones exploratorias de	
Incorporación de reservas -----	76
4.2.5 estimar plan de ejecución y costos -----	81
4.2.6 etapa de definición nivel campo -----	81
4.3 Proceso VCD a nivel proyecto -----	86
4.3.1 visualización vcd de proyecto -----	86
4.3.2 verificación del grado de definición del proyecto -----	89
4.3.3 selección del método de evaluación -----	91
4.3.4 procedimiento de evaluación económica a nivel proyecto -----	93
4.3.5 descripción del cálculo del VPN a nivel proyecto -----	96
4.3.6 criterios para aprobar y seleccionar proyectos de inversión -----	100
4.3.7 evaluación económica a nivel yacimiento-campo-proyecto -----	102
Conclusiones -----	106
Índice de figuras -----	107
Bibliografía -----	109

---

## Introducción

La exploración y la producción de hidrocarburos tanto en México como a nivel mundial se lleva cabo por diversas etapas en la vida del yacimiento. Desde la exploración a través de la planificación de la evaluación producción y finalmente la etapa de abandono.

Es importante mencionar que para el desarrollo de un proyecto petrolero se deben evaluar y tomar en cuenta un gran número de variables que impactan directamente en el éxito o fracaso del mismo, por lo cual es determinante el análisis y la toma de decisiones que se toman durante el desarrollo del proyecto. Las decisiones en la industria petrolera determinan el curso de millones de dólares cada año. Algunas de las decisiones más extraordinarias determinan la oferta máxima por una concesión. El mejor proceso de desarrollo para un determinado bien, la prioridad de perforación, en el marco de opciones de exploración de una compañía, el momento de incrementar la capacidad operativa de una instalación, o la decisión de firmar un contrato de suministro a corto o largo plazo.

Si bien los problemas más simples se pueden analizar con solo algunos cálculos, tomar decisiones más complicadas puede tomarle a una compañía meses o años de preparación. Por ejemplo, uno de los dilemas que enfrentan hoy en día las compañías de exploración y producción; es como desarrollar yacimientos situados en aguas profundas. A veces es mejor el desarrollo submarino; otras veces la solución es una infraestructura flotante amarrada al lecho marino. Por lo general, las compañías petroleras dedican de 12 a 18 meses al ciclo de toma de decisiones, recopilar información, analizarla, y modelar el riesgo y la incertidumbre antes de seleccionar un sistema de producción.

La industria petrolera en el mundo y ahora en México está aplicando técnicas de administración de proyectos se han estado basando en la visualización, conceptualización y la definición de proyectos. La estructura que se define y esquematiza dicha técnica se limita por el costo de aplicación, ya que en este caso se necesita de un equipo multidisciplinario específico para poder ejecutar dicho método, además del uso de herramientas tecnológicas de diseño que permitan llevar a cabo el análisis específico a cada área involucrada. Es crucial tomar el tiempo requerido para ver reflejados los resultados, esto puede verse alrededor de los seis a ocho meses, y en un caso muy optimista se puede reflejar a los 4 meses. La aplicación de esta metodología va encaminada a desarrollar proyectos que contienen varios campos petroleros o varios yacimientos, podemos resaltar que de hecho, se puede aplicar a cada etapa del proyecto, desde la exploración hasta el abandono del pozo. Hablando específicamente de un proyecto petrolero. Lo anterior, junto con el costo de aplicación de las técnicas mencionadas, indica que existen posibles limitantes para cuando se requiera estudiar que tan loable es la factibilidad técnico-económica de desarrollar un campo o un

solo yacimiento. De a allí que los puntos clave a optimizar son; el tiempo que se tardaran en entregar resultados lo cual no se va reflejar en la disminución de la incertidumbre y el impacto del riesgo en la toma de decisiones, y los costos asociados a la visualización de los escenarios de explotación. Cuando se toman decisiones para desarrollar un campo o yacimiento estos se basan en los resultados finales del análisis de visualización y para lo cual se requiere de una solución que permita la rápida toma de decisiones basada en planteamientos más rápidos de escenarios de explotación, evaluaciones técnico-económicas de dichos escenarios así como el análisis eficaz y eficiente de los datos de entrada y de los resultados.

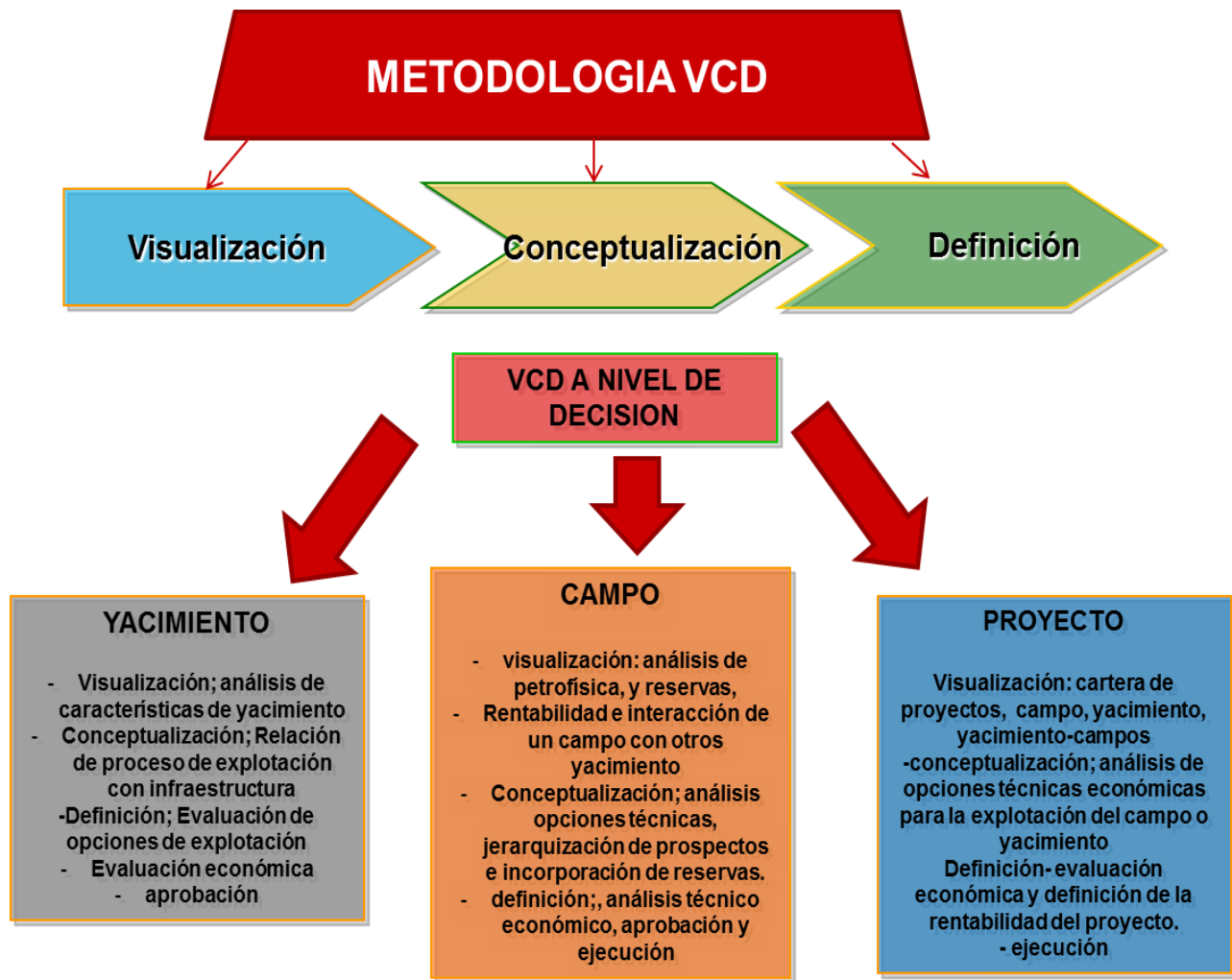


Fig. 1 esquema del proceso VCD de dependiendo del nivel de desicion

---

## 1.- CONCEPTOS GENERALES

---

**1.1.1 Evaluación de proyectos.-** consiste en determinar la conveniencia de ejecutar un proyecto considerando solo aquellos efectos que inciden sobre éste y no en la sociedad. Para valorar los efectos se utilizan precios de mercado y una tasa de descuento, que depende de las expectativas del dueño del proyecto, además de considerar conceptos como depreciación, impuestos, subsidios, valor de rescate y tipo de financiamiento. Este tipo de evaluación puede ser económica financiera o de riesgo dependiendo de dónde provengan los recursos para realizar el proyecto. En la evaluación económica se considera que las compras y ventas del proyecto se realizan de riguroso contado y que todo el capital utilizado es propiedad del dueño del proyecto. En cambio la evaluación financiera se considera los flujos financieros generados por el capital prestado.

**1.1.2 Identificación de Costos y beneficios** Uno de los principales problemas en la asignación de inversión es que en la mayoría de los casos no se tienen los conceptos claros de qué es un costo y un beneficio. Un proyecto consiste en utilizar insumos (recursos) con el objetivo de producir un bien o un servicio demandado por la sociedad. El uso de insumos y su asignación a un proceso productivo representa un costo, debido a que esos recursos no podrán utilizarse en otra actividad o proyecto (proyecto oportunidad); mientras que consumir bienes o servicios producidos por el proyecto es un beneficio, ya que al realizarlo se satisfacen necesidades. En resumen, producir es un costo, pues para hacerlo se deben utilizar insumos que ya no se podrán utilizar en otra actividad (proyecto); el uso de mano de obra (empleo) también lo es, pues el capital humano para llevar a cabo un proyecto es un insumo que podría ser utilizado en otra actividad. Como se puede observar, algunos conceptos que comúnmente se utilizan como beneficios para justificar la ejecución de proyectos, son en realidad costos.

### 1.1.3 Preparación de Proyectos

Después de realizar el paso de identificación en la evaluación de un proyecto, la siguiente actividad es la preparación de éste. Preparar un proyecto significa la construcción de un flujo de costos y beneficios durante el horizonte de evaluación. Este flujo tendrá como base la realización de los siguientes estudios: de mercado, técnico, ambiental, legal y económico **(muy similar a la administración integral de yacimientos en la industria petrolera)**.

---

Estudio de mercado: se analiza el comportamiento histórico de la demanda, oferta y precios de los bienes y servicios involucrados en el proyecto. Con esto se estima la demanda potencial futura para compararla con la oferta, en un horizonte de evaluación.

Estudio de factibilidad técnica: se detallan y cuantifican los costos de inversión, mantenimiento y operación de la alternativa seleccionada. Además, se verifica si la tecnología es la más adecuada para llevar a cabo el proyecto.

Estudio de factibilidad ambiental: se determina el impacto, negativo o positivo, y las acciones para prevenir o mitigar cualquier efecto adverso que el proyecto provoque en el medio ambiente. Asimismo se determina si el proyecto se puede ejecutar aún con los efectos que éste cause.

Estudio de factibilidad legal: se verifica que las acciones del proyecto estén dentro del marco jurídico vigente y por consiguiente, puedan llevarse a cabo.

Estudio económico: se determina la conveniencia económica de llevar a cabo la alternativa seleccionada, mostrando los riesgos posibles de su ejecución.

Los costos y beneficios que se identifican, cuantifican y valoran en los estudios antes descritos, se clasifican en efectos directos, indirectos y externalidades. Para la evaluación privada se estiman sólo los primeros considerándose como ingresos, mientras que para la social se estiman los tres, en el caso que existan.

Una vez estimados todos los efectos provocados por el proyecto, debe calcularse el flujo de efectivo neto (FE), con el cual se estimarán indicadores de rentabilidad adecuados, para determinar la conveniencia de llevar a cabo el proyecto. Los más utilizados son: valor presente neto (VPN) o valor actual neto (VAN), tasa de rentabilidad inmediata (TRI), tasa interna de retorno (TIR) y el costo anual equivalente (CAE).

#### **1.1.4 Valor presente Neto (VPN)**

El VPN indica el valor “al día de hoy” del flujo de efectivo generado por el proyecto generado en el horizonte de evaluación. Para calcularlo se utiliza una tasa de descuento la cual refleja el costo de oportunidad de los recursos. Por ejemplo en México, la tasa social de descuento es del 12% y es autorizada por la secretaria de hacienda y crédito público para evaluar los proyectos de inversión pública. La fórmula para calcular el VPN es la siguiente

---

$$VPN = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{FE_t}{(1+r)^t}$$

Fig. 2 ecuación VPN

Donde “ $FE_t$ ” representa el flujo de efectivo en cada periodo de tiempo “ $t$ ”, la tasa de descuento o costo de oportunidad del dinero está representada por “ $r$ ”, “ $n$ ” es el número de años del horizonte de evaluación menos uno y “ $\Sigma$ ” es la sumatoria del valor presente neto de los flujos de efectivo descontados.

La regla de decisión de este indicador consiste en que si el VPN es positivo, entonces el proyecto es rentable, ya que la sociedad aumentara si riqueza al ejecutarlo. Por el contrario, un VPN negativo indica que se tendrían pérdidas en caso de llevarlo a cabo y por lo tanto, la realización del proyecto no sería conveniente.

#### **1.1.5 Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)**

Existen proyectos cuyos beneficios netos positivos son crecientes en el tiempo, por lo que en estos casos, el VPN no es el indicador más correcto, ya que sólo bastaría con determinar un horizonte de evaluación tal, tal que el VPN que se calcule sea positivo. En este sentido, el indicador más conveniente es la TRI. Ya que establece el momento óptimo a operar e invertir por medio de la maximización del VPN.

#### **1.1.6 Tasa interna de retorno (TIR)**

La TIR indica la rentabilidad de realizar un proyecto y a su vez es la tasa de descuento que hace que el VPN se igual a cero. Su expresión matemática es la siguiente:

$$VPN = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{FE_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

La regla de decisión para este indicador, es aceptar los proyectos cuya TIR sea igual o mayor a la tasa de descuento. La TIR sólo es útil, cuando los proyectos se comportan “normalmente”, es decir, cuando los primeros flujos son negativos y los siguientes son positivos; lo anterior se debe a que si cambia el signo más de una vez los flujos netos del proyecto, se pueden obtener diferentes valores de la TIR. Por último, es importante mencionar que la TIR, por ser una tasa no se puede utilizar como criterio de comparación entre proyectos y debe ser siempre acompañada por el VPN.

### 1.1.7 Costo anual equivalente

Este indicador es utilizado para comparar proyectos que generen los mismos beneficios, pero que tengan costos y una vida útil diferentes. Su cálculo consiste en anualizar el valor presente de los costos en los que se incurre para llevar a cabo un proyecto, y en su caso, se debe descontar el valor de rescate que se pueda obtener al final de la vida útil de éste. A continuación se presenta la expresión matemática que lo representa.

$$CAE = \frac{VPC - VPR}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}}$$

Fig. 3 costo anual equivalente

Donde “VPC” representa el valor presente de todos los costos, “VPR” es el valor presente del valor de rescate, “n” son los años de vida útil de la alternativa evaluada y “r” es la tasa social de descuento.

No cabe duda alguna que es importantísimo tener en cuenta todos estos conceptos para poder llevar a cabo una evaluación de los proyectos de cualquier índole o en cualquier rubro de la industria, y más aún en la industria petrolera que la que nos enfocaremos en este trabajo. Ahora bien, es fundamental mencionar que aparte de todos estos conceptos que sirven de herramienta fundamental para evaluar los proyectos, y más aún en la industria

---

petrolera, por lo cual, es de suma importancia ligarse a la administración integral de yacimientos de tal manera que con la conjunción de estos conceptos, aunado a la aplicación de la metodología FEL o VCD, el proyecto puede rendir frutos bastante favorables para la compañía dueña del proyecto.

#### **1.1.8 Definición de administración integral de yacimientos**

la administración integral de yacimientos es la práctica que se fundamenta en el empleo adecuado de los recursos disponibles, tales como humanos, tecnológicos y financieros, para maximizar la recuperación económica de aceite y gas de un yacimiento, minimizando al mismo tiempo la inversión de capital y los costos de operación, obteniendo así el mayor beneficio del yacimiento

Los elementos que se emplean para describir dicha administración son los siguientes:

- Es un proceso continuo, ordenado y cíclico, que se aplica a lo largo de la vida del yacimiento.
- Integra recursos humanos, tecnológicos y económicos de manera óptima
- Integra información del yacimiento, la procesa y analiza para generar su plan de desarrollo y explotación
- Reconocer que la información que está sujeta a incertidumbre y que el plan también lo este.
- Reconoce que el plan debe ser flexible y de ser necesario modificable, en función de la adquisición de nueva información, su proceso y su análisis subsecuentes.
- Plantea como el elemento importante el monitoreo o seguimiento de los resultados obtenidos.
- Define como objetivo final la maximización de las ganancias logrando una recuperación económicamente factible de los hidrocarburos de un yacimiento.

Con los elementos descritos anteriormente se puede desprender la siguiente definición; la administración integral de yacimientos es un proceso continuo, ordenado y repetitivo, que emplea de manera óptima los recursos humanos tecnológicos y económicos para generar mediante la integración, procesamiento y análisis de la información disponible, el plan de desarrollo y explotación de un yacimiento, su implantación y monitoreo, seguimiento, evaluación y revisión, de manera que a lo largo de la vida del yacimiento se logre una recuperación económica de los hidrocarburos, maximizando las ganancias.



---

## 1.2 Historia

Las evaluaciones afectadas por las organizaciones internacionales especializadas en planeación de proyectos mayores en exploración y producción de hidrocarburos a escala mundial, evidencian oportunidades de mejora en la planeación y control de proyectos, en cuanto al grado de definición y soporte técnico, así como desviaciones de calidad, costo y tiempo de ejecución, con respecto a lo planeado.

Mejorar el proceso de definición de proyectos ayuda a las operadoras petroleras a maximizar la captura de valor de los mismos, mejorando su rentabilidad y competitividad, así como conformar una cartera de proyectos altamente rentable, que asegure el logro de los objetivos planteados.

El objetivo es asegurar una definición documentada del alcance de un proyecto, así como reducir la incertidumbre y por ende el número de cambios en las etapas posteriores (ejecución y operación) del proyecto, haciendo más predecibles los resultados que esperan del mismo, añadiendo el máximo valor con el mínimo costo en las etapas tempranas de un proyecto.

Todo lo citado anteriormente se refiere a la metodología FEL, que en sus siglas en inglés significa Front End Loading la cual es una metodología de portones, proceso mediante una compañía determina el alcance de un proyecto.

Los fundamentos de la metodología **FEL (VCD)** fueron desarrollados y presentados originalmente por el **Independent Project Analysis Inc.** A FEL fueron adoptados y aceptados como una mejor práctica por las principales compañías operadoras y la industria de E y P en general.

La herramienta FEL (VCD) evalúa el nivel de definición de una serie de elementos importantes que se utilizan para determinar lo que en su caso, los activos deben ser construidos para satisfacer una necesidad de negocio en particular. Para ello el negocio en FEL evalúa tres aspectos de un proyecto:

- 1.- Factores de planificación de Negocios. El caso de negocio para el proyecto es definir los supuestos y los conocimientos necesarios para desarrollar un caso financiero y apoyar la inversión de un proyecto en particular.
- 2.- La interface entre empresa e ingeniería. La relación entre los negocios y la ingeniería tienen los procedimientos en marcha para traducir eficazmente la oportunidad de negocio en un proyecto de capital con éxito.

---

3.- Ingeniería Conceptual. Tener todas las alternativas que potencialmente puede satisfacer la necesidad de negocio identificando y comenzando el trabajo inicial de diseño de estas alternativas.

El análisis FEL (VCD) ha traído beneficios a compañías, que ayudándoles a seleccionar las mejores oportunidades de proyectos para avanzar en el diseño del proceso. Con recursos limitados disponibles y la constante necesidad de obtener ventajas competitivas, las compañías deberían centrarse en la definición de aquellos proyectos que tienen la mayor probabilidad de éxito en los negocios. Mediante la aplicación de la herramienta FEL (VCD) las compañías pueden saber lo que el negocio y los riesgos son principios de la ingeniería para que la administración pueda decidir si se debe de proceder y la forma de actuar con mayor estudio del proyecto candidato.

La metodología VCD es se lleva a través de un proceso por el cual una compañía o empresa desarrolla e identifica el objetivo y el alcance de los proyectos de inversión de capital, para satisfacer las necesidades del negocio o proyecto.

Uno de los objetivos primordiales, es asegurar una definición documentada del alcance del mismo, lo cual cubrirá los objetivos del proyecto en cuanto inversión de capital, costos operacionales, calidad y tiempo. El proceso VCD tiene como finalidad analizar a fondo los requerimientos, riesgos, opciones e incertidumbres, seleccionar la mejor opción para el proyecto desde puntos de vista técnicos y de rentabilidad así como reducir el número de cambios en las etapas posteriores del proyecto, de manera que se pueda predecir los resultados que se esperan obtener del mismo.

La metodología VCD se realiza por fases (visualización, conceptualización y Definición) cada etapa debe cumplir una serie de actividades y puntos de verificación y control, así como obtener una autorización de los niveles jerárquicos que corresponda, antes de seguir a la siguiente fase del proceso de definición y/o comprometer recursos adicionales. Para cada una de las fases, se van incorporando una gama de elementos de información y de análisis adicionales, que permiten una mayor definición del alcance, e identificación de riesgos e incertidumbre, así como un estimado de costos y planes de ejecución más precisos.

El método VCD de un proyecto inicia identificando una oportunidad u objetivo de negocio y la generación de opciones para su realización (Fase Visualización), continúa con la evaluación de las opciones y selección de la mejor (Fase Conceptualización) y finalmente su afinación (Fase Definición), de manera que el proyecto está listo para solicitar la autorización para ser ejecutado.

Es necesaria la interacción de equipos multidisciplinarios para el desarrollo de cada fase,

---

hasta tener un diseño básico, con una documentación completa y organizada, el cual será el soporte principal para obtener la autorización y los recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

La aplicación de la metodología VCD en un proyecto, requiere de la confirmación de equipos de trabajo integrales de alto desempeño, integrados por personal con el conocimiento necesario por el proyecto, acorde a las características propias del mismo, que debe ser dotado de todos los recursos físicos y financieros, suficientes y oportunos, necesarios para desarrollar las actividades. Este equipo debe ser constituido al inicio de la fase de visualización y en lo posible se debe mantener la integridad del mismo, para así asegurar la continuidad del liderazgo, el enfoque estratégico y la clara definición de roles, responsabilidades y procedimientos de trabajo, durante todo el proceso VCD.

Quiero mencionar en este trabajo la aplicación del VCD en la industria petrolera mexicana, en un caso muy particular, su aplicación en los proyectos integrales de PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN. Los proyectos de PEP, analizados de forma integral, son definidos y ejecutados, mediante la combinación de cuatro procesos principales, a saber: Exploración, Explotación, Perforación e infraestructura, cada una de las cuales tiene particularidades y requiere de competencias específicas. Estos cuatro procesos interactúan y se complementan para desarrollar el VCD del proyecto integral y cada uno debe ser desarrollado mediante la aplicación de la metodología VCD.

El VCD de un proyecto integral se inicia con el análisis de una oportunidad exploratoria ubicada en una cuenca o área prospectiva, previamente identificada y documentada en la cartera de proyectos y en el plan de negocios. El análisis de esta oportunidad se espera que conduzca a la incorporación de reservas asociadas a un yacimiento comercial. Durante la etapa de exploración, entre otros, se realiza captura y evaluación de datos e información, estudios de sísmica 2D y 3D, elaboración de modelos geológicos, simulaciones y perforación de pozos, para métricos (durante la fase de visualización), exploratorios (durante la fase de conceptualización) y delimitadores (durante la definición), así como evaluaciones de incertidumbres y riesgos, en cada una de estas fases.

Existen características comunes en las empresas de “clase mundial” (marcadoras, de máxima competitividad en su campo), en cuanto a la ejecución de proyectos, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- Poseen una estrategia de negocios bien definida, que incluye e integra el

---

desarrollo armónico de los proyectos.

- Emplean procesos de trabajo normalizados, basados en el uso metódico de las “mejores prácticas” de uso internacional, adaptadas a sus procesos.
- Los procesos de trabajo son realizados por equipos multidisciplinarios y las decisiones son tomadas en forma colegiada, previo análisis y documentación de escenarios/opciones múltiples y determinación, evaluación y de incertidumbres y riesgos.
- Solo ejecutan proyectos que soportan y se alinean adecuadamente con los objetivos del plan de negocio de la empresa.
- Se miden continuamente contra sus competidores la calidad de su proceso de ejecución de proyectos, para identificar áreas de mejora.

Cabe mencionar que el análisis de una muestra representativa de proyectos de equis o Y compañía indica, que si bien la gestión de proyectos cuentan con algunos éxitos significativos, comparables con los mejores parámetros en el ámbito mundial, en general dicha gestión plantea retos y oportunidades de mejora importantes en cuanto a tiempo y costo de los proyectos objetivos primordiales del VCD

Como ya se ha venido mencionando primeramente es importante definir y elaborar una buena administración integral de yacimientos, ya que esta va de la mano con la aplicación de un buen FEL o VCD al proyecto.

### **1.3 DEFINICIÓN DE LA METODOLOGIA VCD**

La metodología **FEL** o **VCD** viene de las investigaciones que determinan que la gestión de proyectos no cumple con su objetivo; datos demuestran que el 70% de los proyectos no se terminan a tiempo o dentro del presupuesto hablando de la industria petrolera en específico. La complejidad técnica en la recuperación de hidrocarburos está ligada a numerosas incertidumbres sobre las características de los yacimientos, el comportamiento de los pozos, y el mantenimiento de los equipos e instalaciones. Al mismo tiempo, la volatilidad del mercado ha contribuido a una menor confianza en los márgenes de beneficios económicos. Aunado a esto las circunstancias de tipo social ambiental y en la mayoría de las veces las políticas que rodean a la industria petrolera.

---

Cuando ponemos en la industria petrolera el panorama actual del incremento de la demanda de hidrocarburos viene detrás un reto al cual enfrentan las compañías y es claro como surgen las interrogante; ¿cómo se pueden optimizar los recursos, integrando la responsabilidad de cumplimiento con las numerosas limitaciones ambientales, políticas y sociales, de tal manera que se satisfagan los objetivos técnicos y económicos de un proyecto?

Afrontar este desafío requiere de conocimientos estratégicos aplicables desde el comienzo de un proyecto VCD o FEL, es una metodología que adopta un enfoque deliberado de la planificación de proyectos de inversión. La metodología VCD o FEL es aplicada actualmente por muchas compañías para optimizar las operaciones de exploración y producción de campos, así como el diseño, la construcción y el mantenimiento de pozos

Mientras los planes tradicionales de admiración de proyectos ayudan a buscar a las compañías la manera de alcanzar las metas de producción bajo los presupuestos establecidos, la metodología VCD alinea a la empresa petrolera

### **1.3.1 Generalidades de la evolución económica en un proyecto petrolero.**

La evaluación económica de un proyecto representa el eslabón entre la acumulación de petróleo y el proceso de toma de decisiones. Un proyecto incluye la asignación de recursos económicos, materiales, humanos y tecnológicos, entre otros, para el desarrollo de campos o yacimientos. Un proyecto puede constituir el desarrollo de un solo yacimiento o de un campo, o el desarrollo incremental para un campo en producción, o el desarrollo integrado de un grupo de varios campos.

El concepto de valor en economía supone que el valor es algo que el ser humano establece; de esta manera no se considera que los bienes y servicios tengan valor a menos que los humanos le otorguen alguno. Desde el punto de vista económico, no existe un valor natural o intrínseco a las cosas, y, evidentemente, el establecer que el valor esté tan íntimamente ligado al ser humano obliga a los economistas a medir los valores mercantiles y no mercantiles empleando instrumentos monetarios como el dólar, la libra esterlina, el euro, etc. El valor económico es una cualidad, y nos sugiere ante toda la idea de lo útil, y se reserva la información del valor como propia. Únicamente, de las cosas cuya utilidad se nos ofrece en toda plenitud de su desarrollo y a la acción ejercida sobre ellas por el trabajo. Es decir, el valor se refiere siempre a un resultado de la industria humana, que tiene por

---

fundamento la utilidad y por condición el trabajo; el valor económico es la cualidad esencial y distintiva de los productos económicos, y puede definirse como la utilidad apropiada, ó bien, el grado de la utilidad que convierte las cosas en riqueza.

Ahora bien, un proyecto de inversión se puede definir como una solución específica enfocada a satisfacer una necesidad, por medio del uso de recursos humanos, materiales y económicos, con el fin de obtener un beneficio en determinado lapso de tiempo. Este beneficio es por lo regular económico. Las evaluaciones económicas de los proyectos de inversión se realizan con el fin de justificar la exploración y explotación de campos petroleros, incrementar el valor económico de una compañía petrolera, realizar adquisiciones, reportar ingresos y egresos al gobierno, realizar informes corporativos etc. El procedimiento para realizar una evaluación económica es la siguiente.

- Definir e identificar una unidad de inversión: aquello que, como conjunto mínimo de elementos, por si solo genera valor económico.
- Seleccionar algún método de evaluación para dicha unidad de inversión; por ejemplo, el flujo de efectivo descontado
- Estimar el valor económico de la unidad de inversión: en base a los métodos de evaluación utilizados, calcular los indicadores económicos necesarios para la toma decisiones. Por ejemplo el valor presente neto y la eficiencia de la inversión.
- Definir el proyecto de inversión. Generar todos los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Este procedimiento establece si un proyecto genera flujos de efectivo positivos o negativos. Al evaluar económicamente es de suma importancia considerar los ingresos y egresos que se derivan de la opción a evaluar. En resumen, la evaluación económica de proyectos de inversión se establece como se ocurren los flujos de efectivo.

A través del tiempo, estos se descuentan al costo de oportunidad o tasa de descuento de la empresa, para así determinar el valor presente neto. Un flujo de efectivo utilizado comúnmente en la industria petrolera considera las siguientes características.

***Ingresos totales = volumen de hidrocarburos X precio***

***Ingresos operativos = ingresos totales – costos de operación – regalías***

---

***FEAI = ingresos operativos – inversiones***

***Ingresos gravables = ingresos operativos – depreciación***

***FEDI = FEDAI – impuestos por pagar***

El ingreso total, son las entradas de dinero, se fundamenta en la cantidad vendida de algún producto, y en el precio al que se vendió o se vende, además de que su cálculo involucra aspectos económicos y fiscales que dependen de la legislación existente en un país, y los términos de las negociaciones entre socios contratistas etc.

La decisión de invertir o no en un proyecto es el resultado de:

- Definir el problema que llevara a invertir en un proyecto
- Analizar el problema que se transformará en un proyecto.
- Desarrollar alternativas de solución
- Decidirse por la mejor solución técnica y económica (esto con ayuda de la evaluación económica)
- Convertir la decisión de invertir en un hecho real.

La metodología de evaluación económica es muy sencilla;

- Estimar entradas y salidas de dinero (llamado flujo de caja)
- Calcular las medidas del valor (llamados indicadores económicos)
- Determinar el riesgo y la incertidumbre

Podría decirse que es complejo combinar las reglas del negocio con la metodología de evaluación económica. A manera de resumen, las partes envueltas en la evaluación económica de proyectos de inversión concernientes a la industria petrolera son:

***Parte técnica***

- *Estimación de reservas*
- *Pronósticos de producción*

- 
- *Estimación de inversiones*
  - *Estimación de gastos de operación*
  - *Schedule*
  - *Incertidumbre técnica*

***Parte económica contable***

- *Pronostico de precios y de productos*
- *Pronósticos de inflación*
- *Estimación de impuestos y contabilidad*
- *Incertidumbre económica*

***Parte administrativa***

- *Metas corporativas y de administración*
- *Competición por recursos corporativos*
- *Regulación gubernamental de tolerancia al riesgo*

Dicho lo anterior es de gran importancia tomar en cuenta el proceso de evaluación de proyectos mencionado ya que está íntimamente ligado y es un elemento fundamental en el cual se basa el método FEL o VCD para el desarrollo integral de los proyectos, y en específico los que conciernen a los proyectos de la industria petrolera. Como ya se mencionó con anterioridad la ejecución de todo proyecto



---

## 1.4 PROCESO VCD

La ejecución de todo proyecto debe pasar por 6 fases, a saber visualización, conceptualización, definición, ejecución, operación y abandono, estas fases abarcan desde el nacimiento del proyecto, con la identificación y análisis de la oportunidad y determinación de las opciones factibles de ejecución, pasando por la selección de la mejor opción desde los puntos de vista técnicos, económico y de riesgo así como el diseño básico, especificación detallada de los elementos principales, delimitaciones y establecimiento de la estrategia de ejecución. Posteriormente, una vez aprobados los recursos financieros, se pasa a las etapas ejecutoras, comenzando la materialización de la estrategia de ejecución detallado de todos los elementos, componentes del proyecto, contrataciones, procura de materiales y equipos y construcción del proyecto hasta agotar su vida útil comercial y finalmente proceder a su terminación, desincorporación de infraestructura y saneamiento de las áreas afectadas.

En cada una de estas fases se deben identificar y evaluar las incertidumbres y los riesgos y establecer estrategias para administrarlas, así como para determinar y delimitar los objetivos y el alcance del proyecto, además de efectuar evaluaciones técnico económicas de la(s) opción(es), con el fin de procurar la máxima rentabilidad posible de los proyectos de inversión y minimizar la variación entre lo planeado y la ejecución real en cuanto a alcance, costo, calidad y tiempo, asegurando de esa forma los resultados esperados.

Durante la ejecución de cada una de estas fases, se llevan a cabo la recopilación de información, cálculos, simulaciones, ejecución de actividades físicas según se requiera, análisis y evaluaciones de diversos factores y existen puntos de control técnico específicos, que deben ser verificados por equipos multidisciplinarios compuestos por personal profesionalista altamente calificado, a fin de garantizar la calidad de los análisis y evaluaciones realizadas. De esas actividades se genera un documento de soporte de decisión (DSD), donde se incluyen todos los documentos generados por el equipo del proyecto sobre el trabajo realizado y sus resultados obtenidos, que sirven de soporte a un equipo colegiado de varias disciplinas que tomaran decisiones sobre el proyecto.

Al finalizar cada una de las fases, se verifican hitos de decisión de forma que garantice el cumplimiento de todos los requisitos técnicos, metodológicos y normativos de la compañía; así como el que los proyectos estén alineados a los planes de negocio de la misa y que cada uno, por sí mismo genere valor a la compañía.

---

Las primeras fases de la ejecución de un proyecto, es decir, la visualización, la conceptualización y la definición, corresponden a la etapa de planeación y formulación del proyecto, donde se determinan las características definitivas del mismo y los beneficios para la empresa, con el fin de obtener los recursos técnicos, físicos y financieros para su ejecución. Esta etapa se realiza mediante la aplicación de la metodología VCD(FEL) que establece una forma ordenada, documentada y secuencial, con niveles de verificación o **niveles de decisión** adecuados para cada fase, que definen sólidamente el proyecto, de forma que garanticen la mayor precisión y calidad posible al momento de su ejecución, maximizando la captura del valor para la empresa, con un mínimo de desviaciones con respecto a lo planeado constituyéndose en una de las mejores prácticas internacionales para la ejecución de las etapas tempranas de los proyectos, las siglas VCD o FEL usadas en el mundo (Front end Loading, metodología de portones) y VCD, identifican la metodología y sus procesos en virtud de las iniciales de sus fases, visualización, conceptualización y definición. Brevemente se describe cada una de las fases VCD.

### **VISUALIZACIÓN (VCD-V)**

Consiste en determinar y analizar las oportunidades del proyecto, definir los objetivos y del alcance general del proyecto, generar evaluar técnica y económicamente preliminar de todas las opciones posibles para su ejecución, así como la identificación de riesgos mayores. Debido al bajo grado de definición de las opciones visualizadas, a este nivel se elabora para cada opción un estimado de costos clase V(orden de magnitud), para efectos de determinar su factibilidad. Todas las opciones que resulten técnica y económicamente factibles son propuestas para pasar a la siguiente fase (*CONCEPTUALIZACIÓN*)

### **CONCEPTUALIZACIÓN (VCD-C)**

Consiste en una evaluación más detallada, de las opciones visualizadas en el VCD-V del proyecto, recopilando información adicional, efectuando entre otros, simulaciones, pruebas, cálculos, análisis de incertidumbres y riesgos, con mayor profundidad e integrando resultados de procesos relacionados, de forma de seleccionar la mejor opción para ejecución del proyecto. A este nivel, se elabora un estimado de costo clase IV (factorizado referencial). La opción seleccionada (mejor opción desde el punto de vista técnico, económico y de riesgo), es sometida al equipo de autorización, para decidir sobre su pase a la siguiente fase del VCD(*DEFINICIÓN*).

**DEFINICIÓN (VCD-D)**

Esta es la fase final del VCD del proyecto. En esta fase se complementa la mejor opción seleccionada con información, cálculos, simulaciones, pruebas y evaluaciones adicionales y se genera el diseño básico, con las especificaciones, las estrategias y los documentos necesarios para la ejecución del proyecto. En esta fase, usualmente se elaboran dos tipos de estimados de costo, uno clase II, para los trabajos de ejecución preliminares como pruebas piloto y para equipos mayores, de largo tiempo de entrega y un estimado final clase II, al terminar completamente la fase definición del proyecto, que servirá para soportar su aprobación definitiva y solicitar fondos para su ejecución.

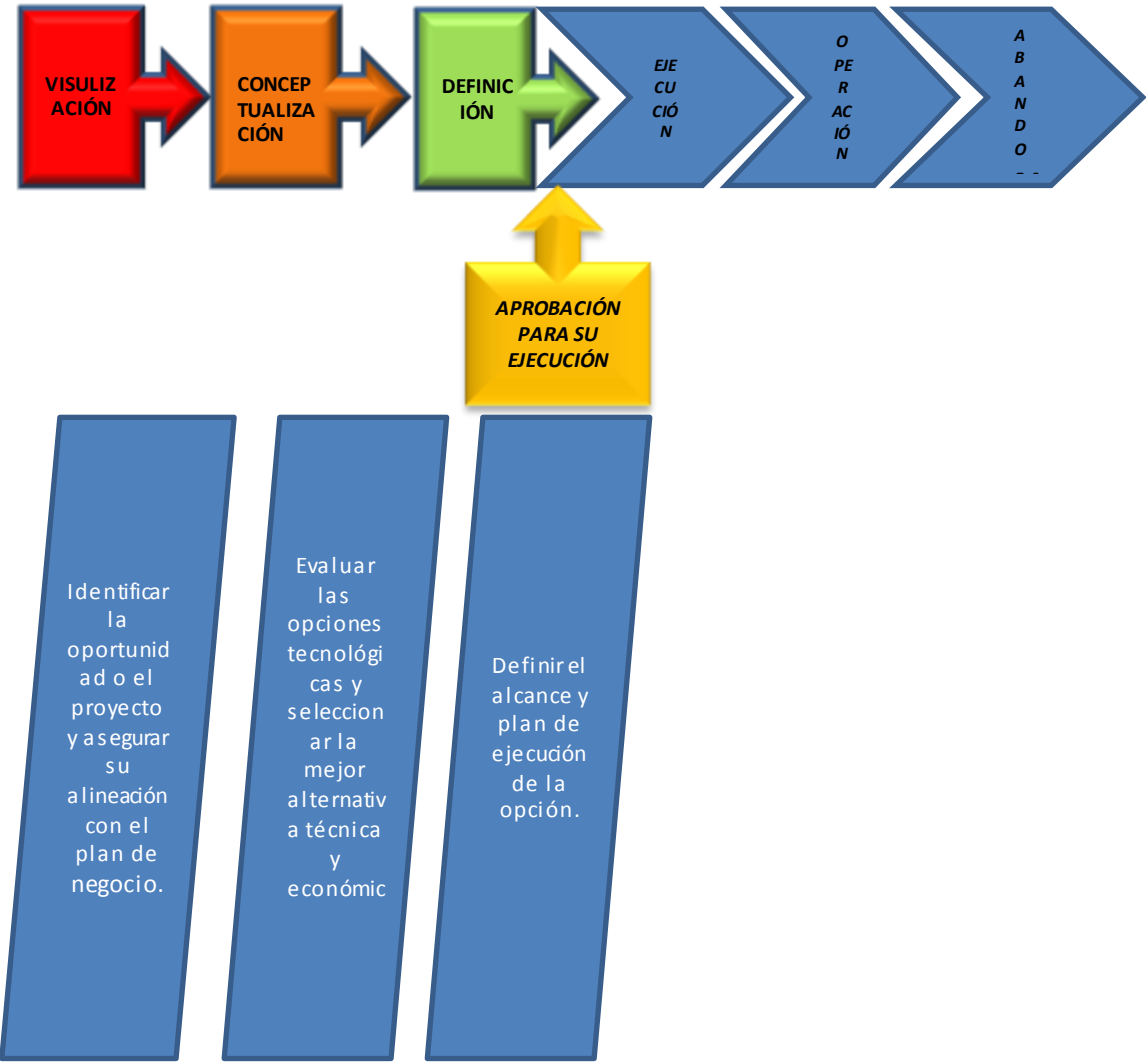
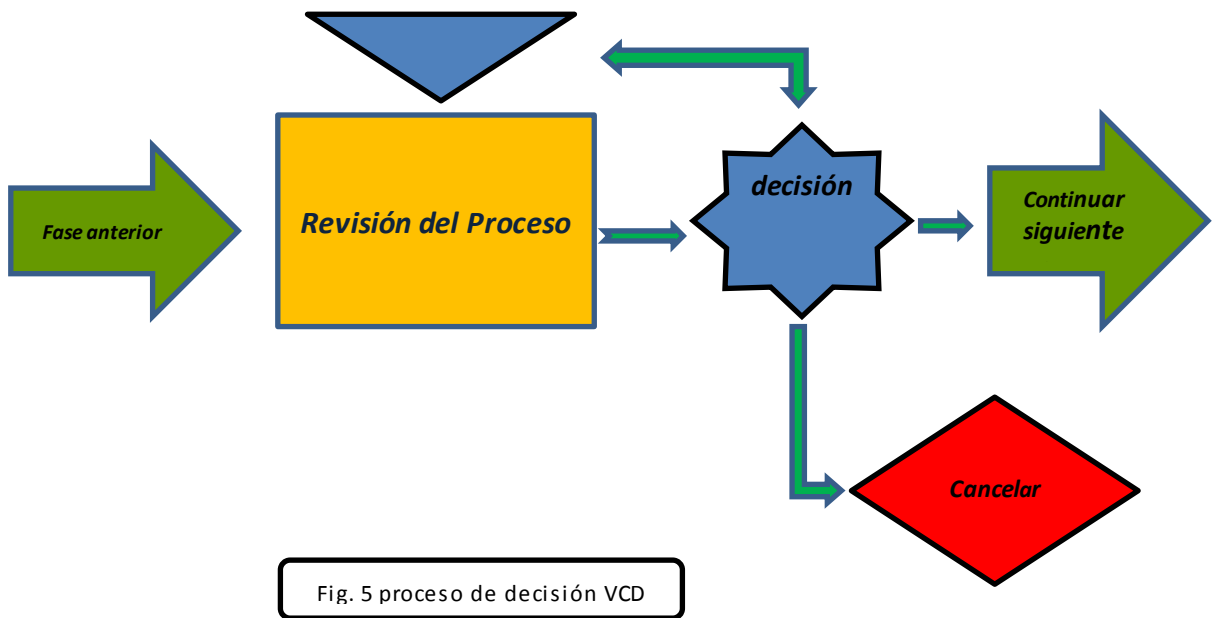


Fig.4 proceso de definición VCD

---

## 1.5 Etapas

Como ya se ha explicado anteriormente entre cada fase del VCD y la siguiente, se establece un hito de decisión que es efectuado por un equipo multidisciplinario independiente del ente que coordina el proyecto, cuyo objetivo es analizar detalladamente el trabajo realizado por el equipo del proyecto y soportado por el DSD correspondiente a la fase o etapa del VCD (FEL) en que se encuentre el mismo. A continuación se ilustran las etapas del proceso de decisión.



Por lo general, la decisión de este equipo multidisciplinario, en cada fase del VCD puede ser:

- A) Aprobación de los resultados del VCD
- B) Cancelación o diferimiento del proyecto
- C) Devolver el proyecto al equipo de trabajo para revisar, modificar o completar algunos elementos de las(s) opción(es) evaluada(S).

Debido a que cada fase del proyecto tiene dos extremos, con elementos claramente definidos, existe siempre un solape entre las mismas, debido a que antes de iniciar la

---

siguiente fase, deben verificarse condiciones tales como la ratificación y/o confirmación del equipo de trabajo y la verificación de que se mantienen la validez y aplicabilidad de las premisas, objetivos, alcance y resultados obtenidos en la fase anterior, por lo que el inicio de una fase mantiene un solape de actividades con la anterior, que permite seguir adelante con el proyecto garantizando la continuidad y la consistencia necesarias.

Antes de dar por terminada la fase de definición del proyecto y elevarlo al equipo de decisión, es conveniente determinar su grado de definición, para asegurar que los objetivos estén bien definidos, que todas las actividades y tareas necesarias han sido completadas, que todas las opciones factibles han sido analizadas y que todos los factores del éxito, en todas las etapas del proyecto, estén plenamente identificados, de tal forma de poder inferir que el proyecto ha sido definido lo suficiente y por consecuencia determinar que su terminación es viable y de manera exitosa.

La metodología VCD se enfoca en la correcta y completa realización de las actividades que corresponden a las etapas tempranas de la ejecución del proyecto, procurando la máxima identificación del valor mínimo de costo. Es en estas fases tempranas, cuando se deben analizar con detalle las oportunidades y determinar, evaluar y diseñar planes de mitigación de riesgos, para garantizar la selección de la mejor opción de ejecución antes de comprometer grandes cantidades de recursos. A continuación se ilustrara la relación entre la identificación y captura de valor o influencia (curva azul) vs. El costo nivel de esfuerzo financiero e inversión (curva verde).

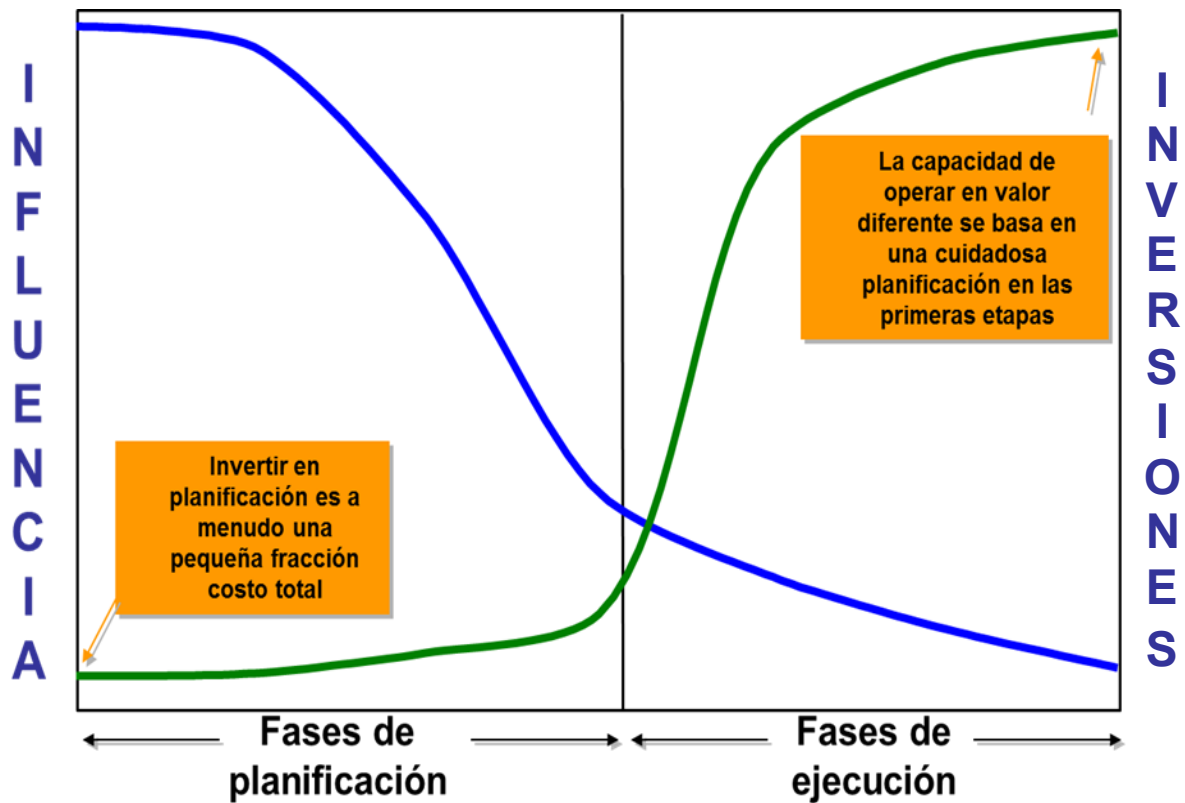


Fig. 6 influencia de la inversión en el valor del proyecto

En la gráfica anterior podemos notar que en las etapas tempranas de los proyectos correspondientes a las fases del VCD, la identificación del valor es mayor, mientras que los costos asociados son los menores. A medida que avanza en el desarrollo del proyecto la agregación del valor es cada vez menor mientras que el uso de recursos es mayor, cuando se llega al punto de quiebre, que corresponde al otorgamiento de los contratos de procura y construcción de las instalaciones del proyecto, cualquier esfuerzo de agregación de valor puede significar un alto nivel de costos, con una menor proporción en la captura de valor para el proyecto.

De allí la importancia de asegurar correctamente la realización del VCD de todos y cada uno de los proyectos, para llevarlos a un nivel definición adecuado, antes de solicitar los fondos para su ejecución, ya que está plenamente demostrado que la ejecución de proyectos con un VCD(FEL) genera una derrame de cambios importantes y verdaderamente significativos, con las consecuentes desviaciones en calidad, costo y tiempo afectando el logro de los objetivos planeados y la rentabilidad integral de la cartera de proyectos de la empresa.

---

Por otro parte, también se ha demostrado que el uso de la metodología VCD (FEL) en el desarrollo de proyectos genera importantes beneficios a las compañías entre las cuales podemos mencionar:

- Propicia el trabajo en equipo, con la participación activa de todas las áreas y disciplinas involucradas en los proyectos, donde ninguna de ellas es protagonista, si no que todas aportan en forma armónica sus conocimientos y experiencias, integrando así todas las funciones y requerimientos necesarios, en pro del correcto desarrollo del proyecto.
- Mejora el flujo de información entre las actividades de una fase y la siguiente, asegurando continuidad en el proceso de formulación del proyecto.
- Incorpora la identificación y el análisis de las incertidumbres y riesgos, desde las fases tempranas, para prever medidas de administración y mitigación, lo cual asegura una visión más completa en la evaluación de opciones.
- Brinda información más completa y consistente a los niveles decisorios para la conformación de una cartera de proyectos más rentable y adecuadamente jerarquizada.
- Facilita el registro y divulgación de las mejores prácticas y lecciones aprendidas.
- Mejora la posibilidad de una ejecución física con alta calidad, mínimos cambios, y al menor costo, maximizando la captura del valor y una mejor rentabilidad de las inversiones.

Investigaciones realizadas a nivel mundial han indicado que desarrollar una buena etapa de VCD en los proyectos, puede reducir los costos entre 10% y 20%, si se comparan con el costo promedio de proyectos similares con un VCD deficiente.

Los beneficios de la aplicación de VCD en los proyectos, se ven potenciados cuando son complementados con un conjunto de prácticas de agregación de valor, como la implantación de estudios de “benchmarking” simplificación y estandarización de normas, especificaciones y procedimientos.

---

## 1.6 Documentación

El objetivo principal de la aplicación de la metodología VCD en una compañía, y específicamente dirigida a una petrolera o de servicios petroleros, en la rama de exploración y producción, es fundamentalmente integrar una cartera de proyectos de alta calidad y rentabilidad, asegurando mínimas desviaciones en alcance, tiempo y costo en su ejecución, que permitan cumplir cabalmente con las cuotas de producción comprometidas y lograr los objetivos económicos y estratégicos establecidos en un plan de negocios, para lo cual se ejemplifica una línea de acción como se muestra en la figura.

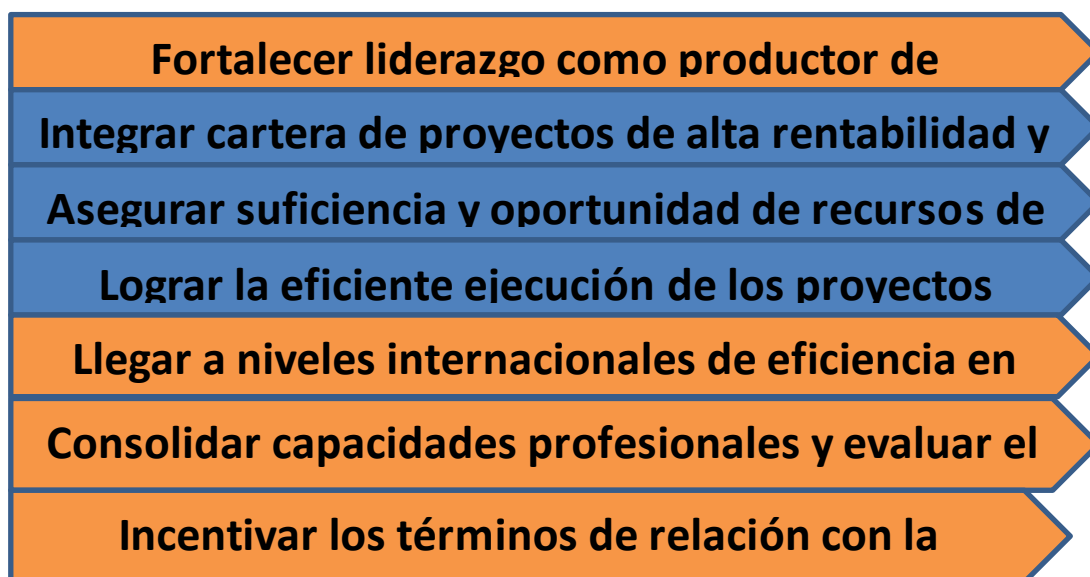


Fig. 7 línea de acción de un proyecto

### 1.6.1 Descripción general del proyecto integral

Un proyecto integral es un conjunto de unidades de inversión que contienen todos los elementos físicos y normativos para generar valor. Estas son evaluadas individualmente para establecer su rentabilidad, agrupadas y consolidadas en el siguiente grafico se representa en forma genérica las unidades de inversión de un proyecto integral, cada una de las cuales debe ser definida utilizando la metodología VCD.



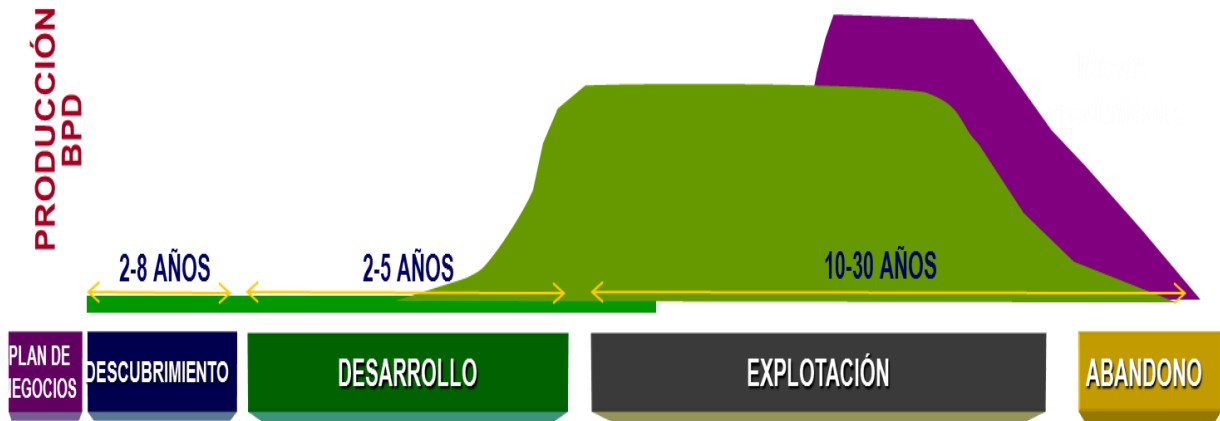


Fig. 8 proyecto integral

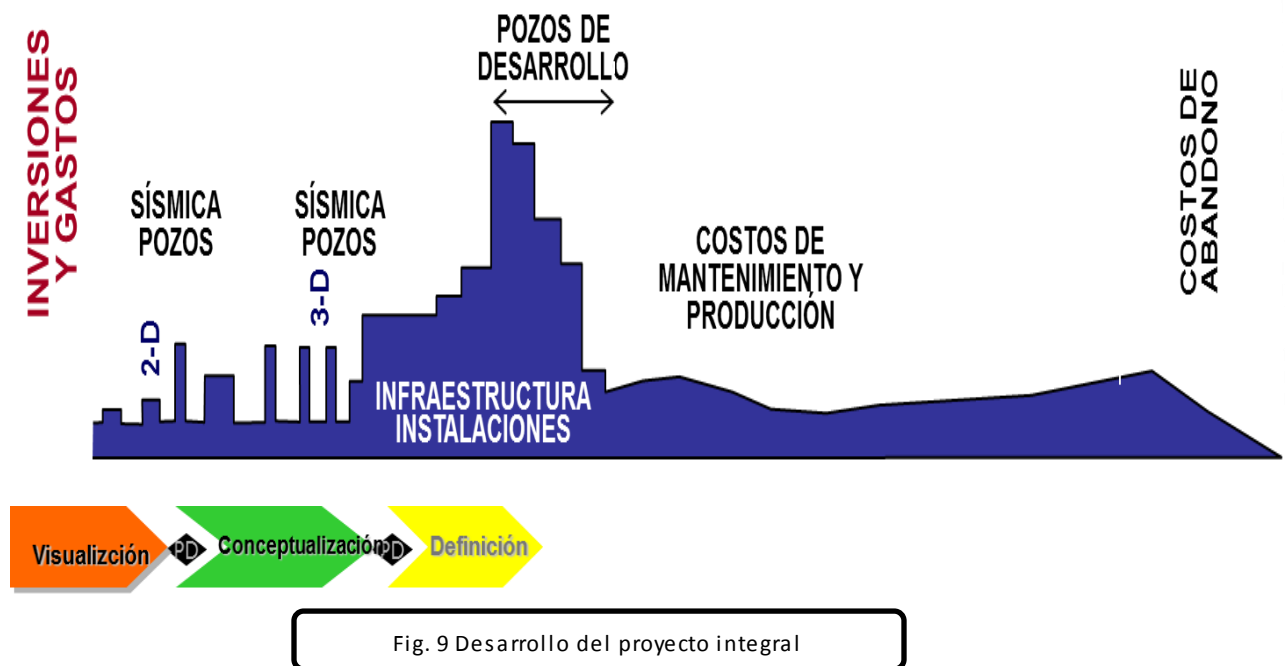
El proyecto integral de una compañía petrolera o de servicios comienza con la realización del VCD de exploración para una oportunidad exploratoria ubicada en una cuenca o área prospectiva, previamente identificada, y documentada en la cartera de proyectos y en plan de negocios. El análisis de esta oportunidad se espera que conduzca a una incorporación de reservas asociadas a un yacimiento comercial y caracterizado y delimitado. Durante el VCD de exploración, entre otros, se realiza la captura y evaluación de datos e información, estudios de sísmica 2D y 3D, elaboración de modelos geológicos, simulaciones y perforación de pozos perimétricos (durante la fase de visualización), exploratorios (durante la fase conceptualización) y delimitadores (en la fase de definición), así como evaluaciones de incertidumbres y riesgos, en cada una de estas fases.

Una vez declarado el descubrimiento, se inicia la visualización de las opciones preliminares de explotación del yacimiento descubierto, sin embargo la opción de subsuelo a desarrollar se selecciona solo después que se ha completado la caracterización y delimitación inicial del yacimiento y se obtiene información adicional para evaluar todas las opciones visualizadas. Sobre esta opción de subsuelo, se realiza bajo la metodología VCD, la visualización y conceptualización de la infraestructura y pozos, con lo cual se completa la conceptualización de la mejor opción integral de explotación del yacimiento o campo.

Finalmente, esta mejor opción integral, se desarrolla en detalle y se complementa con el diseño básico (definición) de la infraestructura y de los pozos de desarrollo, lo cual permite completar la definición integral del proyecto para la explotación comercial del yacimiento. Es entonces cuando se somete finalmente a consideración del equipo multidisciplinario para su aprobación y obtención de los recursos para su ejecución.

---

El proceso VCD para proyectos de yacimientos o campos en fase de operación, es el mismo, solo que la visualización se inicia con la identificación de la oportunidad de mejora en lugar de declaración de un descubrimiento.



Una vez aprobado definitivamente el proyecto y obtenidos los recursos necesarios, se inicia la fase de ejecución física del plan de desarrollo del yacimiento, con la construcción de la infraestructura, la perforación de los pozos de desarrollo y la preparación del personal y de los recursos logísticos requeridos para la futura operación comercial. Esta fase es donde realizan la mayor parte de las inversiones del plan de desarrollo y en conjunto con la definición del proyecto, puede durar entre dos y cinco años.

La explotación comercial de un yacimiento, dependiendo de sus características, se estima típicamente con una duración de entre diez y treinta años. Durante ese periodo, las inversiones son relativamente menores y los gastos son principalmente los relacionados con la operación y el mantenimiento.

---

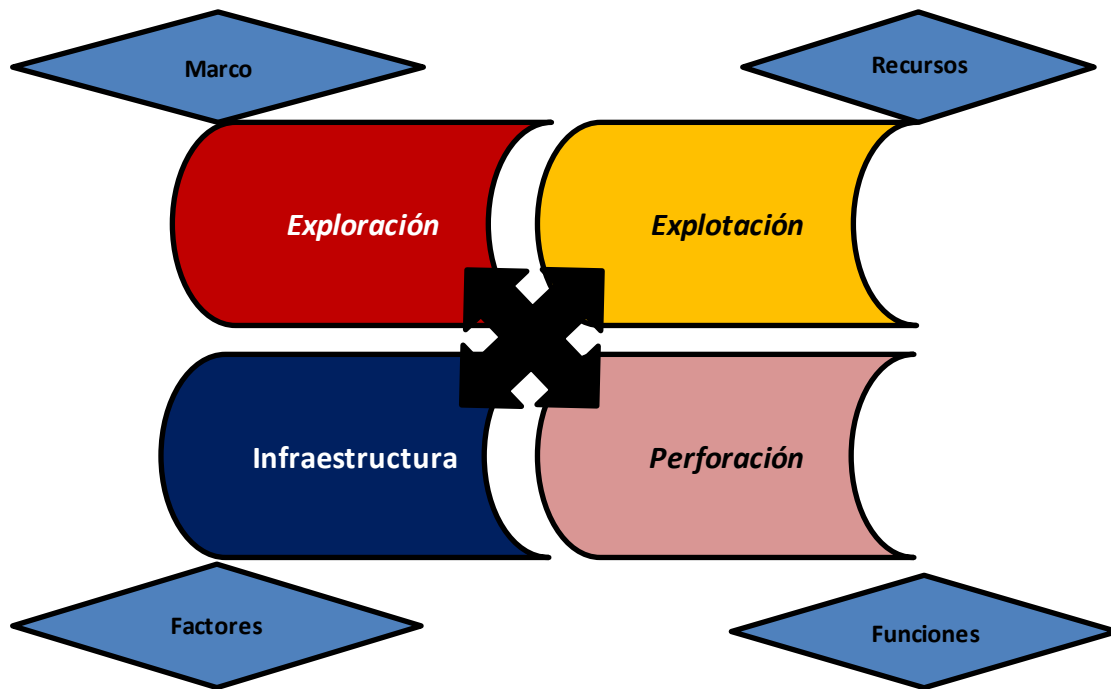
Igualmente, durante esa fase del proyecto, puede resultar conveniente realizar inversiones en proyectos adicionales tales como optimizaciones, mejoras, ampliaciones, cambio de métodos de producción, re-exploración o rejuvenecimiento de yacimientos/campos, perforación interespaciada, entre otros, orientados a aprovechar nuevas oportunidades, maximizar el recobro de hidrocarburos y/o mejorar la rentabilidad del proyecto. Cada uno de estos proyectos debe ser también objeto de un proceso VCD, para su correcta definición, antes de ejecutarlos.

Finalmente, una vez agotados los recursos comerciales del yacimiento, deben hacerse los estudios de abandono, desincorporación de activos y saneamiento de las áreas afectadas por el proyecto, para su finalización. Esta actividad, debe ser correctamente definida, mediante la aplicación de la metodología VCD, ya que implica la realización de estudios, evaluaciones y optimizaciones y la elaboración de un plan de ejecución, con las correspondientes erogaciones para efectuar los trabajos requeridos.

### **1.6.2 funciones que intervienen en el proceso integral**

Los proyectos petroleros analizados de forma integral, son definidos y ejecutados mediante la combinación de cuatro procesos principales, a saber; exploración, explotación, perforación e infraestructura, cada uno de los cuales tiene particularidades específicas. Estos cuatro procesos deben ser ejecutados en forma sincronizada mediante la aplicación de la metodología VCD y los mismos están interrelacionados, ya que son complementarios. A continuación de muestra una figura que ejemplifica la integración y sincronización de estos procesos.

En el siguiente esquema se muestra como se relaciona los procesos de exploración y producción, y los factores que atañen a estas actividades. Fig. 10



**TRABAJO EN EQUIPO CON ESTRECHA SINCRONIZACIÓN**

Fig.10 VCD de proyectos integrales

No obstante lo anterior, la columna vertebral del VCD del proyecto integral constituye un proceso de exploración y explotación lo cuales se complementan con el soporte indispensable de los de perforación e infraestructura, así como todas las funciones de apoyo, que permiten al equipo de proyecto cumplir con todos los requisitos y regulaciones establecidas por la normativa así como los procedimientos internos y externos que la compañía estipule.

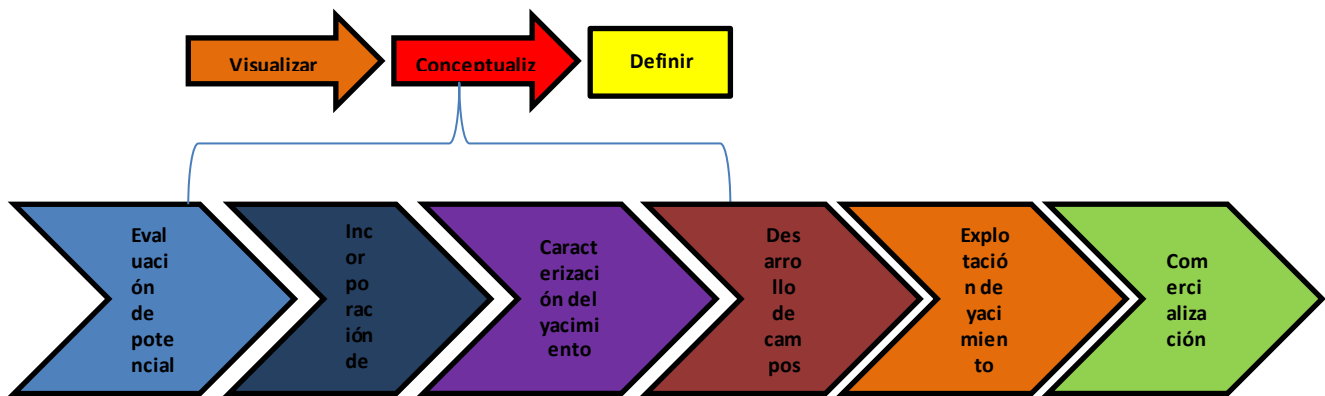
**1.6.3 El proceso VCD en la cadena de valor**

Un ejemplo de cadena de valor puede estar compuesto por 6 etapas principales

1. Evaluación del potencial
2. Incorporación de reservas
3. Caracterización inicial y de limitación de Yacimientos

4. Desarrollo de campos y optimización
5. Explotación de yacimientos

El proceso VCD de proyectos integrales, abarca las primeras 5 etapas y con relación a ellas podemos ubicar los procesos VCD de exploración y explotación. En la figura siguiente puede verse una representación gráfica de la relación de los VCD de exploración y explotación con la cadena de valor. Fig. 11



*CICLO DEL VCD DE EXPLORACION Y EXPLOTACIÓN*

Fig. 11 VCD en la cadena de valor del proyecto

En la fase VCD-D de exploración (etapa de caracterización inicial y delimitación de yacimientos), debe asegurarse una estrecha relación entre los VCD de exploración. A tal efecto, se requiere un intenso trabajo en equipo, para lograr la óptima definición de las reservas a explotar, lo cuál es la base de las próximas etapas del VCD de explotación.

#### 1.6.4 Descripción general de documentación de un proyecto integral

Como se ha venido mencionando, para el caso de yacimientos nuevos, el proyecto integral se inicia con el VCD del proceso de explotación. La fase de visualización de este VCD busca establecer iniciativas o hipótesis sobre la existencia de sistemas petroleros “plays” y prospectos o la revisión de la cartera o portafolio de oportunidades de exploración en una cuenca sedimentaria determinada, estimando su potencial petrolero y el posible valor económico. Durante esta fase, puede resultar necesario, entre otras actividades de procura de información, la adquisición de sísmica y muy ocasionalmente la perforación de pozos paramétricos. Para esto último se requiere de la realización de un VCD de perforación, cuyo

---

producto final, junto con los resultados de la perforación y prueba del pozo, son utilizados por el equipo multidisciplinario de trabajo que realiza el VCD de exploración, para su incorporación a los modelos de análisis y completar la fase de visualización de dicho VCD.

Una vez finalizada la fase de visualización de proceso de exploración, probado el sistema petrolero y evaluado la factibilidad técnica y económica preliminar de los plays (hipotéticos y establecidos) y sus prospectos asociados se somete el DSD con los resultados al equipo de autorización de la compañía responsable del proyecto, para decidir sobre su pase a la fase de conceptualización.

Durante la fase de conceptualización del VCD de exploración, al igual que en la de visualización, se recopila información adicional (geoquímica, sísmica, gravimetría, sensores remotos, etc), se efectúan análisis simulaciones, evaluaciones y se jerarquizan los prospectos y localizaciones exploratorias para incorporación de reservas, con el fin de seleccionar la mejor. Aprobada la perforación del pozo exploratorio, se genera información necesaria para realizar el VCD del proceso de perforación para el pozo exploratorio. El DSD del VCD de y los resultados de la perforación y prueba del pozo exploratorio, son utilizados para la actualización de los modelos de simulación del proceso de exploración y en caso de ser exitoso, la evaluación preliminar de la rentabilidad, la declaración del descubrimiento y la incorporación de nuevas reservas.

Con la información del descubrimiento y las nuevas reservas incorporadas en la fase de conceptualización de exploración, se inicia formalmente la fase de visualización del VCD del proceso de explotación del nuevo yacimiento. El DSD con los resultados de la conceptualización de exploración, se somete al equipo de autorización de la compañía para decidir sobre su pase a la fase de definición con el objeto de delimitar el nuevo descubrimiento.

La fase de definición de exploración, consiste en caracterizar, delimitar y determinar las reservas probadas, probables y posibles del nuevo campo mediante el análisis de datos e información de los resultados de la campaña de perforación y pruebas de pozos delimitadores y al igual que en la fase anteriores, los DSD de perforación y los resultados de las perforaciones y de las pruebas de los pozos delimitadores, son utilizados por el equipo multidisciplinario del proyecto para su análisis, evaluación y finalización del VCD del proceso de exploración

---

Paralelamente con la Fase de Definición del VCD de Exploración, se inicia la Fase de Visualización del VCD de Explotación, utilizando los resultados de la perforación del pozo exploratorio exitoso y la confirmación de las reservas esperadas del prospecto en evaluación (declaración del descubrimiento e incorporación de reservas), generados durante la Fase de Conceptualización del VCD de Exploración. El VCD de Explotación también puede ser iniciado por la detección de una oportunidad de optimización de un campo o yacimiento existente y en etapa de producción.

La Fase de Visualización de Explotación se realiza con participación e involucramiento de personal de Perforación e Infraestructura en el equipo de trabajo multidisciplinario; pero sin iniciarse formalmente los VCD de Perforación e Infraestructura. Durante esta Fase, se busca identificar y analizar un número importante de opciones de desarrollo y optimización de yacimientos y/o campos, factibles técnica y económicamente, incluyendo posibles procesos de Recuperación Secundaria y/o Mejorada, esquemas de desarrollo y diseños de pozos, esquemas de terminación de pozos, métodos de producción y la infraestructura de superficie asociada. El DSD de la fase de Visualización de explotación se somete al equipo de autorización de las gerencias de la compañía correspondiente, para revisión de las opciones visualizadas y obtener la aprobación para continuar con la siguiente Fase de Conceptualización.

La información de la cartera de opciones factibles identificadas en la Fase de Visualización del VCD de Explotación, complementada con la delimitación y caracterización del yacimiento, realizada durante la Fase de Definición del VCD de Exploración, en el caso de nuevos campos o yacimientos, permite iniciar la Fase de Conceptualización del VCD de Explotación. Es de primordial importancia integrar a miembros clave del equipo del VCD de exploración al equipo multidisciplinario que ejecuta la fase de Conceptualización del VCD de Explotación, con el fin de asegurar la continuidad, responsabilidad y compromiso en la interface de los dos procesos. Esta Fase del VCD de Explotación, tiene como objetivo seleccionar la mejor opción de desarrollo y/o de optimización de yacimientos / campos, sobre la base de modelos del yacimiento ya delimitado, cuando se tiene un buen estimado del volumen de reservas probadas y de los límites del yacimiento/campo. Esta fase se realiza también con participación de personal de Perforación e Infraestructura en el equipo de trabajo de Explotación, pero sin iniciarse formalmente aún los VCD de Perforación e Infraestructura, hasta tanto se seleccione la mejor opción de Explotación desde el punto de vista de subsuelo. Una vez seleccionada la opción de subsuelo para el desarrollo del yacimiento o Campo, se da inicio al VCD correspondiente a los procesos de Infraestructura y De Pozos de desarrollo.

---

## 2.- Definición y evaluación de escenarios

---

La fase VCD donde se evalúa, la documentación del proyecto, analizando las mayores incertidumbres y sus riesgos, así como la identificación y documentación de los escenarios más factibles. La fase de visualización es la fase de generación de escenarios de oportunidades y categorías de decisiones y opciones para las diferentes áreas en subsuelo, pozos, instalaciones y procesos que servirán de base para construir escenarios de explotación y de esta manera generar valor sobre el caso de proyecto documentado.

El objetivo de esta parte de visualización es identificar y evaluar que tan factible es técnico y económicamente en forma preliminar el abanico de esquemas que sean factibles y que el equipo multidisciplinario visualice y analice para materializar nuevas opciones.

Esta etapa atiende la alineación de equipo que llevará a cabo el proyecto VCD en su fase de visualización, para esto se trabaja bajo la premisa de revisar minuciosamente la metodología FEL, con énfasis en los entregables es decir, la entrega de respuesta, así mismo se revisan los roles y responsabilidades y se nivela el equipo en aspectos críticos como análisis de riesgos, toma de decisiones y administración integral de proyectos.

La persona que responsable o líder del equipo compartirá con todos los miembros, los objetivos, alcances y el plan de trabajo preliminar elaborado por una fase del VCD llamada pre-FEL.

***El pre FEL es la fase de inicio donde se realiza el diagnostico, planeación del diseño documentación del proyecto bajo la metodología FEL o VCD.***

***El pre- FEL consta de las siguientes actividades: reunión inicial, documentación de descripción del proyecto, inventario y caracterización de información, identificación de las principales categorías de decisión u oportunidades, selección de las disciplinas que requiere el proyecto para formar el equipo multidisciplinario VCD, especificando la organización de origen. Adicionalmente se especifican los roles los roles, responsabilidades, entregables, recursos físicos y financieros. Finalmente se realiza la planeación y documentación de la propuesta VCD.***

***Entre los objetivos del Pre-FEL se encuentran los siguientes: identificar oportunidades, comprobar la alineación del proyecto con las estrategias corporativas, descubrir la***



---

*situación física y técnica actual del proyecto de explotación perteneciente a la cartera de inversión en el caso que exista, objeto del VCD. Especificar los recursos físicos necesarios para el proyecto, identificar e integrar un equipo profesional con las competencias y habilidades acordes a las demandas del proyecto, y así verificar la disponibilidad, accesibilidad, calidad y complejidad de los datos, sistemas y modelos requeridos para el desarrollo exitoso del proyecto, establecer el alcance, los entregables, organización y responsabilidad de las actividades del VCD.*

## 2.1 Generación de Escenarios.

Si se toma como punto de partida las versiones preliminares de las matrices de oportunidades y decisiones del PRE-FEL, se propicia una lluvia de ideas con el objetivo de identificar las oportunidades adicionales con la participación de otros miembros especialistas u organizaciones de apoyo de los segmentos de la compañía involucrada. Analizar limitaciones y marcos de referencias corporativos en cada una de las categorías de decisiones (**NIVEL DE DECISIÓN**) subsuelo, pozos, instalaciones, procesos de recuperación, etc.

Se debe construir una matriz de oportunidades que permita definir el alcance del VCD en esta etapa de visualización, adicionalmente, identificar las categorías de decisiones y las opciones posibles para cada una de las mismas. Se espera que el equipo multidisciplinario identifique la gama de oportunidades para su mejora y optimización de las actividades de desarrollo de campo y procesos, como reparaciones o incremento de reservas, solo por mencionar algunas de las acciones que son susceptibles de producir ganancias y beneficios a corto plazo. En general se debe enfocar a:

- Revisión de reservas 1P, 2P y 3P
- Localizaciones de desarrollo y evaluación
- Recuperación adicional
- Reparaciones mayores
- Acciones de mejora en la productividad de pozos
- Eficiencia operacional y reducción de costo
- Optimización de instalaciones

En esta fase se trata de una identificación preliminar de las áreas de oportunidades mediante una revisión integral del yacimiento basado en los históricos de presión-producción acumulada, pruebas de presión producción, datos petrofísicos, análisis PVT, etc.

---

Como resultado de esta revisión integral, tenemos que identificar una problemática que implicará una definición de viabilidad de las soluciones con la información y el conocimiento que se tiene respecto al problema considerando la aplicación de mejores prácticas y nuevas tecnologías tanto disponibles como de investigación y desarrollo. Se deberá prestar especial atención en la identificación de aquellas tecnologías y las mejores prácticas que permitan mejorar significativamente los resultados del proyecto, así como para evaluar su impacto en cada uno de los escenarios que se propongan. Especialmente en esta fase del VCD de VISUALIZACIÓN, no se deben limitar opciones. Esta es una fase de creación mental, de la cual se desprenden los posibles cambios y correcciones tanto en nuevos desarrollos como en mejoras en la eficiencia de la operación en campos maduros.

### **2.1.2 identificación de escenarios**

Para establecer los escenarios partiendo de la lista de categoría de decisiones identificadas y las opciones posibles para cada una de las mismas sumando las tecnologías que probablemente se puedan aplicar. Dichos escenarios se construyen a partir de la combinación de diferentes niveles y posibles opciones.

- Identificación de dependencias entre las variables

Identificar cuáles variables son independientes, en caso de que aquellas variables dependientes, se definirá el grado de correlación entre ellas en los aspectos técnicos y económicos, por ejemplo podrían ser; diámetro de tubería Vs gasto de producción, solo por mencionar algunos.

- Identificación y construcción de escenarios factibles técnicamente

Basado en la matriz de oportunidades y decisiones, identificar y construir los posibles escenarios. La construcción de los escenarios se hará con base en la combinación de las diferentes categorías y opciones posibles, tomando así las futuras actividades a corto mediano y largo plazo contempladas en el caso documentado.

- a) Categoría o tipo de decisión a tomar. Método de recuperación, tipo de pozo, terminaciones, reparaciones, etc.
- b) Opciones dentro de las categorías (posibles decisiones) identificadas en cada

- 
- una de ellas. Para la categoría de pozo: vertical, horizontal, desviado, etc. En la categoría de reparaciones: ventada, side-track y profundización
- c) Combinaciones de todas las opciones identificadas por cada categoría de decisión.

Es fundamental saber filtrar los escenarios factibles descartando as combinaciones con opciones técnicamente no viables así como acotar en caso de existir yacimientos o campos, con características y necesidades particulares, dentro de un mismo proyecto VCD, se deben de construir matrices de categorías de decisión y opciones para cada caso de ahí que se pueden considerar y podrán totalizarse en una tabla reunida la documentación del proyecto.

- Evaluación de factibilidad de escenarios. Identificar y evaluar la factibilidad de los escenarios visualizados, evaluando las incertidumbres de forma cuantitativa y considerando lo siguientes aspectos:
- Tecnologías y procesos disponibles
  - Restricciones
  - Complejidad del escenario
  - Nivel de experiencia dentro del área responsable de la compañía

A este nivel de decisión se debe revisar si se visualizaron todos los escenarios posibles así como la consideración de todas las incertidumbres correspondientes a cada uno de ellos.

### **2.1.3 Construcción de modelos probabilísticos**

En esta base se construye un modelo probabilístico integrado en base a los modelos probabilísticos de las diferentes variables involucradas para lo cual se deben realizar las una serie de actividades como sigue:

- Organizar los insumos técnicos y de costos. Preparar la información de datos para el modelado probabilístico de variables con incertidumbre que constituirán el insumo para el modelado de los escenarios, tales como:
- Reservas oficiales
  - Modelo estático (datos petrofísicos, estructura, continuidad lateral etc.)

- 
- Modelo dinámico (modelo de fluidos, modelo de roca y fluido, modelo de presión y producción, análisis de declinación etc.)
  - Resumen final de pozos tiempos, costos, problemas operacionales, desviaciones, tipo de pozo, tipo de terminación, estimaciones de pozos, tipos de sistemas artificiales de producción, estadísticas de fallas.
  - Ingeniería descriptiva de las instalaciones existentes y requeridas
  - Base de datos e inversiones
  - Estudios ambientales existentes
  - **Análisis de riesgos de proyectos similares**
  - Estimados clase V ( estimados de costos basados en la factorización de capacidad, modelos paramétricos, sentido común, analogía y comparaciones históricas)

- Caracterizar las variables de incertidumbre de los diferentes escenarios

Determinar las funciones de distribución de probabilidad que describen el comportamiento de las variables de incertidumbre, estableciendo dependencias y correlaciones entre estas. Estas caracterizaciones se harán con base en medidas de tendencia central; media moda mediana, desviación estándar, valor más probable, mínimos, máximos, coeficiente de variación y percentiles. Es importante tomar en cuenta que en esta fase las variables se manejan con estimados clase V por lo que dichas distribuciones se podrán realizar utilizando información disponible y accesible, tales como; datos históricos conocidos, información estadística internacional, u opinión de expertos.

- Construir un modelo integral para la evaluación de escenarios

Construir un modelo integrado a partir de los submodelos analíticos los cuales servirán de base para la evaluación del caso de negocio de los diferentes escenarios visualizados.

- Modelo de volumen de hidrocarburos

El modelo deberá permitir estimar los volúmenes de hidrocarburos (originales y reservas) e incluir, de ser factibles, los volúmenes de hidrocarburos contingentes

- Modelo para la generación de perfiles de producción

Este modelo debe permitir generar los perfiles de producción tomando en consideración la

---

información disponible: procesos de recuperación adicional, número y tipo de pozos, tipo de terminación y de sistema artificial de producción con base en las reservas remanentes, mecanismos de producción y de las estrategias de explotación. Fundamentalmente construir un modelo basado en gastos de producción estimados, ritmo de declinación, limitaciones en los pozos, estrategia de explotación, y premisas para cada escenario (pozos nuevos, patrones de inyección, gastos de producción/inyección de fluidos y acumulados, factores de recuperación, por mencionar algunos.

- Modelo de instalaciones, los cuales deben incluir:
  - Toda la ingeniería descriptiva de redes de ductos tanto para aceite, condensados y gas, para plantas de separación, compresión, tratamiento, transporte y almacenamiento con sus capacidades.
  - Ingeniería descriptiva preliminar de los componentes adicionales requeridos para soportar la volumetría asociada a los escenarios.
  - Consideraciones en disponibilidad y capacidad a causa del mantenimiento de las instalaciones.
  - Todos los requerimientos correspondientes a seguridad, salud y protección ambiental.
  
- Modelo económico. Este debe permitir el manejo de los costos e inversiones en términos probabilísticos, considerando las premisas financieras corporativas correspondientes asociadas a:
  - Variables de tiempo y costo de perforación y terminación de pozos por escenario.
  - Variables de tiempo y costo de actividades asociadas a reparaciones mayores y menores de pozo por cada escenario.
  - Variables de costo de los sistemas artificiales de producción de los pozos, en los casos que se apliquen
  - Costos de operación y mantenimiento.
  - Variables de costos e inversiones asociadas a las instalaciones.
  - Compra y ventas.
  - Premisas financieras corporativas
  - Estudios especiales.

#### **2.1.4 evaluación de escenarios**

Se procede a evaluar cada uno de los escenarios haciendo un modelo integral, basado en los

---

modelos anteriores. Asegurar el procedimiento utilizado para generar resultados probabilísticos sea adecuado para representar las posibilidades de ocurrencia de la variable modelada.

Por cada escenario se obtendrán los perfiles de producción probabilísticos, la actividad, tiempos y los costos asociados, así como los indicadores claves de desempeño del proyecto. Los indicadores utilizados por la SPE para la evaluación de los proyectos son: valor presente neto (VPN), desviación estándar de valor presente neto (DSVPN), tasa interna de retorno (TIR), eficiencia de inversión (VPN/VPI), valor presente de los egresos (VPE), relación VPN/VPE, periodo de recuperación de la inversión (PRI), las cuales, sin ser limitativos, sirven de base en la evaluación económica del proyecto y su jerarquización para asignar los recursos correspondientes a sufragar el mismo.

Igualmente, obtener los resultados asociados a las sensibilidades de las variables críticas, usando como herramienta el diagrama de tornado para determinar el impacto de las variables sobre la generación del valor de cada escenario propuesto. Con base en el análisis de los resultados obtenidos en la etapa anterior se procede a jerarquizar los escenarios y preseleccionar aquellos que generen mayor valor sobre el caso documentado en cartera. La jerarquización obedecerá a un conjunto de criterios previamente establecidos por el equipo de trabajo. De igual manera, en función de esos mismos criterios, jerarquizar las opciones tecnológicas a evaluar y desarrollar como parte del portafolio tecnológico. Jerarquizados y preseleccionados los escenarios de acuerdo al valor y riesgo específico de cada uno de ellos, elaborar el plan de mitigación a corto, mediano y largo plazo con el fin de reducir las incertidumbres en la siguiente fase. Partiendo de los escenarios preseleccionados, ajustar el plan original que constituirá la base de la fase de conceptualización.

En la gráfica siguiente se representa un número de escenarios, asociados al VPN, en el cual se analiza cada una de las opciones mediante una frontera eficiente la cual va ayudar a descartar los casos de menor ganancia o en su defecto los menos rentables. Fig. 12

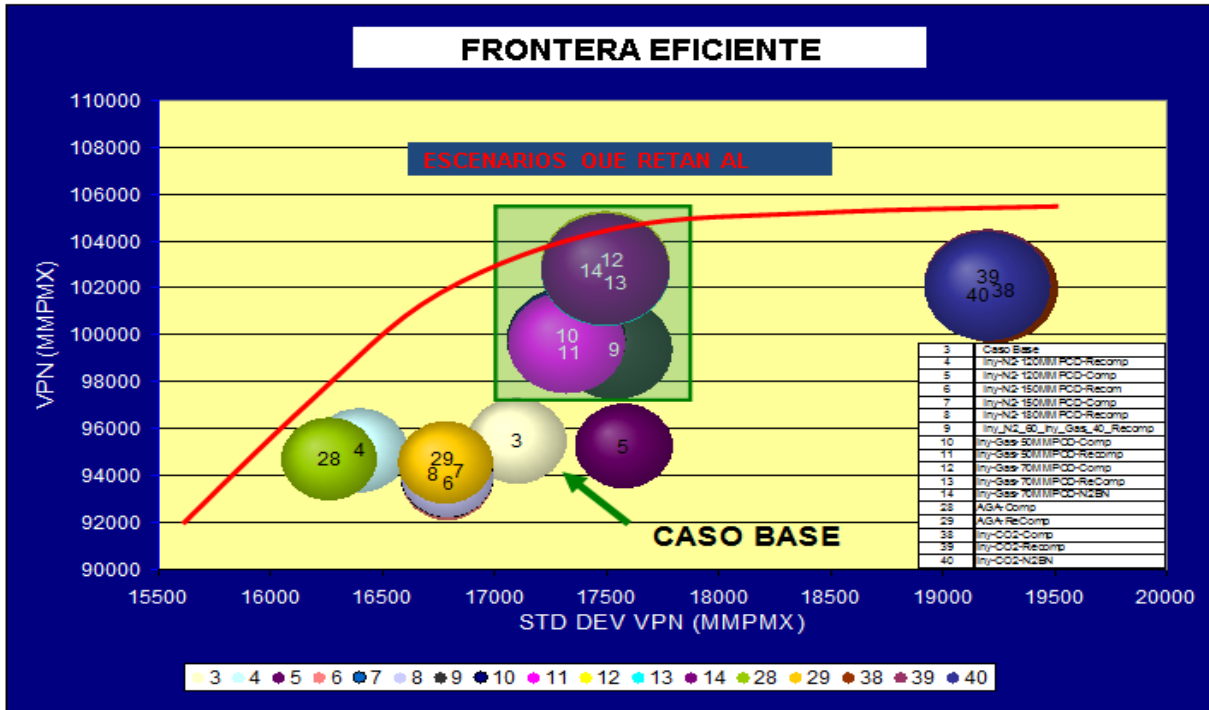


Fig. 12 jerarquización de escenarios VCD

El proceso VCD es una mejor práctica industrial utilizada por la mayoría de las compañías operadoras de la industria petrolera. FEL es un proceso para asegurar la materialización de valor de cada proyecto

VCD tiene como fundamentos

- La identificación temprana de riesgos
- La jerarquización de escenarios posibles para proyectos basada en
- Desempeño y riesgo.
- La generación del plan para la administración de incertidumbres y los riesgos asociados

El análisis multiescenario-estocástico es CLAVE en la aplicación de la metodología VCD.

El uso de prácticas para mejorar el valor dentro de VCD son claves para asegurar el valor de cada proyecto

---

### **2.1.5 Reporte de entregables**

El entregable más importante es un documento de soporte de decisión, constituido por los capítulos que se describen y documentan en el portal VCD de explotación y que se detalla el procedimiento de documentación de la fase de visualización, incluyendo la atención de las áreas de oportunidad detectadas, las recomendaciones, los riesgos más importantes, las tecnologías claves a adoptar, requerimientos de investigación y desarrollo tecnológico, la selección y la ingeniería conceptual del mejor escenario.

Adicionalmente se elabora un listado organizado en una hoja de cálculo con los parámetros de producción, inversión, gastos, pozos, resultados de evaluaciones económicas, que conforman los que se conoce como base del recurso activo. En otras palabras, esta base de recursos presenta en forma resumida el portafolio de todas las oportunidades del activo, comenzando por el nivel base en caso de no hacer nada, los proyectos en ejecución, los proyectos de desarrollos de las reservas 1P, 2P y 3P y los recursos contingentes de explotación que resultan de los estudios técnicos de visualización.

### **2.2 matrices de oportunidades y estrategias**

Como parte del proceso de generación de opciones para la generación de escenarios, se debe documentar los elementos que la sustentan específicamente en lo siguiente:

Listar las tecnologías y mejores prácticas con posibilidad de ser aplicadas en el proyecto, incluyendo lo relacionado a estrategias de agotamiento, pozos, instalaciones, procesos de recuperación modelado, etc., jerarquizar las mismas en función del impacto dentro de los diferentes escenarios considerados en el proyecto.

Describir en particular la problemática que se busca resolver con la aplicación de la nueva tecnología y mejores prácticas, así como sus ventajas y posibles desventajas, justificar el empleo de la tecnología en particular con respecto a otras que busquen obtener los mismos resultados

En caso dado de requerirse pruebas piloto, éstas deberán ser integradas en los proyectos de explotación, y estos a su vez deberán regirse por los lineamientos y procedimientos correspondientes.

Estas pruebas piloto tienen la importancia estratégica y el monto de inversiones visualizado,



---

y así, deben ser parte fundamental de una estrategia de innovación tecnológica dirigida por el área de la compañía que corresponde de manera que apunte a proveer soluciones integrales a temas de interés prioritario, resultante del análisis de la base de recursos ya descrita.

### **2.3 Matriz de Escenarios**

Listar las principales opciones identificadas y seleccionadas que conforman diferentes escenarios desarrollados durante la fase VCD de visualización. en esta matriz de opciones se deben identificar lo elementos siguientes:

- Escenario documentado. Listar las principales actividades, procesos y consideraciones que permitan describir el escenario documentando en términos del ciclo de vida del proyecto.
- Escenarios propuestos. Describir cada uno de los escenarios incluyendo las principales actividades, procesos y consideraciones en términos de ciclo de vida del proyecto, incluyendo categorías de decisión y opciones.

### **2.4 Evaluación Económica**

Debe tomarse en cuenta la importancia de un modelo económico el cual describa las premisas y modelos y procedimientos utilizados para evaluar económicamente los escenarios, incluyendo la descripción de las distribuciones probabilísticas de los costos que el proyecto (perforación, terminación sistema artificial de producción etc), compras y ventas inter-organizacionales. Estudios especiales y requerimientos por escenario.

Es importante realizar la evaluación técnico-económica, para lo cual se deben realizar las siguientes actividades para el cálculo de los estimados de costos y evaluaciones económicas tomando en cuenta como base mínima, los costos tipo orden de magnitud clase V, dichos costos mantienen un rango de -30% a + 50% de posible desviación a:

Estimado de ingresos Presentar el pronóstico de ingresos estimados a cada escenario

Estimado de inversiones presenta una tabla de costos de perforación (dicho sea el caso), terminación de pozos, señalando los aspectos más relevantes de los escenarios.

---

Estimado de inversiones asociadas a las instalaciones esta presenta una tabla de costos de la infraestructura en función de los volúmenes de producción esperados d los escenarios incluyendo los costos de abandono e instalación.

Estimado de otras inversiones presenta una tabla con las inversiones en estudios técnicos, ambiente y los requerimientos que satisfaga el proyecto.

Estimado de costos de operación se incluye una tabla de los costos operacionales por cada escenario.

Cálculo de indicadores se presenta los resultados de las evaluaciones económicas de los escenarios, mostrando como mínimo los valores obtenidos para los indicadores; VPN,TIR, VPN/VPI,VPE, VPN/VPE; PRI costo de barril y desviación estándar del VPN.

## **2.5 reducción de incertidumbre y riesgo**

Puntualizar la estrategia propuesta para la administración de las incertidumbres y riesgos para cada escenario preseleccionado. Mencionar particularmente el plan de adopción de las innovaciones clave, con estimación de posicionamiento tecnológico actual y futuro.

En caso de que el equipo multidisciplinario decida asumir o transferir los riesgos asociados a las incertidumbres identificadas, se debe dar la justificación correspondiente.

En el caso de disminuir las incertidumbres y/o los riesgos, se debe explicar el plan de mitigación indicando las actividades, acciones, recursos requeridos, etc, a ejecutar para disminuirlo, formulando las respuestas a estas incertidumbres y/o los riesgos que amenacen los logros de los objetivos.

---

### 3.- Evaluación de Externalidades

---

#### 3.1 Definición.

Se puede definir una externalidad como la situación en la cual los costos o beneficios de producción y/o consumo de algún bien o servicio no son reflejados en el precio de mercado de los mismos. En otras palabras, son externalidades aquellas "Actividades que afectan a otros para mejorar o para empeorar, sin que éstos paguen por ellas o sean compensados. Existen externalidades cuando los costos o los beneficios privados no son iguales a los costos o los beneficios sociales. Los dos tipos más importantes son las economías externas o las economías internas.". A mayor clarificación: una externalidad es el "Efecto negativo o positivo de la producción o consumo de algunos agentes sobre la producción o consumo de otros, por los cuales no se realiza ningún pago o cobro.

Una definición de uso común es proveída por Jean-Jacques Laffont: Las externalidades son efectos indirectos de las actividades de consumo o producción, es decir, los efectos sobre agentes otros que el originador de tal actividad (y) que no funcionan a través del sistema de precios. En una economía competitiva privada, los equilibrios no estarán, en general, en un óptimo de Pareto, ya que sólo reflejará efectos privados (directos) y no los efectos sociales (directo más indirecto), de la actividad económica. Técnicamente eso se interpreta como: "cualquier efecto indirecto que ya sea una actividad de producción o consumo tiene sobre una función de utilidad o sobre un "conjunto de consumo" o "conjunto de producción"

Las externalidades son generalmente clasificadas en externalidades negativas, cuando una persona o una empresa realiza actividades, pero no asume todos los costes, efectivamente traspasando a otros, posiblemente la sociedad en general, algunos de sus costos; y externalidades positivas, cuando esa persona o empresa o no recibe todos los beneficios de sus actividades, con o cual otros -posiblemente la sociedad en general- se benefician sin pagar<sup>5</sup> Recientemente se habla de un tercer grupo: externalidades posicionales .

Economistas partidarios del laissez-faire, tales como Friedrich von Hayek y Milton Friedman se refieren a veces a las externalidades como "efectos de vecindad" o "rebalses" (spillovers), a pesar que esos efectos no son necesariamente menores o localizados.<sup>6</sup>

Más allá del efecto sobre individuos o grupos, se considera, desde el punto de vista de la economía, que el efecto de las externalidades es distorsionar el mercado y, consecuentemente, la asignación eficiente de los recursos en un sistema económico (ver más abajo).

---

### 3.2 Origen y evolución del concepto

El estudio de actividades económicas cuyos beneficios y costos se extienden más allá de quienes las utilizan o implementan directamente puede trazarse a Adam Smith, quien, en su investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones y con posterioridad a un largo y detallado análisis en relación a cosas tales como la administración de justicia, defensa nacional, y otras instituciones (tales como educación) y obras públicas, etc., concluye aduciendo que dado que esas actividades “son establecidos para el beneficio general de toda la sociedad. Es razonable, por tanto, que deben ser sufragados por la contribución general de toda la sociedad, todos los diferentes miembros contribuyendo, en la medida de lo posible, en proporción a sus respectivas capacidades.” Sin embargo, Smith deja claro que, en su opinión, esos gastos deberían ser idealmente cubiertos por quienes se benefician más inmediata y directamente. Por ejemplo, los estudiantes pueden pagar por su educación, y los peajes “liberan los ingresos generales de la sociedad de una carga muy considerable.”

La discusión en esta época se centró, como era típico en la escuela clásica, en los efectos generales, que permitían ya sea la obtención de beneficios sin contribuir o el sufrimiento de consecuencias sin beneficios. El ejemplo clásico es la construcción de un faro, que beneficiara el comercio en un puerto y, a través de él, en una región, pero al mismo tiempo tendrá algunos efectos negativos, aumentando el tránsito vehicular y el coste de las viviendas, etc. Sucede que no necesariamente todos aquellos que se benefician estarán dispuestos a contribuir al financiamiento de la obra. La solución obvia sería recurrir a algún impuesto, pero en ese caso es posible que terminen pagando algunos de los que sufren las consecuencias negativas.

La situación perduro a lo largo de esas líneas de "beneficios generales"; argumentos centrándose generalmente en materias de extensión e implementación: no siempre es conveniente o práctico cobrar a los usuarios directos en cada ocasión en, por ejemplo, las calles de pueblos y ciudades o se puede considerar que los beneficios de una educación pública generalizada y gratuita a los estudiantes más que justifican el hecho que son financiados comunalmente. Igualmente, no es necesariamente la mejor opción que materias de justicia estén abiertas a consideraciones de "pagos", etc.

El estudio de esos fenómenos fue modificado profundamente con la aparición del neoclasicismo. Alfred Marshall nota, en su "Principios de economía" (1890) que no solo existen beneficios o costos "generales" sino también "sectoriales" e incluso individuales. Adicionalmente, Marshall enfatiza que esos efectos son resultados inesperados: algunas empresas obtienen una reducción en los costes que no son resultado de las acciones de ellas

---

mismas, sino que se originan externamente, debido. por ejemplo, a la expansión del mercado o a la mejor calidad en la mano de obra, consecuencia del acceso a mejores niveles de salud, educación y cultura provistos por otras firmas o por la sociedad como un todo. Para Marshall entonces, el alcance del concepto se refiere a efectos que son externos a la empresa, pero muchas veces internos de la industria en general. Mishan expone simplemente el argumento marshaliano en los siguientes términos:

"Suponiendo que todas las firmas son igualmente eficientes, una expansión de la industria competitiva debida a por ejemplo la incorporación de una nueva firma reduce los costos medios de todas las otras firmas, incluyendo la nueva. Dado que la reducción total de costos experimentada por todas las firmas intramarginales es atribuida a la entrada de la nueva firma, el verdadero costo de la producción adicional no es el costo total calculado por esta firma, sino que ese costo total menos los ahorros que experimentan las otras firmas.

Este nuevo concepto, que Marshall denomina efectos externos, fue introducido a fin de explicar las economías de escala, que Marshall había observado, a través de una propuesta de costos decrecientes con el aumento de producción. Esta sugerencia parece, a primera vista, contraponerse directamente a la "ley" de los rendimientos decrecientes, lo que generó y aun genera alguna discusión (ver, por ejemplo Bifani, op, cit). Sin embargo, un análisis más detallado sugiere que tal contradicción podría ser solo aparente.<sup>8 9</sup>

Generalmente se considera<sup>10</sup> que fue Arthur Pigou quien inicio el análisis moderno de los "efectos externos", profundizando el análisis marshaliano en su "Economics of Welfare" (1920).<sup>11</sup> Pigou se interesa en la relación entre los efectos individuales y sociales del fenómeno: "la relación que debía fijarse entre el valor del producto marginal neto privado y el producto neto social". Cuando los beneficios sociales exceden a los beneficios privados (situación que Pigou denomina efectos positivos) la empresa tendera a producir menos que lo socialmente deseable, dado que está recibiendo beneficios inferiores a la utilidad aportada por sus productos (siendo específicos: está vendiendo a un precio inferior al óptimo para maximizar su ganancia).

Por el contrario, cuando los beneficios privados son superiores al beneficio social (efectos negativos) la empresa tendera a producir más que lo socialmente deseable, dado que efectivamente está traspasando parte de sus costes a terceros. (de nuevo, siendo específicos: está obteniendo una ganancia superior a la obtenible si todos los costes fueran considerados)

Esto, en la opinión de Pigou, justifica una intervención estatal a fin de corregir lo que es

---

percibido como un fallo de mercado. Intervención que tomara la forma de un subsidio a las empresas que producen externalidades positivas y una gravacion en el caso de las externalidades negativas. Lo anterior dio origen a los llamados Impuestos pigouvianos. Es generalmente considerado que William Baumol ha sido instrumental en adecuar esas propuestas a concepciones económicas contemporáneas.

### 3.3 Externalidades y medio ambiente

Las externalidades se dan con frecuencia en actividades relacionadas con el medio ambiente, en casos en los que los derechos de propiedad no están bien definidos. Un ejemplo clásico es la contaminación del aire o el agua. Las soluciones que se aplican en la realidad suelen comprender tanto los impuestos y las subvenciones como la regulación. La asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero de acuerdo al Protocolo de Kyoto sería un ejemplo de de asignación de los derechos de propiedad.

Clasificación

Las externalidades actualmente se clasifican en **positivas; negativas y posicionales**.

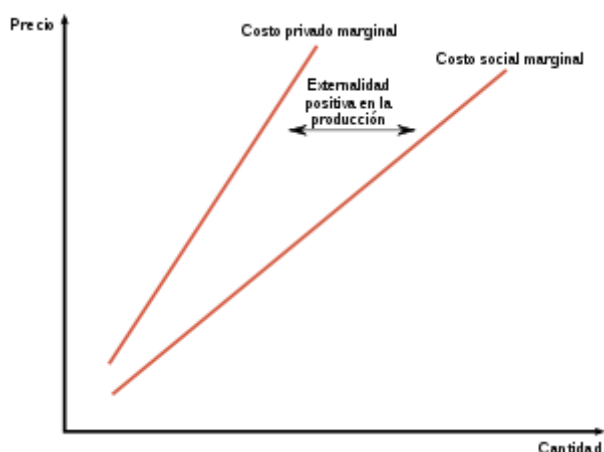
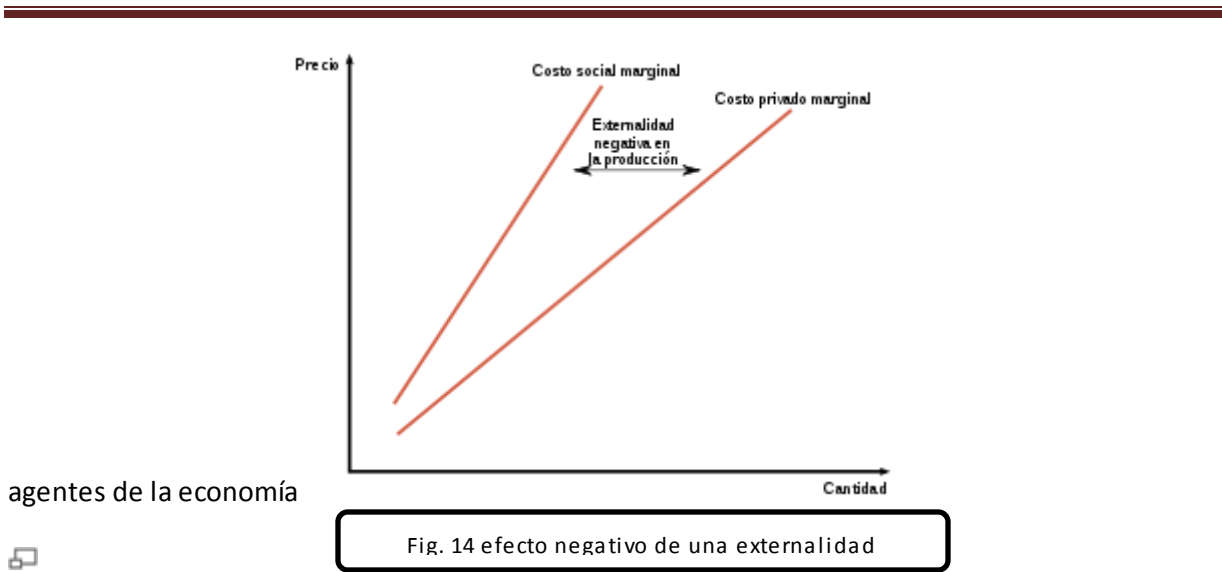


Fig. 13 efecto positivo de una externalidad

**Externalidad positiva:** se produce cuando las acciones de un agente aumentan el bienestar de otros



**Externalidad negativa:** se produce cuando las acciones de un agente reducen el bienestar de otros agentes de la economía.

**Externalidades posicionales:** se refieren a un tipo especial de externalidad que depende de la posición respectiva de los actores y/o bienes, etc, en una situación. El concepto fue introducido por Fred Hirsh en 1976 y profundizado por Robert H. Frank

Tradicionalmente las decisiones de planeación energética se han tomado basándose en el concepto de mínimo costo, sin embargo debido a que existen impactos derivados de esta actividad sobre la sociedad y el ambiente, es necesario modificar ese enfoque de evaluación para tomar en cuenta esos efectos que son identificados como externalidades.

En el caso de la generación eléctrica, y la producción de hidrocarburos muchos de los impactos sociales y ambientales pueden ser evaluados a través de la cuantificación de las externalidades abarcando el ciclo completo de los combustibles, es decir las actividades desde la obtención del combustible hasta el desmantelamiento de las plantas de generación.

Desde los 90's la Unión Europea (UE) ha desarrollado una metodología para la evaluación de las externalidades más relevantes de la generación eléctrica, a través de los proyectos Externe y New-Ext. La naturaleza del trabajo ha hecho necesaria la colaboración internacional de grupos multidisciplinarios

---

La anterior metodología se ha consolidado como una referencia internacional, la cual se aplicó en México en un estudio realizado por SEMARNAT y CEPAL en el 2004, cubriendo únicamente la operación de plantas termoeléctricas que queman combustóleo y carbón. El proyecto New Energy Externalities Development for Sustainability (NEEDS) de la UE busca incluir los costos y beneficios de las externalidades en las políticas energéticas y en los sistemas futuros de energía.

Se presenta una descripción de la metodología para cuantificar externalidades, la forma de aplicarla en las tecnologías de generación de hidrocarburos en México y su posible efecto en la toma de decisiones sobre la planeación de la expansión de la capacidad de generación.

### **3.4 Evaluación de las externalidades**

El procedimiento empleado para evaluar los impactos físicos se encuentra incluido dentro de la metodología Vías de Impacto de Externo de la UE.

En esa evaluación, los costos y beneficios son estimados siguiendo el camino desde la fuente de emisiones a través de los cambios en la calidad del aire, el suelo y el agua hasta su manifestación como impactos, por ejemplo, incrementos en las afectaciones a la salud, ecosistemas y materiales.

El método más utilizado es: Dosis-Respuesta que estima el impacto físico que genera un cambio en el ambiente sobre un receptor. Establece un vínculo entre un nivel de alteración en el ambiente y su impacto físico (daños a la salud, principalmente por emisiones contaminantes). La evaluación cuantifica el cambio entre la condición de referencia y la modificada por la presencia de las emisiones.

#### **3.4.1 Etapas de la Metodología de externalización:**

1. Emisiones. Caracterización física de la fuente emisora, localización, inventario de contaminantes y características de las emisiones.
2. Dispersión de los contaminantes. Cálculo del incremento de la concentración de contaminantes en las regiones afectadas utilizando entre otros, modelos de dispersión atmosférica.
3. Evaluación de impactos. Se calculan los impactos físicos mediante funciones exposición-respuesta, los cuales en el caso de efectos en salud son determinados por estudios clínicos o



---

epidemiológicos. Se toma en cuenta tanto la morbilidad como la mortalidad.

#### 4. Costo. Evaluación de los impactos en términos monetarios.

La equivalencia monetaria de los impactos se basa en la teoría del bienestar, los daños son percibidos como pérdida de bienestar para los individuos, y los impactos positivos como un incremento del bienestar.

Valoración de impactos:

##### **3.4.2 Métodos Directos**

- *Precio de Mercado*: Utiliza valores de mercados de bienes o servicios cuando hay un impacto físico en la función de producción de un bien de mercado (pérdida de producción de cosechas o daño en materiales).

- *Costo de Restauración*: Costo de Daño Evitado y Costo del Sustituto: Estima valores económicos con base en el costo que implica evitar los daños resultantes de la pérdida de bienes y servicios, el costo de restaurarlos o bien proveer sustitutos que permita llevarlos a su nivel original en cuanto a calidad y cantidad.

##### **3.4.3 Métodos Indirectos**

Estiman el valor del bien o servicio a partir del comportamiento observado y de las preferencias de la población involucrada.

- *Valoración contingente*: Se basa en encuestas para valorar la disposición de las personas a pagar por un bien o servicio ó la disposición de aceptar la disminución de este (salud y calentamiento global).

- *Costo por viaje*: Asume el valor del bien ambiental al tomar en cuenta el costo y tiempo que está dispuesta la gente a pagar por acceder al sitio (sitios de recreación, entre otros).

- *Precio hedónico*: Supone que la utilidad de un bien o servicio, está en función de sus atributos y valora los cambios en estos.

Otros Métodos

- *Precios Sombra*: cuando no existe precio de mercado y no es posible usar otros métodos, los costos por alcanzar objetivos específicos pueden ser usados para desarrollar precios sombra que permiten evaluar impactos debido a contaminantes (calentamiento global, acidificación ó eutrofización).

---

Las externalidades evaluadas en la UE y las del ejercicio para México son significativas respecto al costo de producción de la electricidad, a pesar de que solo incluyen externalidades evaluadas hasta ese momento y por ello se espera que tengan un efecto en la selección de las tecnologías.

El valor obtenido para los combustibles de origen fósil podría conducir a preferir tecnologías nucleares y renovables. Para reducir el costo de las externalidades se deben incluir sistemas de mitigación de contaminación ambiental en las tecnologías de generación empleadas. Si las externalidades no se internalizan o no se consideran para planeación, en términos absolutos son costos que el país tendría que cubrir en salud y medio ambiente.

Las tecnologías fósiles son las de mayor costo externo, las renovables y nuclear debido a su menor contribución en emisiones atmosféricas, impactan menos a la salud y al efecto invernadero y consecuentemente tienen un menor costo externo. El diferencial de estos costos entre tecnologías podría emplearse para dar prioridad a las alternativas más eficientes y limpias, e impulsaría a las fuentes renovables de energía.

Se puede concluir que al conocer la magnitud de los costos externos facilita la toma de decisiones para la planeación del sector energético buscando reducir los impactos económicos, sociales y ambientales que genera este sector. Estos costos se pueden aplicar para: análisis costo beneficio de instalar equipo de mitigación de emisiones e incrementar la eficiencia de las centrales, establecer nuevos niveles de emisiones permisibles, selección de sitios para instalar las plantas y establecer políticas actuales para que el costo al usuario final refleje el costo real, entre otras aplicaciones.

Aplicar estos estudios al sector energético motivaría hacerlos extensivos a otros sectores, como el de transporte y el industrial.

- Dada la importancia de los estudios sobre externalidades, es recomendable que México continúe con los trabajos iniciados por SEMARNAT-CEPAL y PEMEX para evaluar las etapas de los proyectos petroleros desde la etapa de exploración hasta la producción de hidrocarburos, ampliando la valoración de otras externalidades tomando en cuenta calentamiento global, efectos en ecosistemas y materiales.

- Para facilitar este proceso pueden buscarse apoyos económicos externos, así como

---

convenios para intercambio de experiencia técnica con organismos internacionales.

- Si los costos externos no se internalizan o no se consideran para tomar decisiones de política energética, en términos absolutos son costos que el país tendrá que cubrir, sobre todo en salud y medio ambiente.

La inclusión de externalidades en la selección de tecnologías para la expansión del sector petrolero requiere acuerdos entre las Secretarías involucradas en las decisiones, SENER, SHCP, SEMARNAT y Salud entre otras, así como PEMEX ya que la selección de tecnologías puede requerir aplicar un principio de decisión diferente al de “mínimo costo por proyecto” como se aplica actualmente.

---

## 4.- Proceso de metodología VCD a diferentes niveles de decisión

---

### 4.1.1 VCD a nivel de yacimiento.-

La aplicación de la metodología VCD en el negocio de hidrocarburos desde la Exploración hasta el abandono de los Yacimientos/Campos pasa por diversas fases de planeación y ejecución, fundamentadas en la utilización de las mejores prácticas y el mejoramiento de los procesos internos y externos, los cuales permiten mejorar la eficiencia y la eficacia del negocio reduciendo el tiempo y costo de los procesos y aumentando la rentabilidad. La Exploración como parte fundamental del negocio petrolero tampoco puede escapar al uso de esta metodología. La búsqueda de nuevos conceptos exploratorios asociados a una Visión País, los estudios del Sistema Petrolero, los estudios detallados de los Prospectos, la perforación de los Pozos Exploratorios, el descubrimiento y la adición de Reservas y finalmente la elaboración de una Estrategia de Explotación Preliminar, son actividades que pertenecen a una u otra fase del VCD, denominadas comúnmente Visualización, Conceptualización y Definición. El uso de esta metodología mejora el tiempo y la calidad de las actividades y fases, permitiendo la optimización del proceso de Exploración en la búsqueda de la eficiencia para la compañía que se encuentre operando.

**La Visualización** (VCD-y) en Exploración es la primera fase del VCD del proceso de Exploración, en la cadena del negocio petrolero y específicamente en el proyecto Integral de PEP. Los objetivos y los alcances en este proceso consisten en: Identificar, analizar, evaluar, valorar y jerarquizar una cartera de oportunidades exploratorias de incorporación de reservas establecidas por la organización, las cuales deben estar alineadas con el Plan Integral de Negocios. Este proceso consiste en una serie de etapas que comienzan técnicamente con la evaluación de las cuencas, continua con el análisis del y caracterización de los “plays”, la definición de los riesgos geológicos, la selección de las oportunidades, la identificación y análisis de los riesgos geológicos e incertidumbres, la estimación de los recursos y por último el sometimiento del DSD para la aprobación de los resultados, por parte del Equipo de Autorización del área o departamento encargado en este rubro para pasar a la próxima fase de Conceptualización. Los insumos requeridos en esta fase consisten en toda la información técnica regional y local sobre las oportunidades exploratorias ubicadas en todas las carteras y en cualquier otra información de análogos. Los documentos requeridos para pasar a la próxima etapa del VCD son el DSD de Visualización de Exploración junto con sus anexos técnicos y el dictamen del Equipo de Autorización.

---

La Conceptualización (VCD-) en Exploración ( o a nivel de yacimiento) es la segunda fase del VCD dentro del proceso de Exploración del proyecto Integral. Los objetivos y alcance en esta fase consisten en confirmar y registrar las nuevas reservas producto del descubrimiento de un campo o yacimiento, a través de un análisis geológico más profundo de los prospectos establecidos, la perforación del pozo exploratorio y las pruebas de producción. El VCD-C consiste en la ejecución de una serie de actividades que comienzan con la identificación de los prospectos exploratorios seleccionados en la fase anterior, la estimación de sus potencialidades, la jerarquización de los prospectos, la selección de la localización exploratoria, la perforación del pozo exploratorio, la confirmación de la potencialidad económica y la aprobación de un Plan de Delimitación el cual será ejecutado en la próxima fase del VCD de Exploración (VCD-D). Por último los resultados de esta fase deben ser aprobados por el Equipo de Autorización de PEP para pasar a la próxima fase del VCD, la cual es la Definición en el proceso de Exploración. Los insumos requeridos en esta etapa corresponden a toda la información técnica sobre las oportunidades exploratorias presentes en la Base de Datos de Oportunidades de Exploración (BDOE) y los resultados del VCD-V. Los Documentos requeridos para pasar a la siguiente fase son el DSD del VCDC de Exploración junto con sus anexos técnicos y el dictamen del Equipo de Autorización

La Definición (VCD-D) es la tercera fase del proceso VCD de Exploración, la cual es realizada por el equipo multidisciplinario del proyecto integral, en forma conjunta con el VCD-V de Explotación. Los objetivos y alcance planteados en esta etapa se refieren a la caracterización, delimitación, determinación de reservas 3P y valorización del campo / yacimiento descubierto, estableciendo un

Plan de Desarrollo Preliminar, mediante el análisis de la nueva información y los resultados de los pozos delimitadores, con el fin de disponer de la información necesaria para la realización de un diseño de explotación completo e integral. Esta fase se inicia con la planeación de los futuros pozos delimitadores y continúa con la incorporación de los resultados de la perforación y prueba de los pozos en los modelos del yacimiento, el nuevo cálculo de las reservas y la definición de un plan de explotación preliminar. Los insumos requeridos para esta fase son: resultados sobre la perforación y pruebas de los pozos delimitadores, DSD del VCD-C de Exploración, VCD-D de Perforación de pozos delimitadores, Plan de Negocios, Cartera de Proyectos e información complementaria. Los documentos a generar en esta fase son: el DSD del VCD-D de Exploración junto con sus anexos técnicos, el dictamen del Equipo de Autorización de PEP. En general las organizaciones responsables de los procesos y fases del VCD, anteriormente descritas, corresponden a la SCTER, a la SCTET, a

---

los Activos Regionales de Exploración, a la UPMP y a los Activos Integrales, con el apoyo de otras organizaciones.

**4.1.2 ETAPA DE VISUALIZACION A NIVEL DE YACIMIENTO.** Dentro del proceso de Exploración o a nivel de yacimiento se puede considerar como un estudio de pre inversión que busca establecer iniciativas o hipótesis sobre la Existencia de hidrocarburos en los Sistemas Petroleros, Plays y Prospectos en una cuenca sedimentaria determinada o la revisión de la cartera de oportunidades exploratorias existente, estimando o revisando su potencial petrolero y su posible valor económico. En esta etapa de Visualización se deben incorporar todas las posibles oportunidades, sin realizar juicio de valor previo, dejando al propio proceso filtrar aquellas susceptibles a ser evaluadas exhaustivamente durante la fase de Conceptualización

Objetivos de la Fase a nivel de yacimiento

Identificar, analizar, evaluar y preparar una cartera de oportunidades exploratorias de evaluación de potencial e incorporación de reservas, dentro de áreas preestablecidas por la organización, factibles técnica y económicamente y jerarquizarlas para ser desarrolladas en la Fase de Conceptualización.

Alcance de la Fase a nivel de yacimiento

Definir y registrar las oportunidades exploratorias y sus recursos prospectivos, en la base de datos de exploración, basado en criterios factibles técnicos y económicos para:

- Probar el Sistema Petrolero.
- Evaluar Plays (Hipotéticos y Establecidos) y Prospectos asociados

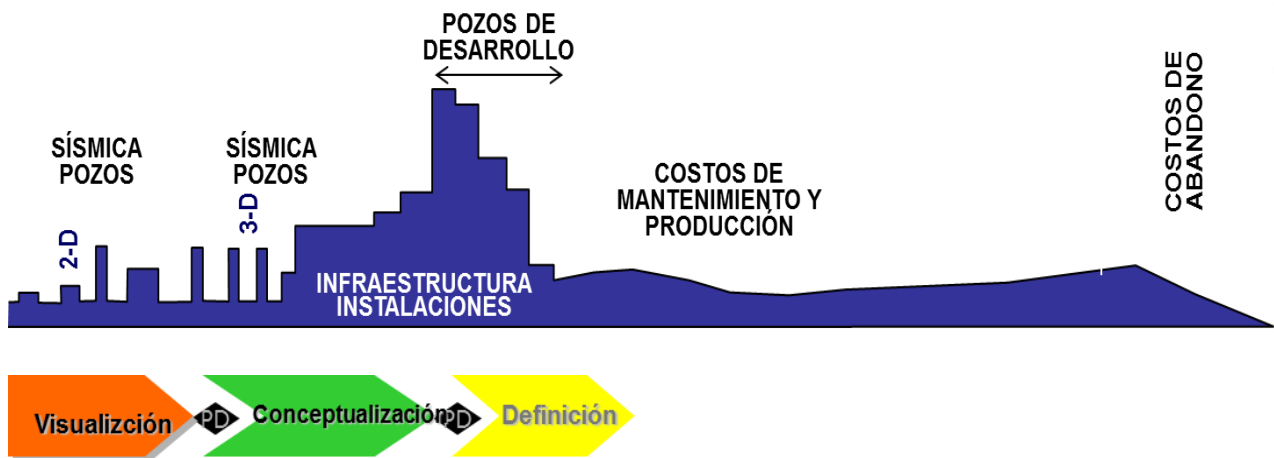


Fig. 15 proceso VCD a nivel de yacimiento

#### 4.1.3 La Relación del proceso de Exploración con los Procesos de Explotación, Infraestructura y perforación

En esta etapa del Proceso VCD de Exploración no se tiene una interrelación directa con los Procesos de Explotación e Infraestructura, por ser éste el punto de inicio de la cadena de valor del negocio. De existir alguna interrelación, la misma se reduce a consultas generales sobre aspectos, tales como: órdenes de magnitud para desarrollo de infraestructura, perforación de pozos y costos de operación y mantenimiento. Cabe destacar que durante esta fase alguna oportunidad exploratoria visualizada puede requerir la adquisición de nueva información de levantamientos geológicos, geoquímicos y geofísicos (gravimetría, sísmica, magnetometría, etc.) y muy esporádicamente la perforación de pozos paramétricos, con el fin de probar conceptos o hipótesis.

Cuando se requiere de pozos paramétricos, el equipo multidisciplinario de Perforación inicia las actividades del respectivo VCD hasta la definición y ejecución del pozo. Es importante asegurar que en el equipo multidisciplinario de Exploración participen profesionistas de Perforación, a fin de garantizar la continuidad del proceso y mantener una relación estrecha entre los miembros de exploración y perforación durante esta fase.

En la fase de Conceptualización del VCD de Exploración, se desarrollará en forma general los elementos necesarios que debe tener una "Base de Usuario" (para la perforación de cualquier tipo de pozo). En el caso de los pozos Paramétricos es importante indicar que la

---

información disponible para realizar el VCD de Perforación, generalmente es escasa y por lo tanto se tiene que recurrir a información de campos análogos para suplir la información faltante.

Además es importante mencionar, que los pozos perforados en esta fase persiguen fundamentalmente la obtención de información que permita la comprobación de alguno o varios de los elementos del Sistema Petrolero o el establecimiento o comprobación de algún Play.

## Establecer un equipo multidisciplinario



Fig. 16 estructura del equipo de trabajo

En esta etapa deben identificarse todas las disciplinas y competencias requeridas para el cabal cumplimiento de las actividades a desarrollarse en la Fase de Visualización.

Las tareas a definir en esta actividad son:



- 
- Seleccionar líder del proyecto.
  - Definir las disciplinas y competencias requeridas de acuerdo a la madurez y complejidad del proyecto.
  - Establecer y satisfacer requerimientos individuales y de equipos multidisciplinarios.
  - Establecer roles y responsabilidades para cada miembro y grupos de trabajo.
  - Definir programa calendarizado de actividades, necesidades de recursos e hitos del proyecto.
  - Definir entregables y fechas de cumplimiento.
  - Asegurar la permanencia de los miembros de este equipo en las fases subsiguientes de Conceptualización y Definición del Proyecto.

Estos equipos deberán trabajar en estrecha relación con las Coordinaciones Técnicas de PEP, los cuales tienen la responsabilidad por la procura e implantación de las mejores prácticas, los nuevos procesos y las nuevas tecnologías. Entre sus actividades preparatorias, el equipo de trabajo tiene la responsabilidad de analizar integralmente la Cartera de Proyectos con la finalidad de identificar oportunidades no tradicionales para todos los proyectos del Plan de Negocios.

Las campañas de adquisición de información por medio de nuevos levantamientos geológicos, geoquímicos o geofísicos puede requerir la participación de profesionistas con competencias especializadas no tradicionales, por lo que la conformación del equipo multidisciplinario debe adecuarse atendiendo a estos requerimientos.

Estos equipos multidisciplinarios deben contar con un ambiente de trabajo propicio, infraestructura de sistemas – hardware y software - acorde con la tarea a realizar, servicios secretariales, facilidades de movilización y soporte financiero.

Para garantizar el éxito de esta fase inicial del VCD de Exploración, se hace necesario la correcta y oportuna definición y comunicación a los integrantes del equipo multidisciplinario, de los roles y responsabilidades de cada uno de sus miembros, para el desarrollo de cada una de las actividades de la Fase de Visualización. Tales roles y responsabilidades deben quedar documentados en minutas de las juntas de alineación del Equipo de Visualización.

Insumos Necesarios.

Los insumos requeridos para la elaboración de la Cartera de Máximo Potencial de Proyectos Exploratorios y el desarrollo de la Fase de Visualización, son fundamentalmente datos e información.

Entre ellos:

- Base de Recursos.
- Plan de Negocios.

- 
- Oportunidades de exploración.
  - Datos geofísicos y geológicos.
  - Campos análogos.
  - Datos culturales y ambientales.
  - Inversiones de perforación y terminación de pozos.
  - Instalaciones.
  - Seguridad Industrial y Protección Ambiental.
  - Nuevas tecnologías y procesos.
  - Análisis de entorno internacional, nacional y local.
  - Estudios de impacto ambiental disponibles.
  - Soporte de aplicaciones
  - Logística.

Por consiguiente de deben determinar los objetivos y alcances del proyecto cubriendo así los aspectos más relevantes en esta etapa, la cual debe establecer el sentido general del proyecto. A tal efecto se persiguen los siguientes objetivos específicos:

- Definir y documentar los recursos prospectivos a incorporar, asociados a los sistemas petroleros y plays establecidos.
- Jerarquizar los sistemas petroleros y plays establecidos.
- Integrar cartera de localizaciones exploratorias, jerarquizadas según su probabilidad de éxito, viabilidad técnica y económica.
- Disminución del tiempo de ciclo estimado para su ejecución.
- Premisas consideradas para establecer estos objetivos y propósitos.
- Requerimientos de información e investigación adicional y pruebas para verificar objetivos y propósitos.
- Margen de incertidumbre inherente en el análisis de sensibilidades (probabilidad de éxito geológico y comercial).
- Establecer Plan de Exploración (Sísmica y Pozos) y visualizar el desarrollo conceptual de los Campos y/o Yacimientos por descubrir.
- Dependencia y relación con otros proyectos del plan.

El alcance del Proyecto Exploratorio es: identificar, documentar y evaluar económicamente un conjunto de oportunidades exploratorias que permitan la eficiente evaluación del potencial petrolero y la incorporación, delimitación y producción de nuevas reservas. Estos objetivos y alcance deben permitir: establecer recursos a incorporar, jerarquizar sistemas petroleros y plays, estimar tiempo de ejecución, establecer premisas, concretar requerimientos de pruebas e investigación adicional, definir margen de incertidumbre y

---

establecer dependencia y relación con otros proyectos del plan propuesto.

Alinear con Estrategias Corporativas. Se debe poner especial atención en verificar que el proyecto de desarrollo de la oportunidad esté alineado con los objetivos estratégicos, líneas de acción y estrategias del Plan de Negocios. Esta actividad es competencia de la Subdirección de la Coordinación

Técnica de Exploración, Activos Regionales de Exploración, Activos Integrales y Planeación Sede y Regiones, las mismas deben verificar que el proyecto agregue valor y forme parte integral del Plan.

Una vez establecido alcance, objetivos específicos y verificados su alineación con las estrategias corporativas, se procede al desarrollo preliminar de oportunidades.

Generar y Desarrollar Opciones. Para generar y desarrollar dichas oportunidades se deben considerar tres aspectos fundamentales: opciones técnicas, seguridad industrial y protección ambiental e identificación de riesgos.

- Establecer Opciones Técnicas
- Determinar Interrelación con otros Proyectos del Plan
- Evaluar Tecnologías Probadas y Nuevas
- Establecer captura de nueva información
- Considerar Aspectos de Seguridad Industrial y Protección Ambiental
- Identificar Restricciones Ambientales
- Identificar Riesgos e Incertidumbres

**4.1.4 Establecimiento de Opciones Técnicas.** (Conceptualización). Esta actividad debe estar alineada al Plan de Negocios y se inicia con la interpretación geológica, geofísica y geoquímica a nivel país y regional con la finalidad de estimar el potencial de recursos exploratorios, riesgos asociados y valor económico a nivel de cuencas, sistemas petroleros y plays, las cuales pueden evolucionar hasta pozos exploratorios para así probar los conceptos, teorías e hipótesis de cada opción. Esta actividad también puede iniciarse con la revisión y validación de oportunidades incluidas en la cartera de oportunidades exploratorias y/o con la propuesta de toma de información geológica, geoquímica y geofísica. Todas estas opciones deben ser evaluadas, preferiblemente con sistemas o herramientas institucionales, tales como CERSIS

(Evaluación de Recursos Prospectivos de Sistemas Petroleros) y CERPLAY (Evaluación de Recursos Prospectivos de Plays) y cargadas a las bases de datos de exploración.

Esta actividad debe hacerse utilizando herramientas para promover la innovación y propiciar

---

la generación espontánea de ideas, con el propósito de asegurar la inclusión de todas las posibles opciones, considerando todos los elementos metodológicos, herramientas y bases de datos asociadas a las estimaciones volumétricas de recursos y probabilidad de descubrimiento o éxito de los modelos establecidos. En esta etapa deben incorporarse todas las posibles oportunidades con sus opciones de desarrollo, sin realizar juicio de valor previo (tormenta de ideas), dejando al propio proceso filtrar aquellas oportunidades susceptibles a ser evaluadas en mayor profundidad durante la fase de Conceptualización.

Luego de identificadas todas las posibles opciones u oportunidades exploratorias se procede a clasificar, refinar y potenciar las mismas, mediante la identificación de sinergias, nuevos esquemas de negocios y la visualización de alternativas tecnológicas probadas y nuevas, que mejoren su promesa de valor, antes de pasar al proceso de jerarquización y selección técnica.

- **Determinar Interrelación con otros Proyectos del Plan.** La cartera de proyectos de exploración contiene varios proyectos que pueden estar interrelacionados, los cuales podrían servir de base, así como de soporte para establecer sinergias y por ende fortalecer su desarrollo, mejorar la creación de valor y facilitar la toma de decisiones. Por tal motivo, durante esta fase y en especial en áreas vecinas a zonas en explotación, es sumamente importante establecer lo siguiente: infraestructura existente, diseño óptimo de pozos para futuro desarrollo, plataformas y/o peras disponibles para perforar nuevos pozos exploratorios, restricciones ambientales, entre otros. De igual manera, considerar combinaciones de oportunidades, que hagan rentable o más atractiva una oportunidad que de forma Individual no lo sería.

- **Evaluar Tecnologías Probadas y Nuevas.** Durante el desarrollo de esta fase del proyecto, es importante tomar en consideración, además de las tecnologías ya probadas, la posibilidad de utilizar nuevas tecnologías. Esto puede requerir estudios adicionales tomando en cuenta las particularidades propias del proyecto y de la tecnología propuesta, con la finalidad de determinar la factibilidad técnica de incorporar estas tecnologías al proyecto.

- **Establecer Captura de Nueva Información.** En esta fase es necesaria la planeación, toma y análisis de información a nivel regional con miras a validar los modelos de cuenca, sistema petrolero y plays establecidos. Fundamentalmente esta información consiste en la toma de líneas sísmicas regionales, geología de superficie, geoquímica y con mucho menos frecuencia la perforación de pozos paramétricos.

---

### **Considerar Aspectos de Seguridad Industrial y Protección Ambiental**

En esta parte del proyecto se debe identificar de manera preliminar los riesgos que pudieran afectar la factibilidad del proyecto o impactar severamente su operación o costo, dadas las previsiones que deban tomarse para su desarrollo sustentable, por las condiciones climatológicas, topográficas, geológicas, sísmicas, y/o oceanográficas o por las características de los materiales y/o procesos a ser utilizados en el proyecto o derivados de las tecnologías a ser evaluadas.

- Identificar restricciones ambientales. Deben señalarse las zonas protegidas, e indicar los recursos necesarios para realizar actividades asociadas a estudios de impacto ambiental, ordenamiento territorial y a la mitigación de riesgos de impacto ambiental.
- Considerar riesgos y normas. Es necesario determinar, con base en las características del proyecto, los procesos a utilizar, los riesgos en materia de seguridad industrial y protección ambiental que será necesario enfrentar y las normas a ser utilizadas para su prevención y control, durante el desarrollo del proyecto.

**Identificar Riesgos e Incertidumbres.** Al definir de manera preliminar las oportunidades, se debe establecer un marco de referencia para la construcción de las opciones de manejo de los escenarios factibles visualizados por exploración e identificar los riesgos e incertidumbres técnicas y económicas, para su jerarquización, como son:

- Riesgos asociados a la no existencia de alguno o varios de los elementos del sistema petrolero: Roca generadora, roca almacenadora, trampa, sello y sincronía - migración.
- Riesgos Técnicos (tecnología, complejidad, calidad de datos).
- Riesgos asociados a cumplimiento de normas, seguridad, ambientales, etc.
- Riesgos Económicos

Para cada una de las oportunidades factibles se deben definir los parámetros y variables que en mayor grado afectan su posible ejecución y alcance de objetivos, a fin de orientar la elaboración de los planes preliminares de adquisición de información.

**Realizar Evaluación Técnica y Preselección de Oportunidades** Una vez planteadas las oportunidades factibles se procederá a evaluar cualitativa y cuantitativamente su viabilidad, considerando los siguientes aspectos:

- Nivel de riesgo e incertidumbre.
- Nivel de experiencia dentro de la organización.

Para efectuar las estimaciones volumétricas y de probabilidad de éxito se deben utilizar las

---

herramientas institucionales, así como cualquier otra que permita cumplir con los aspectos específicos.

**Establecer Criterios de Evaluación Técnica y Jerarquización** Se debe establecer y describir los criterios y parámetros de evaluación para determinar la factibilidad técnica y posterior jerarquización de cada oportunidad visualizada. Estos criterios pueden ser probabilidad de éxito geológico, probabilidad de éxito comercial, calidad de datos e información, recursos prospectivos, entre otros.

Las oportunidades son evaluadas con respecto a los criterios definidos para su posterior jerarquización, mediante la aplicación de simulaciones tipo Montecarlo, plataformas corporativas.

**Elaborar Matriz de Evaluación Técnica** Los criterios antes señalados se colocan en una matriz de evaluación que permita establecer su nivel de probabilidad y confianza, a tal efecto se establece el valor de cada parámetro, su peso y los criterios mínimos de aceptación de cada uno para que la oportunidad sea factible desde el punto de vista técnico.

**Jerarquizar Oportunidades Técnicamente Factibles** Se debe jerarquizar las oportunidades más factibles identificadas, a objeto de compararlas una a una y medir sus principales riesgos e incertidumbres, de acuerdo a los resultados de la aplicación de la matriz o criterios de aceptación antes señalados o con cualquier otra herramienta destinada a este fin. La evaluación técnica de las opciones permitirá posteriormente construir los modelos técnico - económicos que se emplearán en la evaluación de cada una.

### **Definir Información Requerida**

Esta tarea debe basarse en una definición global, “grosso modo”, del proyecto y de sus principales unidades de proceso, donde la información disponible se limita a:

- Área a estudiar.
- Ubicación geográfica.
- Campos análogos.
- Costos sobre posibles estudios para reducir incertidumbre.
- Costos de pozos exploratorios.
- Costos unitarios del posible desarrollo de la oportunidad o localización.
- Requerimientos de carácter ambiental.
- Especificaciones preliminares de insumos y productos.
- Premisas económicas.
- Fechas tentativas de inicio y finalización del proyecto

---

**Determinar Método de Estimación** Se basa en datos históricos de costos que provienen de proyectos similares, análogos o curvas de costos de unidades de procesos similares (extrapolación estadística), correlacionadas por su dimensión y corregidas por el índice de precios, factores de ubicación geográfica, etc. En general, deberá emplearse la metodología adoptada por la empresa.

**Establecer Criterios de Precisión y Confiabilidad.** Es un estimado de tipo orden de magnitud y no tiene una confiabilidad definida, sino que ésta depende de la calidad de la información disponible de desarrollo de oportunidades similares, ya concluidas o en desarrollo, así como también de la pericia con que se evalúen.

**Estimar Costos de Inversión.** Incluye todas las inversiones de exploración y futuro desarrollo de las oportunidades.

**Estimar Costos de Operación.** Incluye todos los costos asociados a las actividades de operación asociadas al proyecto, durante todo el ciclo de vida del mismo, hasta su abandono.

Bajo las premisas anteriores debe Definir Plan Preliminar de Ejecución de las Oportunidades Factibles los cuales se debe preparar mediante un plan preliminar para el desarrollo de la oportunidad, ejecutando el uso de datos históricos de tiempos de ejecución de proyectos similares.

Definir Premisas para la Programación de la Ejecución. Se deben definir las premisas para la ejecución de las tareas, entre ellas:

- Requerimientos de tipo y calidad de la información, pozos, sísmica, entre otros.
- Periodos de negociación con las compañías de servicios, estudios de impacto ambiental y permisos.
- Tipo y calidad de los estudios e investigaciones especializadas y específicas por desarrollar.

Concretar Programa de Ejecución del Proyecto El mismo debe contener los siguientes elementos:

- Definición completa (VCD).
- Estudios.
- Aprobaciones.
- Licitaciones y contratación.

---

**4.1.5 Evaluación Técnico Económica de Opciones Factibles** (definición) Determinar Indicadores Económicos. Una vez que se tiene estimada la inversión / gastos, probabilidad de éxito y el plan para el desarrollo de la oportunidad, se procede a definir la rentabilidad del mismo. Luego se establece su jerarquización dentro de la cartera de oportunidades. Con la evaluación económica, se genera una serie de indicadores económicos que permiten evaluar la rentabilidad de cada proyecto.

La misma se realiza utilizando el MODEX, que es la herramienta institucional para la evaluación económica de oportunidades y proyectos exploratorios. Los indicadores comúnmente utilizados en las evaluaciones económicas son los siguientes:

- Valor Presente Neto – VPN
- Valor Presente de la Inversión -VPI
- Eficiencia de la Inversión – (VPN / VPI)
- Tasa Interna de Retorno – TIR
- Periodo de Recuperación de la Inversión.
- Costo de descubrimiento.

En esta fase, los indicadores económicos sólo corroboran la factibilidad económica de la oportunidad y son ilustrativos. Para cada oportunidad, dependiendo de su naturaleza y alcance, se definirán cuales indicadores se utilizarán para los efectos del dictamen de esta fase.

Elaborar Sensibilidad Económica a Parámetros Técnicos Económicos y Financieros

Normalmente, se realiza una evaluación probabilista de éxito, simulaciones y sensibilidades, con el fin de visualizar el momento en el cual, la actividad planeada comienza a afectar los rendimientos del proyecto. Entre las variables que se consideran en este tipo de evaluación, se encuentran las siguientes:

- Recursos Prospectivos (Volúmenes).
- Precios.
- Demanda.
- Tiempo de ejecución.
- Inversiones y costos.

Determinar Factibilidad Técnico-Económica. Los proyectos que presentan los indicadores económicos más bajos o menores probabilidades de éxito son sometidos a un análisis alternativo, con el objeto de determinar si existen esquemas de exploración, procesos o tecnologías más económicas (costo\_beneficio) diferentes al planteado, que mejore la rentabilidad. Con la información anterior y con base en los mejores indicadores obtenidos,



---

se tendrán las opciones jerarquizadas y preseleccionadas que serán evaluadas en la fase de Conceptualización del VCD del proyecto.

Plan de Ejecución de la Fase de Conceptualización. Durante el VCD de Visualización de Exploración se debe generar un estimado de costos y un plan de trabajo de mayor precisión con el fin de obtener los recursos financieros y humanos que serán usados para poder evaluar con mayor grado de aceptación cada una de las opciones seleccionadas, las cuales serán desarrolladas en la Fase de Conceptualización. Las actividades a estimar contemplan: Asesorías, estudios de campo, captura de datos, pozos exploratorios, trabajos de laboratorio, etc., los cuales serán necesarios para mejorar la definición del proyecto.

Estimar Plan de Ejecución Se debe elaborar un plan o cronograma de trabajo que contemple las actividades y tareas de selección de la mejor oportunidad, así como la jerarquización de prospectos y localizaciones y la perforación del pozo exploratorio a realizarse en la Fase de Conceptualización. Las actividades a estimar contemplan: asesorías, estudios de campo, captura de datos, pozos exploratorios, trabajos de laboratorio, entre otros, los cuales serán necesarios para determinar la prospectividad del prospecto, mediante la perforación del pozo exploratorio. Especial atención debe prestarse a la realización de un registro de riesgos e incertidumbres que puedan atender con el logro de las metas trazadas.

Estimar Costos Tomando como base el plan o cronograma previamente establecido se realizan estimaciones de costos para las diferentes actividades y tareas a realizar durante la ejecución del mismo. Este estimado persigue el aseguramiento o disponibilidad oportuna de los recursos financieros necesarios para el cumplimiento de las metas establecidas en el plan.

#### **4.1.6 Aprobacion**

El DSD del VCD-V completo y verificado debe ser sometido a la consideración del Equipo de Autorización, el cual genera el dictamen final para esta fase del proyecto y aprueba las erogaciones para la siguiente fase. La decisión o dictamen del Equipo de Autorización puede ser una de las Siguietes.

- Aprobación de las oportunidades exploratorias, en cuyo caso, el proyecto pasa a la siguiente Fase de Conceptualización para seleccionar la mejor opción u oportunidad exploratoria, definir prospectos y perforar el pozo exploratorio.
- Cancelación o diferimiento del proyecto, entre otras causas, por no resultar conveniente a los intereses de la empresa o no estar dadas las condiciones para su ejecución.

- 
- Devolver el DSD al equipo de trabajo para revisar, modificar y/o complementar algunos elementos de la oportunidad visualizada.

## **ENTREGABLES**

Es el documento final de la Fase de Visualización que contiene todos los elementos necesarios para que los Equipos de Autorización dispongan de la información completa y necesaria para generar un dictamen debidamente soportado sobre esta fase del proyecto. A continuación se detalla el contenido del DSD del VCD-V de Exploración:

- Resumen Ejecutivo.

- ° Antecedente y Justificación.
- ° Objetivo del proyecto.
- ° Alcance del proyecto.
- ° Comentarios sobre la cantidad y calidad de la información utilizada para la documentación.
- ° Descripción de la hipótesis en que se basa la oportunidad.
- ° Alineación con las estrategias corporativas

- Introducción

- Objetivo y Alcance de la Fase de Visualización.

- Oportunidades Visualizadas.

- ° Ubicación geográfica.
- ° Descripción.
- ° Volumetría.
- ° Riesgos.
- ° Probabilidad Geológica y Comercial.
- ° Estimado de costos Clase V.
- ° Planes de ejecución Clase V.
- ° Flujos de Caja / Indicadores Económicos.

- Análisis de Factibilidad Técnico - Económica.

- Descripción de las Oportunidades Preseleccionadas y Jerarquizadas.

- Lista de Riesgos Mayores y Plan de Adquisición de Información

- Anexos.

1. Oficio Inicial de Inicio de Fase de Visualización.
2. Designación del Equipo Multidisciplinario.
3. Plan y Equipo de Trabajo para el VCD de Visualización.
4. Documentos de las Oportunidades Exploratorias.
5. Bases de Usuarios de la Localización para Pozo Paramétrico.

- 
6. Estudios y Análisis que Soportan Modelos de las Oportunidades.
  7. Estudios y Análisis que Soportan los Resultados del Pozo Paramétrico.
  8. Estudios de Factibilidad Ambiental y Legal.
  9. Estudios y Análisis de Riesgo.
  10. Estudios de Análisis de Valor de la Información y Plan de Adquisición de Información.

**4.2 VCD A NIVEL DE CAMPO. (VISUALIZACION)** Consiste en la evaluación de una oportunidad visualizada anteriormente. En esta etapa se deben cuantificar las principales variables técnicas y económicas de las oportunidades, efectuarles un análisis de riesgo y de incertidumbres a objeto de seleccionar la mejor opción de negocio.

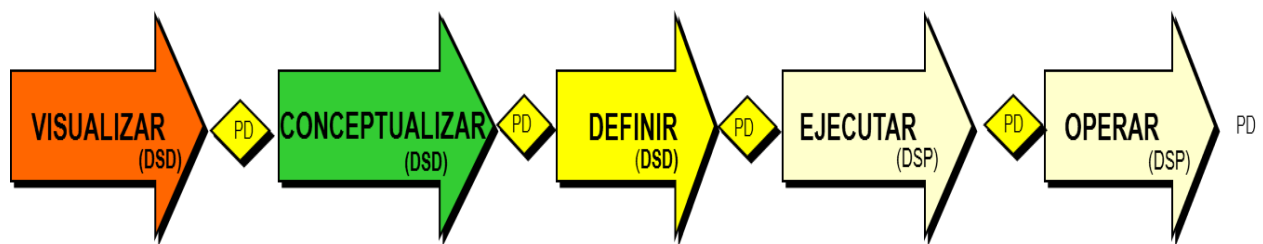


Fig. 17 etapa de conceptualización de VCD a nivel campo

**Objetivos de la Fase de Conceptualización.** Establecer un nuevo descubrimiento de campo / yacimiento, a través del análisis, perforación y prueba de localizaciones exploratorias para incorporación de reservas, a ser caracterizado y delimitado durante la Fase de Definición del VCD de Exploración (VCD-D).

**Alcance de la Fase de Conceptualización.** Definir y registrar las oportunidades de incorporación de reservas y sus recursos de hidrocarburos asociados, en la base de datos de exploración (BDOE), las mismas deben estar evaluadas según su riesgo geológico y factibilidad técnico - económica, con la finalidad de:

- Definir el prospecto exploratorio.
- Definir y seleccionar localizaciones para incorporación de reservas.

- 
- Probar la localización para incorporación de reservas.
  - Declarar el descubrimiento de un nuevo campo / yacimiento.



*EL GRAFICO MUESTRA DE MANERA GRAFICA LOS ALCANCES DE LA FASE DE CONCEPTUALIZACION*

**4.2.1 Actividad y Ejecución de VCD a nivel Campo.** Las actividades a desarrollar durante la fase de Conceptualización del VCD de Exploración, las cuales engloban una serie de reglas y prácticas de administración de proyectos que permite a los miembros del equipo multidisciplinario de trabajo conducirse exitosamente a través de todo el proceso y asegurarse de que se agoten todas las instancias de revisión y aprobación establecidas antes de pasar a la fase de definición y realizar erogaciones adicionales.

Las actividades se inician con una serie de tareas de preparación, seguidas del análisis técnico, económico y de riesgo de las oportunidades identificadas en la fase de Visualización, a fin de seleccionar perforar y probar la mejor localización, que de resultar exitosa declara el descubrimiento y se le determina su rentabilidad. Todo esto, con el fin de establecer las bases del DSD del VCD-C de Exploración a ser sometido al equipo de pares y a aprobación por el equipo de autorización PEP, para tomar la decisión final de la fase. En esta fase, como en la anterior, puede existir la necesidad de tomar decisiones intermedias, previas a la decisión final de la fase, cuyo impacto determinará el nivel de delegación a que deben ser sometidas.

#### **4.2.2 Interrelación del VCD-C (CONCEPTUALIZACION) de Exploración con los Procesos de Explotación, Perforación e Infraestructura**

Durante esta etapa, se prepara la base de usuario de la localización para incorporación de reservas para desarrollar el VCD de Perforación, el cual debe establecer la estrategia de perforación y terminación del pozo exploratorio. Una vez realizadas estas actividades, se

---

ejecuta la perforación, terminación y pruebas del pozo exploratorio y toda la información relativa al mismo, se integra al proceso de Exploración a fin de revisar y actualizar los modelos que soportaron el proceso de selección de la localización exploratoria.

Es importante destacar que en esta fase del VCD de Exploración se debe verificar la rentabilidad del descubrimiento a fin de valorarlo. Con esta información se prepara la base de usuario para el proceso de Explotación (Base de usuario del descubrimiento valorado), la cual es el insumo para el inicio de la Fase de Visualización del VCD de Explotación.

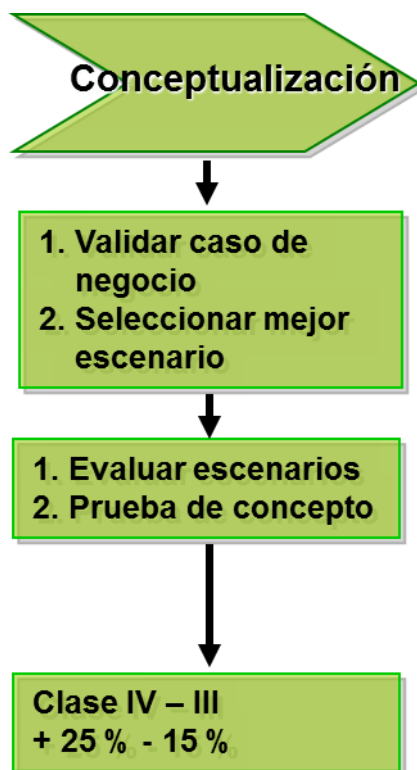


Fig. 19 análisis de la etapa de conceptualización a nivel campo

Las actividades se inician con una serie de tareas de preparación, seguidas del análisis técnico, económico y de riesgo de las oportunidades identificadas en la fase de Visualización, a fin de seleccionar perforar y probar la mejor localización, que de resultar exitosa declara el descubrimiento y se le determina su rentabilidad. Todo esto, con el fin de establecer las bases del DSD del VCD-C de Exploración a ser sometido al equipo de pares y a aprobación por el equipo de autorización, para tomar la decisión final de la fase. En esta fase, como en la anterior, puede existir la necesidad de tomar decisiones intermedias, previas a la decisión final de la fase, cuyo impacto determinará el nivel de delegación a que deben ser sometidas.

---

**4.2.3 Ejecución VCD a nivel de campo (definición)** Con la finalidad de asegurar la ejecución exitosa del proceso, se requiere en esta fase realizar una serie de tareas de preparación previas, tal y como se realizó en la fase de Visualización.

- Estructurar Equipo de Trabajo
- Formalizar Objetivos, Roles y Responsabilidades
- Revisar Plan de Trabajo de la Fase de Conceptualización
  - Líneas de Mandos, para cada Actividad
  - Cronograma de Actividades
  - Presupuesto Estimado
  - Apoyo Técnico – Recursos Humanos
  - Mecanismos de Control, Recursos y Productos
  - Identificación Sitio (s) de Trabajo
- Recopilar Insumos Necesarios
  - DSD del VCD-V Exploración
  - VCD de Perforación
  - Resultados de la Perforación, Terminación y Pruebas del Pozo
  - Plan de Negocios y Cartera de Proyectos
  - Información Complementaria

Estructurar Equipo de Trabajo Al iniciar la fase de Conceptualización es necesario revisar la estructuración del equipo de trabajo. Si bien, es conveniente que la mayoría de los miembros que conformaron el equipo de visualización formen parte del nuevo equipo, es importante asegurar la incorporación de profesionistas en especialidades no prioritarias en la fase de Visualización, como sería el caso de especialistas en diseño de pozos y modelado integral de yacimientos, entre otros. De allí, que sea indispensable revisar las competencias claves del equipo, a fin de asegurar que en el mismo se incorporen todas aquellas competencias, que complementadas entre si, permitan desarrollar la base de conocimiento requerido para la selección de las mejores oportunidades para incorporación de reservas. Las áreas de conocimientos claves en el desarrollo de proyectos de exploración son las siguientes: Geofísica, Estratigrafía y Sedimentología, Análisis de Riesgo y Toma de Decisiones bajo Incertidumbre, Petrofísica, Estimación y Certificación de Reservas, Geología Estructural, Síntesis Exploratoria, Administración Integrada de Yacimientos, Caracterización Estática de Yacimientos, Caracterización Dinámica, Ingeniería de Yacimientos, Ingeniería de Producción de Pozos, Diseño y Seguimiento a Intervenciones de Pozos, Diseño de Instalaciones de Superficie, Ingeniería de Perforación, Ingeniería de Operaciones, Diseño y Construcción de Obras, Estrategias de Contratación, Seguridad Industrial y Gestión Ambiental, Análisis de Entorno y Planeación. Hay que asegurar, además, la representación de todas las organizaciones involucradas y de todas las disciplinas

---

requeridas para el cabal cumplimiento de las actividades a ejecutarse.

**Formalizar Objetivos, Roles y Responsabilidades** Un factor clave para asegurar el éxito es la definición clara y precisa de los objetivos, los cuales deben oportunamente ser comunicados a los miembros del equipo. Asimismo, los objetivos deben ser definidos en términos de resultados cuantificables, ser específicos en cuanto a tiempo y recursos para lograrlos, ser flexibles para aceptar cambios en la medida que se avance y justifique y finalmente deben ser jerarquizados. De igual manera, es necesario definir los roles y responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo en cada una de las actividades de la Fase de Conceptualización. Los objetivos de la Fase, roles y responsabilidades deben quedar documentados en minutas de las juntas de alineación del Equipo de Conceptualización. Otros factores claves en el éxito se listan a continuación:

- Toma de decisiones por consenso.
- Participantes técnicamente calificados.
- Planeación oportuna.
- Compromiso de dedicación de participantes.
- Disposición a la tarea y trabajo en equipo.

Revisar Plan de Trabajo de la Fase de Conceptualización Fundamentado en los resultados del VCD-V de Exploración y con la finalidad de desarrollar exitosamente el VCD-C, es importante preparar un plan de trabajo, el cual le permita al equipo multidisciplinario orientar sus esfuerzos de manera clara y precisa. Este plan debe contener cuando menos lo siguiente:

- Líneas de mando, para cada una de las actividades.
- Cronograma de las actividades.
- Presupuesto estimado.
- Apoyo técnico.
- Recursos humanos.
- Mecanismos de control de actividades, recursos y productos.
- Identificación del o los sitios de trabajo.

En cuanto a los entregables, se debe garantizar que el documento DSD del VCD-C de Exploración, contenga toda la información requerida, con el fin de soportar adecuadamente la decisión del Equipo de Autorización sobre esta fase. Recopilar Insumos Necesarios. Para la ejecución de las diferentes actividades previstas en la Fase de Conceptualización se requiere de una serie de insumos, algunos disponibles al iniciar la fase y otros que se obtienen

---

durante la ejecución de la misma, como es el caso de los estimados de costos de pozos e infraestructura y la información complementaria de subsuelo, superficie y ambiental. A continuación se listan los principales insumos requeridos en esta fase:

- *DSD del VCD-V de Exploración.* Es el documento final que se generó en la fase de Visualización del VCD de Exploración, el mismo contiene toda la información y los elementos necesarios para que el equipo multidisciplinario que va a desarrollar el VCD-C inicie la ejecución de esta fase.
- Plan de Negocios y Cartera de Proyectos. Son parte importante para iniciar el desarrollo del VCD-C de Exploración, ya que, contienen premisas, lineamientos estratégicos, parámetros volumétricos y de mercado aplicables al desarrollo de la Fase.
- DSD del VCD-D de Perforación. Documento contentivo del diseño y la estrategia de perforación, cronograma de ejecución y estimados de costos clase II de la localización exploratoria.
- Resultados de la perforación, terminación y pruebas del pozo exploratorio.
- Información complementaria. Para el desarrollo del VCD-C de Exploración, se requerirá adquirir datos e información adicional a la utilizada para la realización del VCD-V de Exploración. Entre otros, podemos mencionar: Datos geológicos, sísmicos y geofísicos, perforación, infraestructura, análogos y yacimientos.

Revisar / Verificar VCD-V de Exploración Con el objeto de dar continuidad al proceso VCD del proyecto, es necesario revisar detalladamente la información proveniente de VCD-V, poniendo énfasis en aspectos tales como: Objetivo y alcance del proyecto, alineación con estrategias organizacionales y de la corporación, riesgos e Incertidumbres y necesidades de información adicional.

- *Verificar Alcance y Objetivos de la Fase* Con esta verificación se busca asegurar que el alcance y objetivo(s) de esta Fase sean compatibles y estén alineados con los objetivos corporativos y los de la organización responsable del mismo.
- Verificar las Oportunidades Exploratorias de Incorporación de Reservas (Prospectos Visualizados) en VCD-V
- Asegurar que las oportunidades de incorporación de reservas visualizadas estén documentadas apropiadamente y cargadas en los diferentes sistemas y bases de datos



---

destinados a tal fin.

- Verificar Alineación Proyecto VCD con el Plan de Negocios y Cartera de Proyectos

Se debe poner especial atención en verificar que el proyecto de desarrollo de la(s) oportunidad(es) esté alineado con los objetivos estratégicos, con las líneas de acción y con las estrategias del Plan de Negocios y Cartera de Proyectos, dado que estos están fundamentados en las premisas y lineamientos emanados por la corporación.

Revisar Incertidumbres Técnicas y Riesgos de las Oportunidades de Incorporación de Reservas. Esta revisión persigue garantizar que todas las incertidumbres técnicas y riesgos identificados y cuantificados para cada oportunidad de incorporación de reservas visualizada (Plays Establecidos y Prospectos asociados) en el VCD-V de Exploración sean validadas, asegurando a su vez que los miembros del equipo conozcan y puedan entender y establecer los siguientes aspectos:

- Riesgos asociados a la no existencia de alguno o varios de los elementos del sistema petrolero:
  - ° Roca generadora.
  - ° Roca almacén.
  - ° Trampa.
  - ° Sello.
  - ° Sincronía - Migración.
  
- Principales riesgos que impactan la volumetría de los recursos de hidrocarburos por incorporar:
  - ° Datos de yacimientos del análogo.
  - ° Datos de productividad de pozos.
  - ° Limitaciones del método o sistema utilizado.
  - ° Probabilidad de éxito geológico.
  
- Incertidumbres y Riesgos Económicos asociados a:
  - ° Volúmenes recuperables de hidrocarburos por descubrir.
  - ° Planes de actividades y erogaciones de sísmica y pozos exploratorios y delimitadores a ser efectuados durante la campaña exploratoria
  - ° Plan de desarrollo conceptual de la oportunidad.
  
- Riesgos técnicos:
  - ° Tecnología.

- 
- ° Complejidad.
  - ° Cumplimiento de normas.
  - ° Seguridad y Protección Ambiental.

Realizar Estudios de Factibilidad y Programar Adquisición de Información. Elaborar la factibilidad técnica para realizar la captura de datos e información en tierra, zonas de transición y mar. Esta tarea se realiza principalmente para programas de adquisición y procesamiento de datos sísmicos, a tal efecto se deben determinar condiciones de campo y definir los modelos de subsuelo, así como la determinación de la respuesta sintética del modelo para el posterior diseño de los parámetros de grabación y procesamiento. Finalmente, se deben formular y programar los estudios de adquisición de información, así como también elaborar los programas operativos de adquisición y procesamiento de datos.

Adquirir, Validar e Interpretar Información de Subsuelo, Superficie y Ambiente Concluidas las fases de planeación para recabar datos e información (factibilidad, obtención de permisos y estrategia de contratación), se inician los procesos de adquisición y captura, asegurando un estricto control presupuestario y control de calidad de los datos e información recabada o procesada. Esta tarea tiene como objetivo primordial reducir el nivel de incertidumbre en los modelos de evaluación de prospectos, y por ende mejorar la capacidad de predicción.

El diseño de las estrategias y planes de adquisición de información, requiere un esfuerzo multidisciplinario (Geofísicos, Geólogos, Petrofísicos, Ingenieros de Perforación, Ingenieros de Yacimientos, Analistas de Riesgos, entre otros). El mismo debe realizarse considerando criterios de costo-beneficio y técnicas de valorización de la información, a fin de minimizar la tendencia a tomar demasiada información o, a no adquirir información costosa, pero importante, asociada a parámetros de alto impacto sobre la rentabilidad de las opciones de incorporación de reservas.

La actividad de adquisición de información de campo normalmente programada, es la adquisición de datos sísmicos en sus modalidades bidimensional (2D) y tridimensional (3D) y de manera menos frecuente se ejecutan actividades tales como; magnetometría, gravimetría, muestreo geoquímico, y otros estudios geológicos – geofísicos de aplicación específica como lo son el reproceso y/o procesado especial.

Debe además, garantizarse que los datos e información sean sometidos a procesos de validación y almacenaje en las bases de datos corporativas, de manera tal que se asegure su disponibilidad y fácil acceso, para su posterior interpretación mediante el uso efectivo y eficiente de la plataforma tecnológica disponible – Software –Hardware – Bases de Datos -.

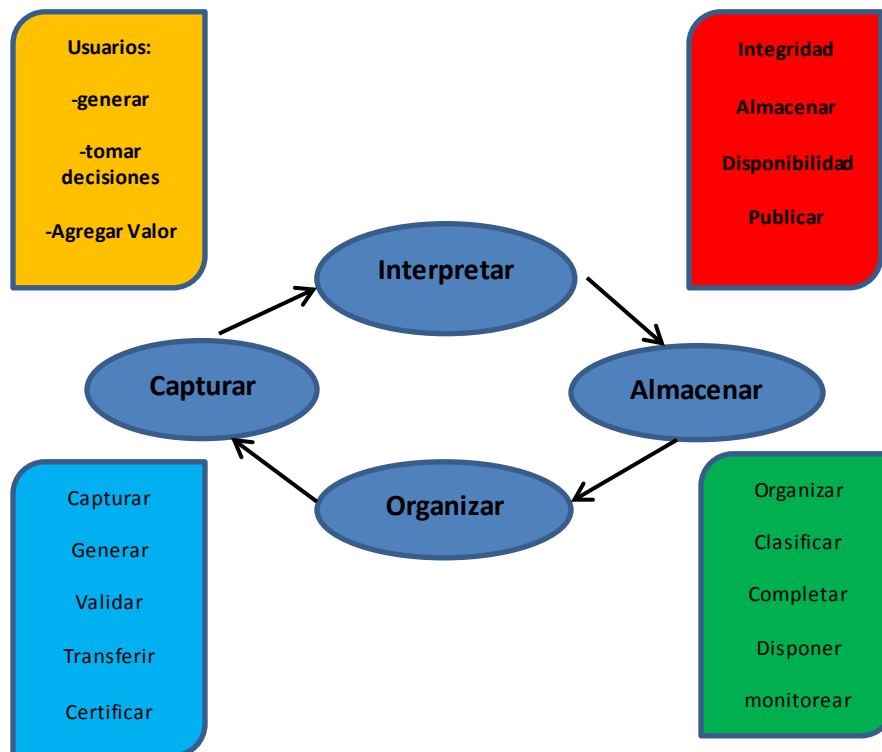


Fig. 20 proceso de interpretación y validación de información

Actualizar Modelos que Soportan las Oportunidades de Incorporación de Reservas (Prospectos Visualizados) La ejecución de esta actividad contempla la actualización del marco geológico regional y revisión de los elementos del sistema petrolero, así como también la generación o establecimiento del modelo geológico integrado de la trampa y cartografía de los prospectos para incorporación de reservas identificados.

Los prospectos de incorporación de reservas generados deben ser:

- Registrados y documentados en la base de datos corporativa.
- Validarse técnicamente por grupos de expertos (profesionistas de reconocida capacidad técnica en el área de las geociencias)

Elaborar Registros de Riesgos e Incertidumbre. En esta fase se desarrollará un análisis más detallado de las incertidumbres y riesgos previamente establecidos, incorporando la nueva información procesada, con el objeto de asegurar que todos los miembros del equipo puedan entender y establecer los principales factores que contribuyen a la incertidumbre y los factores de riesgo asociado a:

- 
- La no existencia de alguno o varios de los elementos del sistema petrolero:
    - ° Roca generadora.
    - ° Roca almacén.
    - ° Trampa.
    - ° Sello.
    - ° Sincronía - Migración.
  
  - La volumetría de los recursos de hidrocarburos por incorporar:
    - ° Datos de yacimientos del análogo.
    - ° Datos de productividad de pozos.
    - ° Limitaciones del método o sistema utilizado.
    - ° Probabilidad de éxito geológico.
  
  - Factores económicos relacionados a:
    - ° Volúmenes recuperables de hidrocarburos por descubrir.
    - ° Planes de actividades y erogaciones de sísmica y pozos exploratorios y delimitadores a ser efectuados durante la campaña exploratoria
    - ° Plan de desarrollo conceptual de la oportunidad.
  
  - Factores técnicos:
    - ° Tecnología.
    - ° Complejidad.
    - ° Cumplimiento de normas.
    - ° Seguridad industrial y protección ambiental.

#### Análisis Técnico Económico de las Oportunidades de Incorporación de Reservas

Es importante mencionar que el análisis técnico económico de los prospectos para incorporación de reservas se realiza con base en la información desarrollada en la actividad anterior “Adquirir e Integrar Información Complementaria”, siendo el propósito fundamental de esta actividad, es valorar cada uno de los prospectos y localizaciones de incorporación de reservas identificadas en la fase de visualización; mediante un análisis técnico, económico y de riesgo más profundo, utilizando los modelos actualizados y/o refinados con la información complementaria adquirida.

---

Es importante señalar, que toda esta información de carácter técnico y económico, sobre cada una de las oportunidades de incorporación de reservas, debe ser registrada en la plataforma corporativa estandarizada, que permita la jerarquización de las oportunidades y que por ende ayude a la toma de mejores decisiones.

*Evaluar Probabilidad de Éxito Geológico para los Prospectos de Incorporación de Reservas.*

Una vez establecidos y documentados los prospectos de incorporación de reservas se procede a evaluar la probabilidad de éxito geológico, mediante la realización de las siguientes tareas:

- Analizar la probabilidad de existencia de cada uno de los 5 elementos del sistema petrolero.
- Analizar y establecer el principal riesgo del prospecto (elemento más crítico del sistema petrolero).
- Analizar y estimar la probabilidad de encontrar hidrocarburos.

*Realizar Evaluación Volumétrica y Económica de los Prospectos de Incorporación de Reservas.*

A objeto de establecer los volúmenes a incorporar y sus indicadores económicos se deben ejecutar las siguientes tareas:

- Evaluar y seleccionar métodos, sistemas y herramientas para realizar la evaluación volumétrica probabilista.
- Efectuar análisis geológicos y de ingeniería de yacimientos (datos de análogos) de soporte.
- Estimar parámetros para calcular la volumetría.
- Realizar simulación probabilista / estadística de los parámetros para la estimación de recursos y curvas de expectativas de hidrocarburos.
- Elaborar el desarrollo conceptual de los recursos de hidrocarburos.
- Estimar costos de infraestructura, pozos, costos de operación y mantenimiento y estudios de mitigación de riesgos de la oportunidad de incorporación de reservas.
- Evaluar indicadores económicos – Valor Presente Neto (VPN), Valor Presente de la Inversión de exploración y producción (VP inversión), Eficiencia de Inversión (EI) y Expectativa de Valor Monetario (EVM).

**4.2.4 Definir y Jerarquizar Prospectos y Localizaciones Exploratorias de Incorporación de Reservas.** Con base en los indicadores económicos, probabilidad de éxito geológico Probabilidad de éxito comercial y volumen promedio de éxito se definen los criterios de jerarquización y se clasifican los prospectos y localizaciones según estos criterios definidos. Finalmente se elabora una lista de Prospectos Jerarquizados e identifican por orden de importancia las Localizaciones Exploratorias para incorporación de reservas. Todas las

---

oportunidades de incorporación de reservas (Prospectos) y localizaciones definidas y documentadas en esta etapa deben ser registradas en la Base de Datos de Oportunidades Exploratorias. Además deben validarse técnicamente por el grupo de expertos (profesionistas de reconocida capacidad técnica en el área de las geo ciencias).

*Elaborar Documento de Propuesta Técnico, Operacional y Económica de las Localizaciones.* El propósito de esta tarea consiste en actualizar, validar y homogeneizar la base de datos de oportunidades exploratorias y/o localizaciones y en la revisión de indicadores, los criterios de jerarquización y la consistencia de la interpretación para la selección definitiva de las localizaciones. Posteriormente se procederá con la elaboración del documento de la propuesta técnica, operacional y económica de las localizaciones exploratorias. Este documento, para cada localización exploratoria, se compone de:

- *Características de la localización*

- Ubicación.
- Profundidad de objetivos
- Concepto del Play
- Descripción del tipo de oportunidad.
- Hidrocarburo esperado.
- Volumetría
- Probabilidad de éxito geológico y comercial.
- Datos del análogo

- *Cantidad y calidad de la información utilizada en el análisis.*

- Fundamentos o hipótesis sobre los cuales se sustenta la localización.
- Documentación de la evaluación técnica económica y riesgos.
- Datos generales
- Volumetría.
- Probabilidad geológica.
- Probabilidad Comercial.
- Premisas económicas
- Datos del campo análogo.

- *Anexos Técnicos.*

- Mapa base
- Esquema del Objetivo

- 
- ° Columna geológica y profundidad programada.
  - ° Mapa regional del play y prospecto de incorporación de reservas.
  - ° Mapas en tiempo y profundidad de zonas de interés.
  - ° Secciones estructurales y estratigráficas.
  - ° Secciones sísmicas en profundidad que muestren la localización.
  - ° Registros geofísicos de pozos que soporten la propuesta.

- *Documentación de localizaciones exploratorias.*

*Someter Base de usuario de Localización al Equipo VCD de Perforación.* Toda localización de incorporación de reservas debe ser considerada por el personal de Perforación del equipo multidisciplinario para su definición y desarrollo, a tal efecto se debe generar la base de usuario de la localización, la cual debe contener información precisa que asegure el mejor diseño del pozo exploratorio y en consecuencia una eficiente y eficaz ejecución del proceso de perforación, terminación y pruebas del mismo. Las mejores prácticas internacionales en empresas petroleras establecen, que el VCD de Perforación, debe ser realizado para cada proyecto de perforación exploratoria, antes de ser sometido en el ciclo presupuestario en el cual será ejecutado. Esto permite refinar los costos de la perforación, ejecución y los compromisos volumétricos. La “Base de Usuario” de las localizaciones exploratorias se compone de:

- **Identificación del Proyecto**

- ° Fecha de Revisión.
- ° Objetivo del Proyecto.
- ° Ubicación geográfica
- ° Tipo y Uso del Pozo.
- ° Punto focal (VCD de Exploración o VCD de Explotación).
- ° Punto focal del VCD de Perforación.

- **Prognosis Geológica (datos generales)**

- ° Coordenadas de superficie y fondo.
- ° Cima y base de los objetivos primarios y secundarios
- ° Información geológica General
- ° Levantamiento topográfico y tirante de agua.
- ° Zonas de riesgos potenciales (horizontes fallados, zonas de baja y/o alta presión, amargos,

---

zonas de

Diapiros, entre otros)

° Modelo Estructural

- Interpretación sísmica
- Comparta mentalización Estructural
- Echado del yacimiento objetivo y de los intervalos de Sobrecarga.
- Densidad de fallas.
- Caracterización del sistema de fracturas.

° Modelo Estratigráfico

- Información estratigráfica del intervalo objetivo y de sobrecarga.
- Continuidad vertical y lateral.

° Modelo Petrofísico

- Datos Petrofísicos y propiedades de la Roca (Porosidad, Mineralogía, Grado de presión de Poro y de fractura, diagénesis, mecánica, etc.).

° Modelo geomecánico

° Modelo geológico integral

- Mapas Estructurales, Isópacas y de Arena Neta.
- Relación arena neta (impregnada)-arena total (N/G).

• **Programa de Adquisición de Información**

- ° Programa de núcleos y recortes.
- ° Programa de prueba del pozo.
- ° Programa de registros geofísicos / sísmica de pozos
- ° Programas de registros continuos de hidrocarburos (“mud- logging”).
- ° Programas de registros especiales (Fluidos, presión y producción).

• **Información de Ingeniería de Yacimientos de Campos análogos**

- ° Mecanismos de producción y Proceso de Recuperación presentes.
- ° Caracterización y propiedades de los fluidos producidos e inyectados.
- ° Contenido de componentes inertes y gases amargos.
- ° Características físico-químicas del agua de formación.
- ° Problemática de Producción (conificación, arenamiento, finos, asfáltenos, escamas, etc.).
- ° Distribución de fluidos en los intervalos objetivos y de sobrecarga.
- ° Distribución de presiones en los intervalos objetivo y de sobrecarga.
- ° Distribución áreal y vertical de permeabilidades.
- ° Gastos de producción o inyección de fluidos durante el ciclo de vida del pozo.
- ° Esquemas y arreglos de desarrollo.



- 
- ° Requerimientos de tipo (vertical, inclinado, multilateral, horizontal, etc.) y uso (paramétrico, exploratorio, delimitador, desarrollo, inyector u observador) del pozo.
  - ° Visualización de tipo de terminación de pozos productores, inyectores y/o observadores.
  - ° Estrategia de disparos.
  - ° Requerimientos de automatización subsuelo-superficie.

- ***Evaluación de la calidad y confiabilidad de la información suministrada.***

- ***Documentación de la evaluación técnico económica y riesgos.***

- ° Datos generales.
- ° Volumetría.
- ° Probabilidad geológica.
- ° Probabilidad Comercial.
- ° Premisas económicas.

- ***Instalaciones de superficie disponibles.***

- ***Plan Conceptual de desarrollo***

Es importante indicar que esta “Base de Usuario” está hecha en forma general para perforar cualquier tipo de pozo, ya que cada localización tiene sus objetivos, datos y metas particulares, y en muchos casos la información que requiere el VCD de Perforación para la ejecución del pozo no está totalmente completa y dependerá siempre del grado de definición y conocimiento que se tenga del área. Un ejemplo de esto son los pozos exploratorios y los pozos paramétricos) donde la información geológica y de yacimientos proviene de campos análogos.

***Actualizar Modelos de la Oportunidad de Incorporación de Reservas*** Todos los datos e información obtenida del VCD de perforación, y de los procesos de perforación, terminación y pruebas del pozo exploratorio, deben ser analizadas e integrados al modelo geológico integral del prospecto, para su reevaluación y actualización. De haberse obtenido resultados favorables durante la evaluación y prueba del pozo exploratorio, se procede al cálculo del aceite y gas original en sitio y la determinación de las reservas. Estas reservas deben ser

---

calculadas rigiéndose por la normatividad adoptada por la empresa. A continuación se enumeran las tareas más relevantes que soportan estas estimaciones:

- Determinación del tipo y calidad del yacimiento o campo.
- Actualización de mapas isópacos y estructurales según resultados de la perforación.
- Simulación del yacimiento o campo.
- Determinación del Factor de Recuperación (FR).
- Cálculo de aceite y gas original en sitio
- Definición de área de reservas probadas, probables y posibles.
- Cálculo de Reservas Probadas, probables y posibles de aceite y gas.

En el caso en que el pozo no sea exitoso se requiere revisar y analizar el modelo geológico para reevaluar su prospectividad o su exclusión en la base de datos.

#### **4.2.5 Estimar Plan de Ejecución y Costos del VCD campo.**

Se debe elaborar un plan o cronograma de trabajo que contemple las actividades y tareas de caracterización y delimitación del yacimiento descubierto a realizarse en la Fase de Definición. Las actividades a estimar contemplan: asesorías, estudios de campo, captura de datos, pozos delimitadores, trabajos de laboratorio, entre otros, los cuales serán necesarios para mejorar la definición del yacimiento.

Estimar Costos Tomando como base el plan o cronograma previamente establecido se realizan estimaciones de costos para las diferentes actividades y tareas a realizar durante la ejecución del mismo. Este estimado persigue el aseguramiento o disponibilidad oportuna de los recursos financieros necesarios para el cumplimiento de las metas establecidas en el plan.

**4.2.6 Etapa de Definición VCD Campo** Consiste en el esclarecimiento de una oportunidad de negocio conceptualizada anteriormente. En esta fase se deben definir con mayor precisión las principales variables técnicas y los riesgos e incertidumbres del proyecto La fase de Definición (VCD-D) de Exploración, consiste en la caracterización preliminar, delimitación y estimación de reservas 3P de un yacimiento / campo, el cual una vez valorizado, es utilizado en el proceso de Explotación para el diseño de la estrategia de desarrollo del yacimiento / campo, asegurándose así la captura de valor para la corporación.

**Objetivos de la Fase de Definición nivel campo** Caracterizar y delimitar el campo / yacimiento y determinar sus reservas mediante el análisis de datos e información y de los resultados de la campaña de perforación y pruebas de pozos delimitadores, a fin de valorizarlo para el desarrollo del de la estrategia de explotación.

---

### Alcance de la Fase de Definición nivel campo

Definir la mejor estrategia y esquemas de ejecución para:

- Caracterizar con mayor certidumbre el yacimiento / campo.
- Delimitar el yacimiento / campo.
- Estimar y certificar las reservas.
- Valorar el descubrimiento.



Fig. 21 alcance de la fase de definición a nivel campo

Durante la Fase de Definición se realizan un conjunto de actividades y tareas que permiten a los integrantes de los equipos multidisciplinares la materialización del valor del yacimiento y el aseguramiento de la calidad de los productos.

Es importante llevar de manera esquemática el diagrama de las relaciones entre insumos, actividades y entregables de la Fase de Definición del VCD de Exploración. Resaltar además la relevancia que tiene la consideración dentro del proceso el marco regulador y los aspectos habilitadores, tales como las competencias técnicas, los factores conductuales, tecnologías de apoyo y equipos.

En esta fase, como en las anteriores, puede existir la necesidad de tomar decisiones intermedias, previas a la decisión final de la fase, cuyo impacto determinará el nivel de delegación a que deben ser sometidas.

Un Equipo multidisciplinario establecerá los elementos de riesgo que se deben considerar en el análisis económico del yacimiento, las escalas de medición de riesgo, su impacto en costo

---

y tiempo, la probabilidad de ocurrencia y los planes de mitigación para cada factor de riesgo.

Grado de Definición del VCD-D de Exploración El Grado de Definición (Índice VCD-D) es usado para ayudar al equipo de validación (Equipo de Pares) y al Equipo de aprobación (Equipo de Autorización), a entender los riesgos asociados al proyecto. Este índice está generalmente compuesto de varios indicadores que permiten cuantificar el grado de definición de los principales elementos de proceso de Exploración (caracterización, delimitación, estimación de reservas y plan preliminar de desarrollo), a saber:

- Grado de Entendimiento Geológico (Estático).
- Grado de Entendimiento del Flujo de Fluidos (Dinámico).
- Grado de Entendimiento de las Reservas.
- Nivel de Definición de los Pozos.
- Nivel de Definición del Proyecto de Perforación de Pozos.

Estos indicadores se obtienen a partir de una serie de preguntas sobre el grado de definición de cada elemento, cuya respuesta puede ser un número en una escala preseleccionada o respuestas afirmativas (Sí), o negativas (No). Las preguntas son desarrolladas por grupos de expertos, para cada uno de los elementos antes mencionados. A las mismas generalmente se les asigna un peso y se normalizan en una escala de evaluación. En la actualidad, la aplicación de esta práctica a nivel internacional es de uso común en el desarrollo de proyectos en compañías de clase mundial, estando demostrado estadísticamente, que el éxito en la ejecución de proyectos guarda una relación directa con el grado de definición alcanzado. De allí, la importancia de evaluar el grado de definición del proyecto antes de someterlo a aprobación y solicitud de recursos para su ejecución. Generalmente, la evaluación del grado de definición del proyecto es realizada por una organización externa al proyecto, la cual dependiendo de la magnitud y/o complejidad del mismo, podría variar desde una empresa especializada en este tipo de servicio, para un proyecto de gran magnitud y complejidad, hasta un equipo de trabajo proveniente de las coordinaciones técnicas, pero diferente al grupo ejecutor, para el caso de proyectos menores. Entre los beneficios de la aplicación de esta práctica se pueden mencionar los siguientes:

- Permite medir el grado de desarrollo del alcance del proyecto.
- Establece criterios cuantificables y estándares para la selección de las mejores oportunidades de negocio a ser pasados a la fase de ejecución y asignación de recursos.
- Ayuda a predecir factores que impactan el riesgo de desviación del proyecto. Los

---

resultados de los proyectos se pueden pronosticar al comprender la relación histórica entre los impulsores del proyecto (características, tecnología y prácticas de administración de proyecto) y los resultados finales del proyecto.

- Provee a la empresa de una herramienta de “Benchmarking”, para evaluar el grado de definición de proyectos versus indicadores de gestión de proyectos similares (internos y externos) y predecir la probabilidad de éxito de nuevos proyectos.

Otro elemento clave para mejorar la probabilidad de éxito de los Proyectos de Exploración, lo constituye la utilización de Prácticas de Agregación de Valor (VIP), las cuales son prácticas específicas

Aplicadas en las fases iniciales de planeación de proyectos, a fin de mejorar el proceso de creación de valor. Estas prácticas han sido identificadas y validadas por grupos de ‘benchmarking’ internacionales, entre las principales Prácticas de Agregación de Valor se tienen:

- Evaluación y Selección de Tecnologías.
- Análisis de Riesgo e Incertidumbre.
- Modelado de Procesos.
- Modelado Estático del Subsuelo.
- Modelado Dinámico.
- Definición y Diseño de Pozos.
- Efectividad de Equipos de Trabajo.
- Aseguramiento de la Calidad.
- Planeación de Ciclo de Vida.
- Simplificación de Procesos.
- Ingeniería de Valor.
- Diseñar a Capacidad.
- Diseñar a Costo.
- Planeación Estratégica.

Información de proyectos de Exploración y Producción indica que la utilización de Prácticas de Agregación de Valor en la etapa apropiada del ciclo de vida del proyecto, puede reducir costos entre 5 y 15 por ciento.

---

## Entregables

Es el documento final de la Fase de Definición, que contiene todos los elementos necesarios para que los Equipo de Pares y de Autorización dispongan de la información completa y necesaria para generar un dictamen debidamente soportado sobre el proyecto. A continuación se detalla el contenido del VCD-entregable de Exploración:

- Introducción.
- Objetivo y Alcance de la Fase de Definición.
- Descripción del Yacimiento Descubierto
  - Aspectos técnicos.
  - Identificación y Cuantificación de Riesgos.
  - Análisis de Riesgo del Yacimiento.
- Evaluación Técnico - Económica del Yacimiento.
  - Criterios para Evaluaciones Económicas
  - Indicadores Económicos
  - Sensibilidades Técnicas, Económicas y Financieras.
- Descripción del Yacimiento Caracterizado y Delimitado.
  - Aspectos Técnicos.
  - Descripción Geológica y de Ingeniería.
- Evaluación Técnico - Económica del Yacimiento Caracterizado y Delimitado.
- Registros de Riesgo del Yacimiento Caracterizado y Delimitado y Plan de Mitigación.
- Plan Preliminar de Desarrollo del Yacimiento Caracterizado y Delimitado y Costos Asociados

---

### 4.3 PROCESO VCD A NIVEL PROYECTO

**4.3.1 Visualización VCD a nivel Proyecto** La ejecución de todo proyecto debe pasar por 6 fases, a saber: Visualización, Conceptualización, Definición, Ejecución, Operación y Abandono. Estas fases abarcan desde el nacimiento del proyecto, con la identificación y análisis de la oportunidad y determinación de las opciones factibles de ejecución (fase de Visualización), pasando por la selección de la mejor opción desde los puntos de vista técnico, económico y de riesgos (fase de Conceptualización) y el diseño básico, especificación detallada de los elementos principales, delimitaciones y establecimiento de la estrategia de ejecución (en la fase de Definición). Posteriormente, una vez aprobados los recursos financieros, se pasa a las etapas ejecutoras, comenzando por la materialización de la estrategia de ejecución con el diseño detallado de todos los elementos y/o componentes del proyecto, contrataciones, procura de materiales y equipos y construcción (Ejecución), para poder iniciar la operación comercial del proyecto (Operación), hasta agotar su vida útil comercial y finalmente proceder a su terminación, desincorporación de infraestructura y saneamiento de las áreas afectadas (Abandono).

En cada una de estas fases se deben identificar y evaluar las incertidumbres y los riesgos y establecer estrategias para administrarlas, así como determinar y delimitar los objetivos y el alcance del proyecto, además de efectuar evaluaciones técnico-económicas de la(s) opción(es), a fin de procurar la máxima rentabilidad posible de los proyectos de inversión y minimizar la variación entre lo planeado y la ejecución real, en cuanto a alcance, costo, calidad y tiempo, asegurando de esa forma los resultados esperados. Durante la ejecución de cada una de estas fases, se llevan a cabo la recopilación de información, cálculos, simulaciones, ejecución de actividades físicas, según se requiera, análisis y evaluaciones de diversos factores y existen puntos de control técnico específicos, que deben ser verificados por equipos multidisciplinarios compuestos por personal profesional altamente calificado (Grupos de expertos / Equipos de Pares), a fin de garantizar la calidad de los análisis y evaluaciones realizadas. De esas actividades se genera un Documento de Soporte de Decisión (DSD), donde se incluyen todos los documentos generados por el equipo del proyecto sobre el trabajo realizado y sus resultados obtenidos, que sirven de soporte a un equipo colegiado multidisciplinario, para tomar decisiones sobre el proyecto.

Al finalizar cada una de las fases, se verifican hitos de decisión de forma de garantizar que se hayan cumplido con todos los requisitos técnicos, metodológicos y normativos de la empresa; así como, que los proyectos estén alineados a los planes de negocio de la misma y que cada uno, por si mismo, cree valor a la empresa.

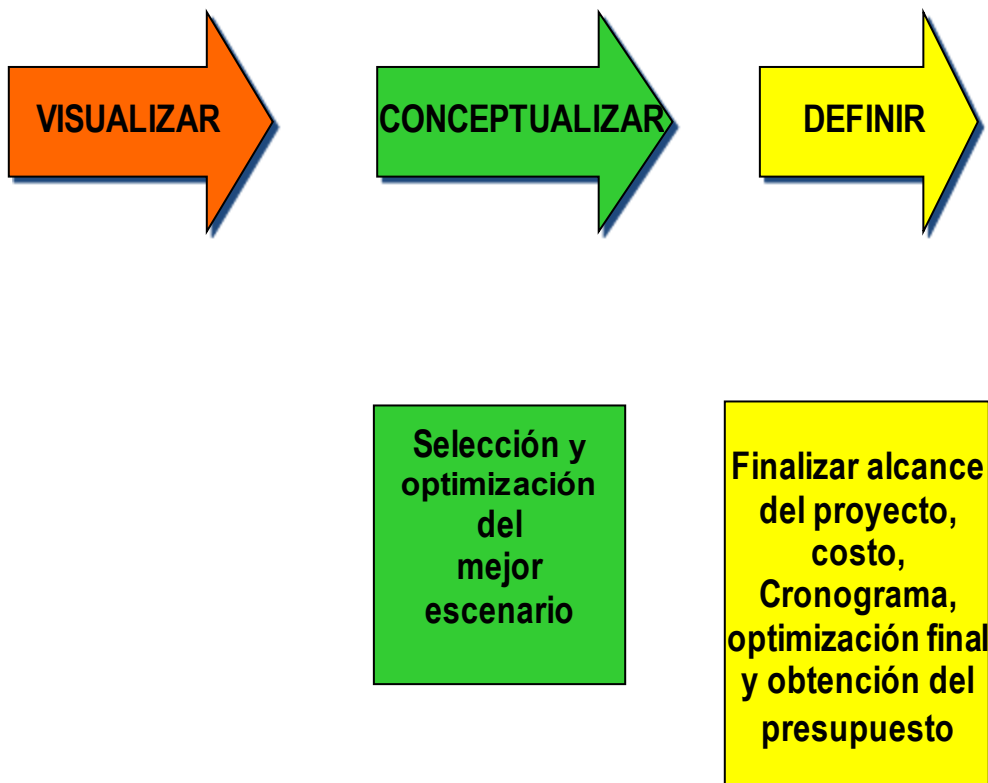


Fig. 22 VCD nivel de decisión proyecto

Las tres primeras fases de la ejecución de un proyecto, es decir, la Visualización, la Conceptualización y la Definición, corresponden a la etapa de planeación y formulación del proyecto, donde se determinan de las características definitivas del mismo y los beneficios para la empresa, con el fin de obtener los recursos técnicos, físicos y financieros para su ejecución. Esta etapa se realiza mediante la aplicación de la metodología VCD, que establece una forma ordenada, documentada y secuencial, con niveles de verificación adecuados en cada fase, para definir sólidamente el proyecto, de forma de garantizar la mayor precisión y calidad posible al momento de su ejecución, maximizando la captura de valor para la empresa, con un mínimo de desviaciones con respecto a los planeado, constituyéndose en una de las mejores prácticas internacionales para la ejecución de las etapas tempranas de los proyectos.



---

Visualización (VCD-V):

Consiste en la determinación y análisis de las oportunidades, definición de los objetivos y del alcance general del proyecto, generación y evaluación técnica y económica preliminar de todas las opciones posibles para su ejecución, así como la identificación de los riesgos mayores. Debido al bajo grado de definición de las opciones visualizadas, a este nivel se elabora para cada opción un estimado de costos Clase V (orden de magnitud), para efectos de determinar su factibilidad. Todas las opciones que resulten técnica y económicamente factibles son propuestas para pasar a la fase siguiente (Conceptualización).

Conceptualización (VCD-C) Consiste en una evaluación más detallada, de las opciones visualizadas en el VCD-V del proyecto, recopilando información adicional, efectuando entre otros, simulaciones, pruebas, cálculos, análisis de incertidumbres y riesgos, con mayor profundidad e integrando resultados de procesos relacionados, de forma de seleccionar la mejor opción para la ejecución del proyecto. A este nivel, se elabora un estimado de costo clase IV (factorizado, referencial). La opción seleccionada (mejor opción desde los puntos de vista técnico, económico y de riesgo), es sometida al equipo de autorización, para decidir sobre su pase a la siguiente fase del VCD (Definición).

Definición (VCD-D): Esta es la fase final del VCD del proyecto. En esta fase se complementa la mejor opción seleccionada con información, cálculos, simulaciones, pruebas y evaluaciones adicionales y se genera el diseño básico, con las especificaciones, las estrategias y los documentos necesarios para la ejecución del proyecto. En esta fase, usualmente también se elaboran dos tipos de estimados de costo, uno clase II, para los trabajos de ejecución preliminares como pruebas piloto y para equipos mayores, de largo tiempo de entrega (que en conjunto con el estimado clase IV del resto del proyecto puede considerarse como un estimado intermedio clase III) y un estimado final clase II, al terminar completamente la fase de Definición del proyecto, que servirá para soportar su aprobación definitiva y la solicitud de fondos para su ejecución. La figura 3 a continuación muestra el VCD en la cadena de valor del proyecto y un resumen de los objetivos de cada fase.

Como se explicó anteriormente, entre cada fase del VCD y la siguiente, se establece un hito de decisión, que es efectuado por un equipo multidisciplinario independiente del ente que coordina el proyecto, cuyo objetivo es analizar detalladamente el trabajo realizado por el equipo del proyecto y soportado por el DSD correspondiente a la fase del VCD en que se encuentre el mismo.

---

En general, la decisión de este equipo multidisciplinario, en cada fase del VCD puede ser:

- a) Aprobación de los resultados de la fase del VCD.
- b) Cancelación o diferimiento del proyecto.
- c) Devolver el proyecto al equipo de trabajo para revisar, modificar, o completar algunos elementos de la(s) opción(es) evaluada(s).

Aunque cada fase del proyecto tiene un principio y una finalización, con elementos claramente definidos, existe siempre un solape entre las mismas, debido a que antes de iniciar la siguiente fase, deben verificarse condiciones tales como la ratificación y/o conformación del equipo de trabajo y la verificación de que se mantienen la validez y aplicabilidad de las premisas, objetivos, alcance y resultados obtenidos en la fase anterior, por lo que el inicio de una fase mantiene un solape de actividades con la anterior, que permite seguir adelante con el proyecto garantizando la continuidad y la consistencia necesarias.

#### **4.3.2 Verificación del Grado de Definición del Proyecto**

Antes de dar por terminada la fase de Definición del proyecto y elevarlo al equipo de decisión, es conveniente determinar su Grado de Definición, para asegurar que los objetivos estén bien definidos, que todas las actividades y tareas necesarias han sido completadas, que todas las opciones factibles han sido analizadas y que todos los factores del éxito, en todas las etapas del proyecto, estén plenamente identificados, de tal forma de poder inferir que el proyecto ha sido definido lo suficiente y, por ende, determinar que su completación es viable en forma exitosa.

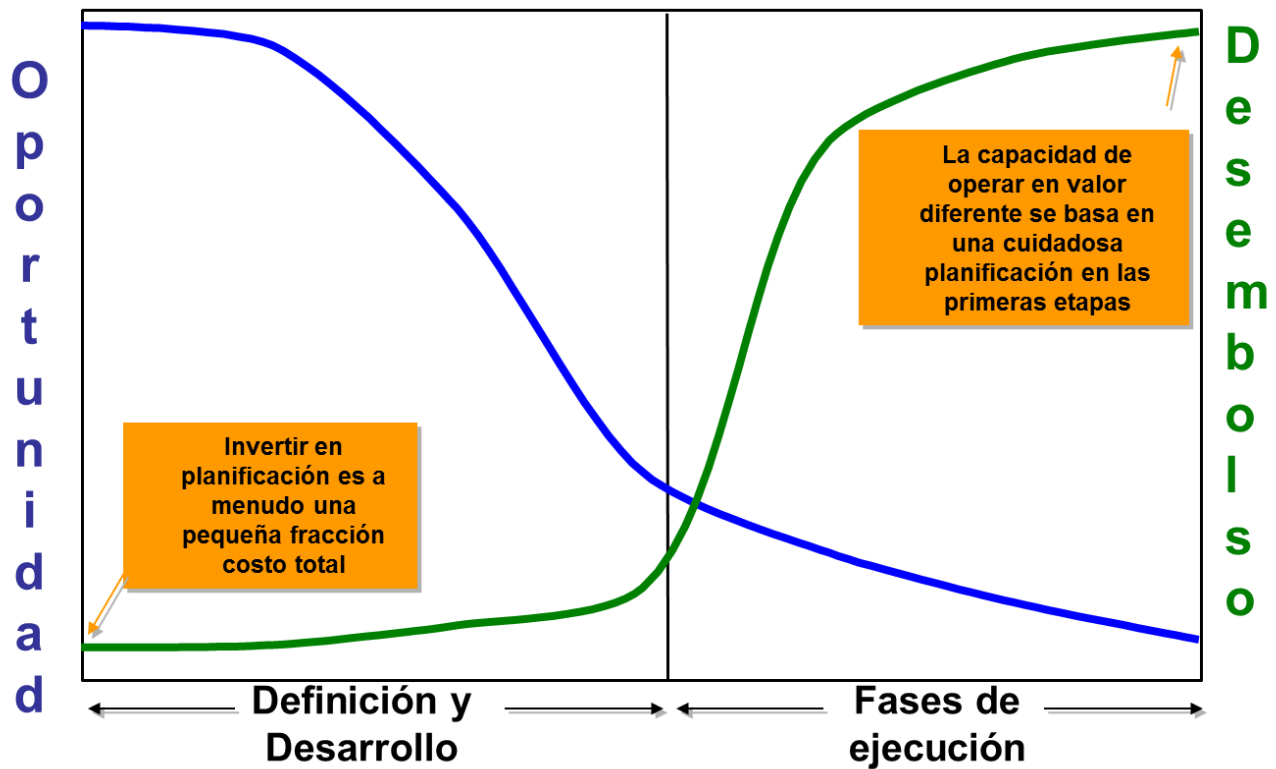


Fig. 23 relación costo Vs Valor

Cabe mencionar que en las etapas tempranas del proyecto, correspondientes a las fases del VCD, la identificación del valor es mayor, mientras que los costos asociados son los menores. A medida que se avanza en el desarrollo del proyecto, la agregación de valor es cada vez menor mientras que el uso de recursos es mayor. Cuando se llega al punto de quiebre, que corresponde al otorgamiento de los contratos de procura y construcción de las instalaciones del proyecto, cualquier esfuerzo de agregación de valor puede significar un alto nivel de costos, con una menor proporción en la captura de valor para el proyecto. De allí la importancia de asegurar la correcta y completa realización del VCD de todos y cada uno de los proyectos, para llevarlos a un nivel de Definición adecuado, antes de solicitar los fondos para su ejecución, ya que está plenamente demostrado que la ejecución de proyectos con un VCD incompleto, genera cambios importantes, con las consecuentes desviaciones en calidad, costo y tiempo, afectando el logro de los objetivos planeados y la rentabilidad integral de la cartera de proyectos de la empresa. Por otra parte, también está plenamente demostrado que el uso de la Metodología VCD en el desarrollo de proyectos genera importantes beneficios a las empresas, entre los cuales podemos mencionar:

- 
- Propicia el trabajo en equipo, con la participación activa de todas las áreas y disciplinas involucradas en los proyectos, donde ninguna de ellas se protagonista, sino que todas aportan en forma armónica sus conocimientos y experiencias, integrando así todas las funciones y requerimientos necesarios, en pro del correcto y completo desarrollo del proyecto.
  - Mejora el flujo de información entre las actividades de una fase y la siguiente, asegurando continuidad en el proceso de formulación del proyecto.
  - Incorpora la identificación y análisis de las incertidumbres y riesgos, desde las fases tempranas, para prever medidas de administración y mitigación, lo cual asegura una visión más completa en la evaluación de opciones.
  - Brinda información más completa y consistente a los niveles decisorios, para la conformación de una Cartera de Proyectos más rentable y adecuadamente jerarquizada.
  - Facilita el registro y divulgación de las mejores prácticas y lecciones aprendidas.
  - Mejora la posibilidad de una ejecución física con alta calidad, mínimos cambios, y al menor costo, maximizando la captura del valor y una mejor rentabilidad de las inversiones

Los beneficios de la aplicación de VCD en los proyectos, se ven potenciados cuando son complementados con un conjunto de prácticas de agregación de valor, como la implantación de recomendaciones de estudios de “benchmarking”, simplificación y estandarización de normas, especificaciones y procedimientos, de racionalización y normalización de actividades, entre otras.

#### **4.3.3 Selección del método de evaluación**

Esta fase es muy significativa, ya que en dicha fase se definirán y clasificarán las unidades de inversión, seleccionadas, previamente analizadas en las dos etapas anteriores, en este nivel se seleccionan dos alternativas a nivel yacimiento-campo, o yacimiento proyecto, en estas dos ramas se analizarán las opciones de exploración y ejecución adecuados para su explotación, tomándose en cuenta todas las variables que influyen para ejecutar cada escenario, el cual podemos llamar unidad de inversión.

Cada unidad de inversión se someterá a un análisis económico exhaustivo, para lo cual se analizarán las reservas probadas y probables, las reservas desarrolladas y no explotadas, el número de pozos que se requieren perforar, las instalaciones de producción necesarias para solventar la producción estimada, y así sucesivamente, por lo cual es de suma importancia el análisis y el método de evaluación y el nivel de decisión al cual se enfoque cada unidad de inversión.



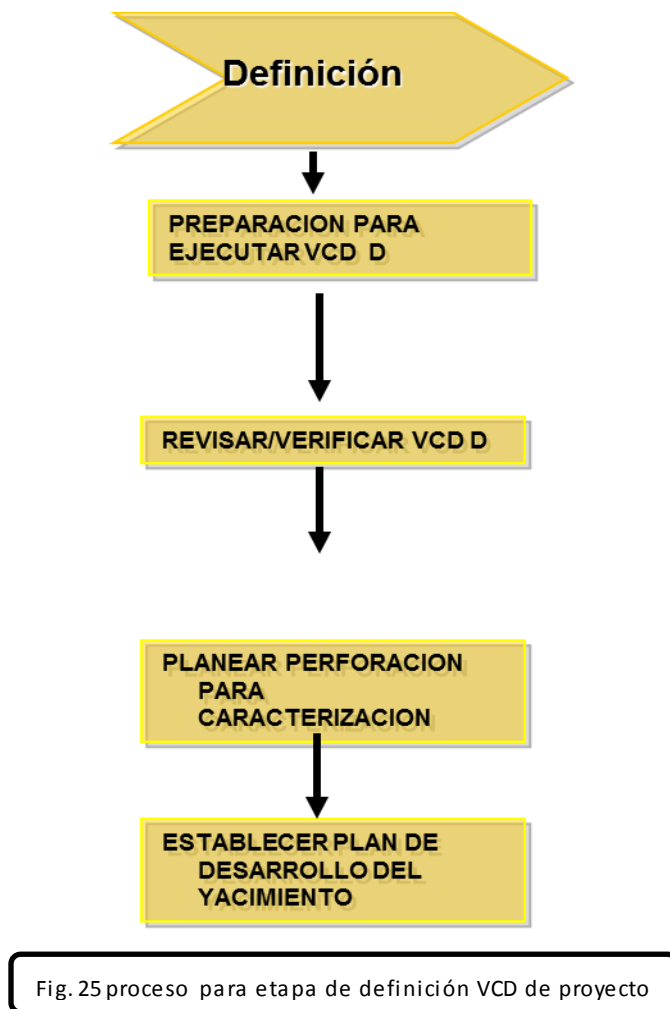
Fig. 24 clasificación de unidades de inversión para identificación de tipo de análisis requerido

Existen ciertos casos donde se clasifican las reservas probables en reservas probadas

---

incluyéndose las reservas desarrolladas no explotadas. Hay casos particulares donde pueden llegar a incrementarse las reservas probadas, también se incluyen pozos en un campo de explotación, reparaciones mayores que permitirán explotar nuevos intervalos reclasificando las reservas probadas, esto nos dará como resultado el costo involucrado al momento de abandonar el campo ya explotado.

**4.3.4 procedimiento de Evaluación económica a nivel Proyecto** Determinar la Rentabilidad del Yacimiento Delimitado Tomando como base las características técnicas del campo / yacimiento, los estimados de inversiones y costos, volúmenes a producir, los perfiles de costos de operación, los indicadores económicos y las premisas corporativas, se ejecutan una serie de tareas para la determinación de la rentabilidad del campo / yacimiento. La figura que se muestra a continuación, lista las tareas principales requeridas para conducir esta actividad.



---

### **Realizar Evaluación Económica a nivel proyecto**

La estimación de la economía del campo o yacimiento debe ser realizada con el apoyo de los Ingenieros de Yacimiento, Desarrollo de yacimiento / campos, Infraestructura, Producción, Mantenimiento y Construcción de Pozos, Tecnología y Analistas de Gestión y Presupuesto, Planeación, quienes conceptualizan y determinan los parámetros para efectuar las evaluaciones económicas. Los elementos a considerar son:

#### **• De Yacimiento:**

- ° Perfil de producción de aceite, por año. En el caso de proyectos de producción de gas, se requiere el perfil de gas por año.
- ° Grados API° promedio del aceite a producir a nivel de pozo.
- ° Perfil de Relación Gas Aceite / Líquidos del Gas Natural para efectos de valorización del gas.
- ° Perfil de erogaciones (inversiones y gastos) para la perforación de pozos, reparaciones e instalaciones de producción y/o inyección.
- ° Área de producción, segregación y tipo de crudo.

#### **• Económicos:**

- ° Año Base
- ° Horizonte de Análisis Económico.
- ° Límite Económico

#### **• Elementos Corporativos:**

- ° Paridad Cambiaria.
- ° Tasa de descuento.
- ° Régimen Fiscal.
- ° Escenario de Precios según calidad de aceite/gas.
- ° Distribución de costos adicionales (edificios para oficinas, sistemas de seguridad, entre otros).
- ° Esquema de depreciación.
- ° Costos de Producción por tipo de hidrocarburo.
- ° Consideraciones de Financiamiento (porcentaje a financiar, tasas, tiempos de pago, etc.).
- ° Indicadores económicos y rangos para considerar rentabilidad de proyecto.

---

Esta información debe ser incorporada a la herramienta de cálculo corporativa destinada a este fin o en su defecto a cualquier otra herramienta para análisis económico de producción. Los resultados obtenidos a través de esta herramienta (indicadores económicos principales tales como: VPN, VPI, TIR, EI, TP) se comparan con los indicadores mínimos establecidos por la corporación para considerar un proyecto económicamente rentable.

Realizar Sensibilidades y Análisis de Riesgo Para efectuar el análisis de sensibilidad, se hace nuevamente uso de herramientas de análisis. De uso común son: los Diagramas de Araña, Árbol de Decisiones, Tornado y Simulación Montecarlo, los cuales proporcionan resultados, en algunos casos, similares mostrando el comportamiento de los indicadores económicos frente a variaciones porcentuales de los siguientes elementos: precio de venta, perfil de inversiones, perfil de gastos, perfil de producción y costo de producción. Para efectuar el análisis de riesgo por escenario, se establecen las probabilidades de éxito de cada una de las opciones de decisión y los valores de los indicadores económicos asociados a cada opción. Las probabilidades de ocurrencia de los eventos y los indicadores económicos de cada ruta de decisión, constituyen los datos de entrada de las diferentes aplicaciones de computación existentes para estos propósitos, las cuales proporcionan la rentabilidad final de cada escenario afectada por las probabilidades de ocurrencia de cada evento.

**Establecer Rentabilidad del Campo / Yacimiento.** Realizadas las sensibilidades y establecidas las probabilidades de ocurrencia de los eventos de riesgo, se debe comparar la rentabilidad de cada escenario con los lineamientos corporativos establecidos en el Plan de Negocios, para determinar preliminarmente la rentabilidad del proyecto de desarrollo del campo/ yacimiento.

Esto permite establecer el valor del nuevo campo y su rentabilidad futura. Finalmente, se debe elaborar un informe con la descripción de todos los análisis y sensibilidades realizadas al Plan Preliminar de Desarrollo. Dicho informe debe llevar anexo todas las minutas de las reuniones que se llevaron a cabo con todos los especialistas involucrados en el proyecto, así como todo el material técnico que soporta el estudio.

Este informe debe ser discutido y analizado con un grupo de expertos constituido por: representantes de las Coordinaciones Técnicas de Exploración y Explotación y profesionistas de la Subdirección de Planeación y Evaluación, quienes revisan y certifican los cálculos de reservas establecidos para el desarrollo preliminar.



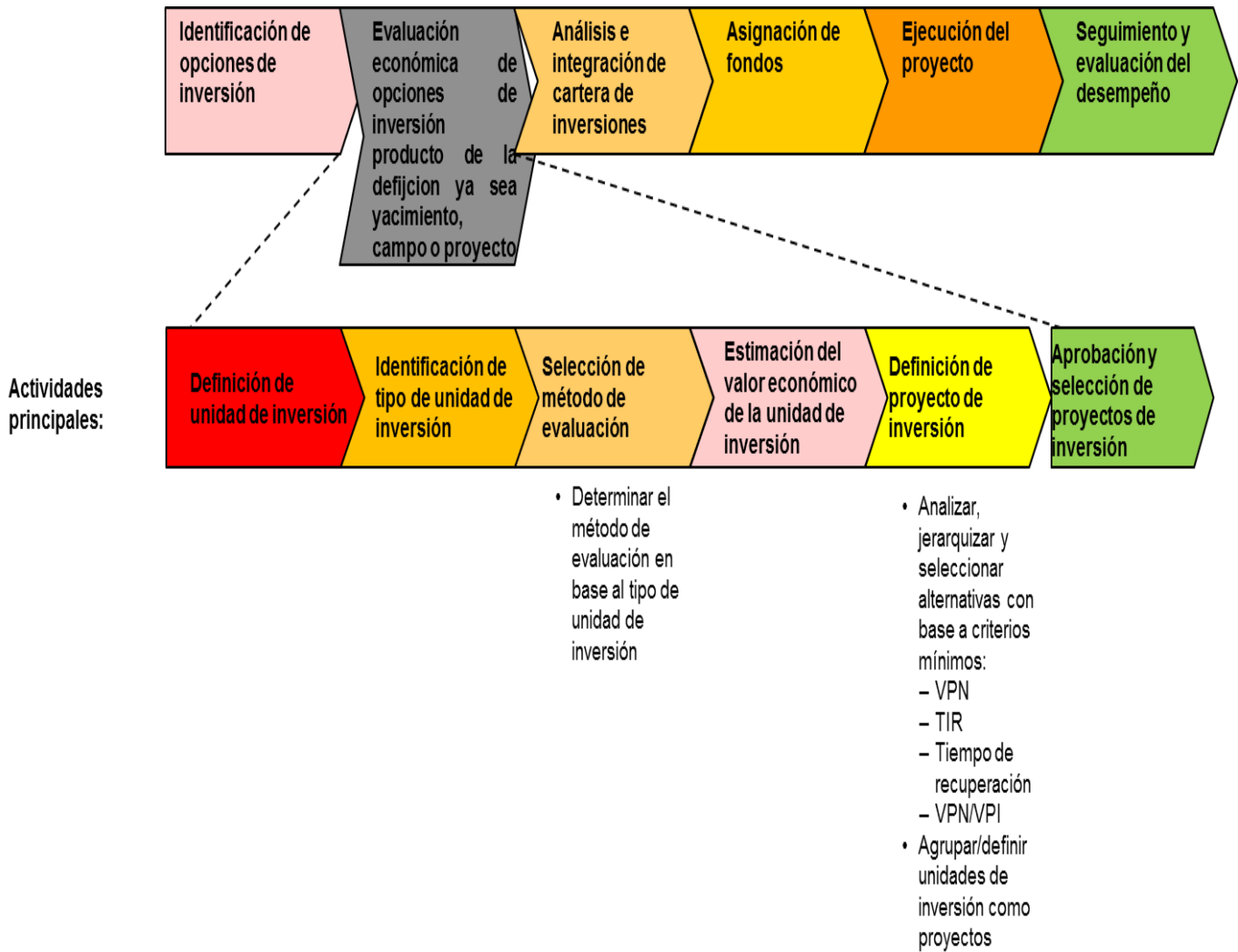


Fig. 26 proceso para la evaluación económica derivada de la fase de definición VCD proyecto

#### 4.3.5 Descripción del cálculo del valor presente neto VPN a nivel proyecto

El indicador económico de mayor utilidad en el proceso de toma de decisiones con relación a propuestas de inversión, ( en este caso para cada unidad de inversión) es, sin duda alguna, una representación gráfica del valor presente neto del flujo de efectivo de la propuesta, a distintas tasas de descuento o de actualización.

Aquella gráfica que relaciona el VPN de una propuesta, con la tasa de descuento que se haya usado para el cálculo de dicho valor se define como el Perfil del Valor Presente Neto de una propuesta.

---

Esa representación gráfica permite una visualización del tipo de propuesta que se está evaluando, así como el efecto de la tasa de descuento sobre el valor presente neto y otros indicadores cuantitativos que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, sino que permite eliminar la confusión que resulta de emplear diferentes indicadores económicos.

Pasos a seguir para la construcción del Perfil del VPN:

- Es requisito elaborar el PVPN a partir de una tasa de descuento de cero hasta una tasa de descuento superior a la tasa interna de retorno (véase TIR), si esta es demasiado alta, escoja un valor razonable de descuento, usualmente el 100%.
- Luego se hace notar que a una tasa de descuento de cero, el VPN es simplemente igual al total de los flujos de efectivo no descontado de la propuesta (indicador Ganancia), por lo tanto, este procedimiento permite obtener el punto de corte con el eje de las ordenadas.
- Seguidamente se calcula el VPN de las propuestas a diferentes tasas de descuento, digamos 5, 10, y 15%, y posteriormente graficando los valores obtenidos de VPN.
- Es importante recordar que la TIR se define como la tasa de descuento a la cual el VPN de los flujos de caja para una propuesta es igual a cero, por lo tanto, el punto en el que el perfil del VPN cruza el eje horizontal indicará la TIR de la propuesta

Para efectos de un en una unidad de inversión en la industria petrolera se toman como datos el volumen de crudo en MMB, el precio unitario del crudo, los gastos de operación mantenimiento y transporte, las inversiones los ingresos y egresos totales, y con dicha información se calcula el VPN como se muestra en el diagrama siguiente. Como lo dice el método para que un proyecto sea rentable su VPN debe ser mayor o igual a cero.

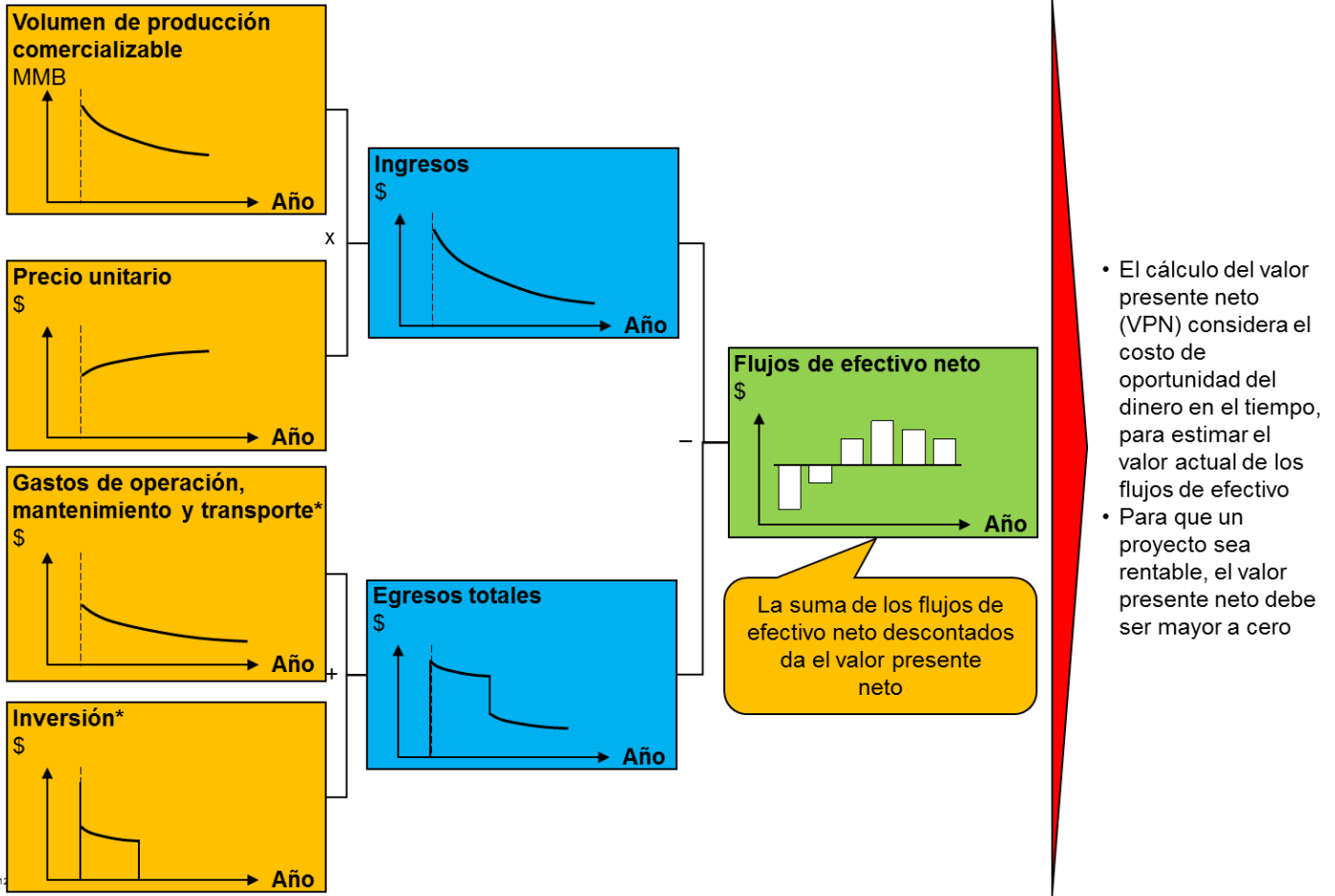


Fig. 27 metodo para el cálculo del VPN a nivel VCD proyecto

**Fases para el cálculo de los flujos de efectivo.**

Todo proceso de inversión genera un flujo de caja, también llamado flujo de efectivo, lo cual no es más que el resultado de la cantidad de dinero que va a ingresar y egresar de las arcas del inversionista, llámese empresa productora, de servicios, de comercio, etc. Como consecuencia de la inversión bajo consideración el flujo de caja puede ser determinado para cualquier período: semana, mes, año, etc. Se determina con los ingresos y egresos que durante el horizonte económico establecido genere la propuesta, la estimación del flujo de efectivo constituye la primera fase de evaluación. La buena calidad de las estimaciones y el mayor conocimiento respecto a las variables a ser consideradas inciden en la obtención de resultados más reales. Por lo tanto, el Flujo de Caja neto estará representado por la diferencia entre los ingresos y los egresos:

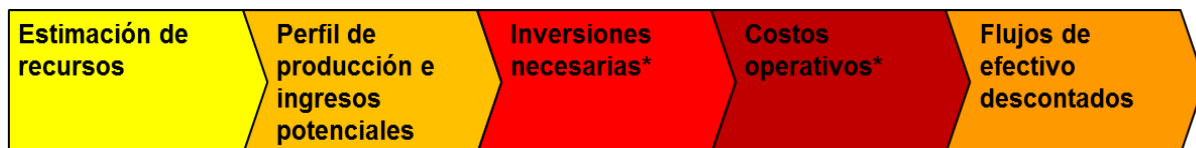
---

### ***Flujo de Caja = Flujo de Ingresos - Flujo de Egresos***

El flujo de ingresos lo componen todas aquellas entradas líquidas generadas por el proyecto, representadas por las ventas de producción, servicios, etc. De manera similar, el flujo de egresos lo componen todas aquellas salidas líquidas (pagos) que se requieren para la ejecución del proyecto. En la industria petrolera, éste se compone principalmente por la inversión, los costos de personal, los costos por mantenimiento y operación, los impuestos, las regalías, el capital de trabajo, etc. A los efectos de la evaluación financiera de proyectos se consideran, generalmente, los flujos anuales relativos a las inversiones, como si estas tuvieran lugar al principio del período, y al final del período, para el caso de los ingresos y otros egresos. Esta consideración, si bien no representa con exactitud la realidad operativa del negocio día a día, es compensada por la simplificación de los cálculos y las estimaciones, con un grado de desviación aceptable, lo cual se conoce como descontar discretamente, aun cuando existen empresas que utilizan el método del descuento continuo.

El estado financiero que presenta el balance de los ingresos y egresos efectuados por cada uno de los organismos y en forma consolidada. Los ingresos se encuentran representados por ventas internas, ventas inter organismos, exportaciones e ingresos varios y los egresos por gastos de operación e inversión, compras interorganismos, impuestos directos e indirectos, pago de intereses y rendimientos.

El proceso para el calcular dichos flujos de efectivo en un proyecto petrolero, comprende la estimación de recursos, los perfiles de producción, las inversiones necesarias, los costos de operación, y los flujos de efectivo descontado, y la conjugación de estos factores nos dará como resultado los flujos de efectivo. A continuación se mostrara un diagrama donde aparecen las actividades y el proceso a seguir para el cálculo de dicho flujo de efectivo.



	<b>Estimación de recursos</b>	<b>Perfil de producción e ingresos potenciales</b>	<b>Inversiones necesarias*</b>	<b>Costos operativos*</b>	<b>Flujos de efectivo descontados</b>
<b>Actividades:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimar (corroborar) recursos en base a información disponible (v.gr., análisis geológicos y petrofísicos, pronósticos de producción, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimar el perfil de producción para la vida útil del proyecto:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gasto de producción</li> <li>– Producción máxima</li> <li>– Tasa de declinación</li> <li>– Etc.</li> </ul> </li> <li>Definir precios futuros del hidrocarburo a producir (premisa corporativa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir todas las inversiones necesarias (y sólo las necesarias) para capturar el valor económico de la producción:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Estudios exploratorios</li> <li>– Infraestructura</li> <li>– Perforación</li> <li>– Otras</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcular los costos operativos del proyecto**:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mano de obra</li> <li>– Transporte</li> <li>– Mantenimiento</li> <li>– Materiales</li> <li>– Servicios generales</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcular los flujos de efectivo (ingresos menos costos operativos en efectivo e inversión)</li> <li>Descontar flujos de efectivo dada una tasa de descuento (premisa Corporativa)</li> </ul>
<b>Productos finales:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recursos estimados y clasificados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingresos estimados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de inversión para cada periodo del proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costos operativos para cada periodo del proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valor presente neto como suma de los flujos de efectivo descontados</li> </ul>

Fig. 28 fases para el cálculo de flujos de efectivo

#### 4.3.6 Criterios para aprobar y seleccionar proyectos de inversión. (VCD definición)

Durante el proceso de definición del VCD llegamos, en la categoría de la evaluación del proyecto, una vez calculado el VPN así como los flujos de efectivo, se tiene las herramientas suficientes para seleccionar y aprobar las mejores proyectos de inversión, y así definir cuáles son más rentables, el siguiente diagrama nos muestra los criterios y comentarios que se deben tomar en cuenta para aprobar y seleccionar dichos proyectos.

---

## Criterios

## Comentarios

### Criterios para proponer proyectos de inversión

- VPN positivo, descontado al costo de capital preestablecido

- Los criterios mínimos para proponer proyectos de inversión a la Subdirección de Planeación funcionan como filtro para asegurar que todos los proyectos propuestos proporcionan valor económico

### Criterios para seleccionar proyectos de inversión

- Valor presente neto (VPN)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Tiempo de recuperación de la inversión
- Perfil de riesgo
- VPN/VPI\*
- Costo de equilibrio

- A través de los criterios para selección de proyectos se maximiza el valor de la cartera de proyectos de inversión dado un presupuesto:
  - Estos criterios determinan cuáles proyectos serán fondeados
  - Reflejan las metas corporativas maximizando el valor económico

Fig. 29 criterios para aprobación y selección de proyectos de inversión

Para la selección del proyecto o unidad de inversión se deben analizar cada criterio, definiéndose y saber la aplicación y las repercusiones que este va tener sobre el proyecto. Los criterios de selección más importantes y que definirán el proyecto o unidad de inversión, son; valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR), tiempo de recuperación de la inversión, el perfil de riesgo, la relación del VPN/VPI y el precio actual en el mercado del hidrocarburo, a continuación se muestra un diagrama de dichos criterios con su definición y aplicación para el criterio de selección del proyecto.

	Definición	Aplicación
<b>Valor presente neto (VPN)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor presente de todos los flujos de efectivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite jerarquizar los proyectos propuestos de mayor a menor valor económico</li> </ul>
<b>Tasa interna de retorno (TIR)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos positivos (ingresos) con el de los flujos negativos (costos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza para comparar si la tasa de retorno es mayor a la tasa de descuento utilizada por la institución</li> <li>• Permite comparar la rentabilidad de los proyectos</li> </ul>
<b>Tiempo de recuperación de la inversión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de años necesarios para recuperar la inversión del proyecto, es decir, el momento en que los ingresos acumulados empiezan a ser mayores a las inversiones acumuladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza para determinar si el periodo de recuperación es aceptable para la administración, dadas las características de la industria</li> <li>• Permite comparar proyectos excluyentes entre sí</li> </ul>
<b>Perfil de riesgo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probabilidad de que un proyecto genere un valor presente negativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite determinar la probabilidad de que un proyecto de alto riesgo (v. gr., Exploración) presente un valor presente menor a cero</li> </ul>
$\frac{VPN}{VPI}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor presente neto dividido entre el valor presente de todas las inversiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcula el número de veces que el proyecto recupera su inversión, con objeto de comparar proyectos de órdenes de magnitud muy diferentes</li> </ul>
<b>Precio de equilibrio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio del hidrocarburo principal que genera un VPN igual a cero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estima el precio requerido para cubrir los costos de operación e inversiones</li> </ul>

Fig. 30 criterios de selección de proyecto

#### 4.3.7 Evaluación económica a nivel yacimiento, campo y proyecto.

Teniendo los elementos y criterios necesarios para la selección de un proyecto, se puede llevar la evaluación económica a nivel de campo o a nivel de yacimiento, que quiere decir esto; que se puede definir la rentabilidad del proyecto a nivel campo, dentro de cierto yacimiento, ya que al hacer la evaluación económica solo de un campo, este podría resultar más rentable que explotar el campo completo, o viceversa, pudiera ser la rentabilidad de un campo sea total, y así sucesivamente, esto dependerá de las características del yacimiento, y

---

de toda la gama de estudios que se le hayan hecho, para su evolución económica, es decir que podemos catalogar al yacimiento y al campo por separado, como unidades de inversión o incluso tomar el proyecto completo, que podría incluir varios campos dentro de un yacimiento y este se tomaría como una sola unidad de inversión la cual puede ser completamente rentable, tomando todos los criterios, combinaciones y escenarios previamente evaluados para llegar a esa conclusión. A continuación se presenta un pequeño esquema de cómo se puede fraccionar dichas unidades de inversión para aplicarles su evaluación económica, una vez teniendo la unidad de inversión más rentable se procede a asignar los recursos para ejecutar el proyecto de una manera más eficiente.

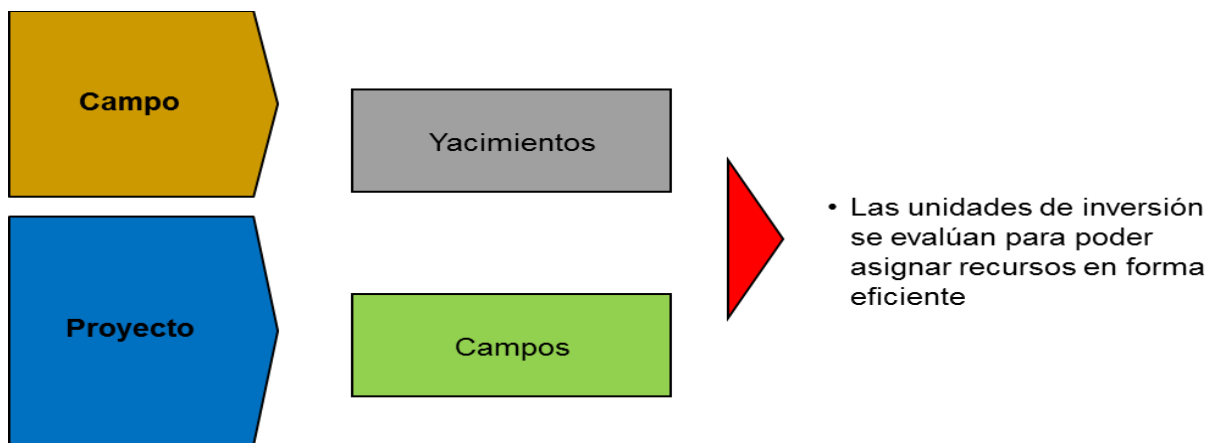


Fig. 31 evaluación económica de unidad de inversión



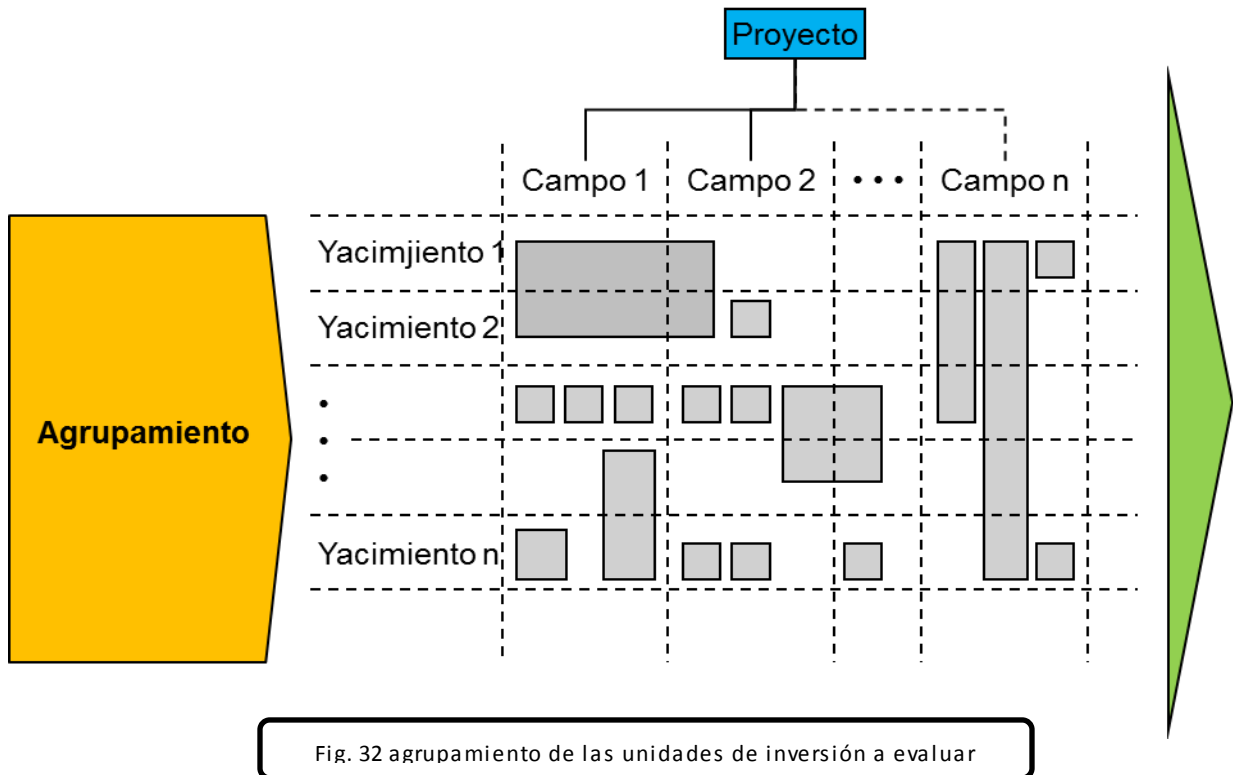


Fig. 32 agrupamiento de las unidades de inversión a evaluar

Tomar decisiones oportunas y correctas para definir el nivel de decisión de un proyecto es clave para el éxito de una organización. En los últimos años, la tecnología ha ofrecido diversas herramientas que prometen resolver todos los problemas con sólo pulsar un botón. La creencia de que a mayor información mejor decisión es razonable, pero no siempre cierta. La información es una condición necesaria pero no suficiente para tomar una decisión. Algunas empresas petroleras sufren el síndrome de “ la parálisis por análisis”: las decisiones se demoran con la excusa de hacer un nuevo escenario, obtener un dato adicional, conseguir más información, implantar un nuevo sistema y así hasta el cansancio. Esta conducta muestra que, además de mejor información, se requiere también dinamismo y voluntad de acción para enfrentar las dinámicas necesidades de las compañías petroleras.

Una decisión puede ser buena aunque su resultado sea malo.

- Tomar decisiones es quizás la habilidad (aptitud) más importante para una Compañía petrolera exitosa.
- Como el ambiente de gerencia es incierto y cambiante, el objetivo de las Decisiones es minimizar la probabilidad de que ocurran resultados indeseables y anticipar las medidas correctivas.

- 
- El objetivo de las técnicas probabilísticas y no probabilísticas es reducir la incertidumbre y cuantificar el riesgo, además de mejorar las oportunidades de éxito en el control de la compañía y la toma de decisiones.
  - Las técnicas y los indicadores económicos analizados suministran las bases para evaluar cada propuesta de exploración y producción de petróleo y gas natural.
  - Independientemente del tipo de problema que confronte al tomar una decisión, siempre es más conveniente explorar con más profundidad el proceso de cómo se llegó a la decisión, por cuanto, la decisión puede variar según la estrategia utilizada y se podrá controlar el principio que rige toda decisión, maximizar la ganancia o disminuir el riesgo

---

## CONCLUSIONES

---

Sin duda la Aplicación de la metodología VCD, en los proyectos de inversión, aplicados a la industria petrolera, ha traído resultados favorables no solo en el ámbito de las ganancias, si no también, en la manera de vislumbrar un proyecto, es decir, esta metodología, no solo nos habla de evaluación económica, nos habla de una nueva manera de estructurar, cada fase y cada rubro durante el desarrollo de nuestros proyectos, lo cual ha dado armas a los expertos en cada área evaluación, para poder descartar los elementos negativos que pueden llegar a afectar el éxito del proyecto.

El VCD aplicado en la cadena de valor de exploración y producción, es una herramienta esencial, ya que con esta, se podrá administrar de manera eficiente y rentablemente, la exploración y la planeación, para la explotación de nuevos campos. Es decir, este trabajo puede ser una herramienta o guía, aplicable, en la evaluación de proyectos, enfocado, principalmente a la parte de planeación de un proyecto, analizando esta cadena de valor, entre la parte de exploración, y ejecutando de la parte de producción, de manera eficiente, reduciendo al máximo los riesgos y externalidades, que dicho proyecto pueda tener, finalmente esto se traducirá en resultados favorables, y éxito en el proyecto.

La metodología VCD aplicada a la cadena de valor, mencionada en este trabajo, podría decirse de una manera coloquial, como un traje a la medida, de las necesidades de un proyecto, y se realizó de esta manera debido a que cada proyecto sigue distintos objetivos y cuenta con información y herramientas diferentes, para planearse, por lo cual, el VCD en una herramienta que se adapta a las necesidad de cada proyecto, con lo cual se concluye que vcd no solo es aplicable a la cadena de valor exploración producción, sino también a las distintas áreas del sector petrolero, proyectos enfocados a la parte de yacimientos, perforación, producción, o la cadena de valor de todos en su conjunto, aislando cada fase, y evaluando según sean las necesidades del mismo.

---

## Índice de Figuras

---

Fig. 1.- Esquema del proceso VCD dependiendo del nivel de decisión-----	pág. 2
Fig. 2 Ecuación VPN (valor presente Neto) -----	pág. 5
Fig. 3 Costo anual equivalente -----	pág. 6
Fig. 4 proceso de definición VCD-----	pág.18
Fig.5 proceso de decisión VCD-----	pag.19
Fig.6 influencia de la inversión en el valor del proyecto -----	pag.20
Fig.7 línea de acción de un proyecto -----	pag.22
Fig.8 proyecto integral -----	pag.23
Fig.9 Desarrollo del proyecto integral -----	pag.24
Fig.10 VCD de proyectos integrales-----	pag.26
Fig.11 VCD en la cadena de valor del proyecto-----	pag.27
Fig.12 jerarquización de escenarios VCD -----	pag.37
Fig.13 Efectos positivos de una externalidad-----	pag.44
Fig.14 Efectos negativos de una externalidad -----	pag.45
Fig.15 proceso VCD a nivel de yacimiento -----	pag.52
Fig.16 Estructura del equipo de Trabajo -----	pag.53
Fig.17 Etapa de conceptualización VCD a nivel campo -----	pag.64
Fig.18 Alcance de la fase de conceptualización VCD a nivel campo -----	pag.65
Fig.19 Análisis de la etapa de conceptualización a nivel campo -----	pag.66
Fig.20 Proceso de interpretación y validación de información -----	pag.72
Fig.21 Alcance de la fase de definición a nivel campo -----	pag.80
Fig.22 VCD a nivel de decisión proyecto -----	pag.85
Fig.23 Relación costo valor -----	pag.88

---

Fig.24 clasificación de unidades de inversión para análisis requerido -----	pag.90
Fig.25 proceso de definición VCD a nivel Proyecto -----	pag.91
Fig.26 Proceso para la evaluación económica derivada de la fase de definición -----	pag.94
Fig.27 Método para el cálculo del VPN -----	pag.96
Fig.28 Fases para el cálculo de flujos de efectivo -----	pag.98
Fig.29 Criterios para la aprobación y selección de proyectos de inversión -----	pag.99
Fig.30 criterios para selección de un proyecto -----	pag.100
Fig.31 Evaluación económica de unidad de inversión -----	pag.101
Fig. 32 Agrupamiento de las unidades de inversión a evaluar-----	pag.102

---

## BIBLIOGRAFIA

---

BIERMAN H., y otros (traducido por Ernesto Morales). Análisis Cuantitativo para la Toma de Decisiones. 8va edición. Edit. Mosby – Doyma, división IRWIN. España, 1996.

FAGERSTONE, Dennis E., y Steven Dalto. “Exploratory Prospect Evaluation by Monte Carlo Simulation”, paper SPE 6085. Conferencia técnica anual, New Orleans, octubre, 1976

FRASER H. Allen y Richard D. Seba. Economic of Worldwide Petroleum Production. Publicaciones OGNC (Oil & Gas Consultants International). Tulsa, Oklahoma, 1993

HARVEY Helen E., y otros. “A Risk and Economic Evaluation Tool for Management of Operating Costs”, paper SPE 64448, Conferencia de gas y petróleo y exhibición, Australia, octubre, 2000.

MOORE C. R., y Tucker J. W. “Ranking Exploration Opportunities –Some New Approaches”, paper SPE 30054, Presentado en el simposium de Evaluación Económica. Texas, 1995

MYERS Raymond H., y Ronald E. Walpole. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. 3era edición. Edit. Interamericana. México, 1986.

SCHUYLER John R. “Rational is Practical: Better Evaluation through the logic of Shareholder Value”, paper SPE 30066. Presentado en el simposium de Evaluación Económica. Texas, 1995

Documento Rector para el Diseño, Documentación y Dictamen de Proyectos de Explotación. PEMEX PEP 2010

WALLS Michael R. “Corporate Risk Tolerance and Capital Allocation: A Practical Approach to Implementin and Exploration Risk Policy”, paper SPE 28281, publicado en la JPT, abril, 1995.