

DESARROLLO ESTRATÉGICO DE YACIMIENTOS MADUROS

Lucas Gabriel Reboredo, Juan Manuel Eberlé
TECNA S.A.

SINOPSIS

El desarrollo intensivo de un yacimiento maduro implica un incremento continuo en la capacidad de las instalaciones de superficie, incorporación de nuevas tecnologías, incremento de la demanda energética y reestructuración de la organización para hacer frente a las nuevas exigencias implícitas en el desarrollo.

Las inversiones en yacimientos “maduros” se encuentran mayoritariamente asociadas al desarrollo agresivo de la recuperación secundaria, siendo los flujos de caja proyectados dependientes de los pronósticos de producción de petróleo. Los inversores pretenderán de alguna forma minimizar el riesgo asociado a la imprevisibilidad de los mismos. Por este motivo las decisiones de inversión se encuentran confrontadas entre dos posturas extremas, invertir en los activos fijos necesarios para enfrentar el desarrollo en el corto plazo versus realizar fuertes inversiones iniciales cubriendo los requerimientos basados en los pronósticos a largo plazo.

En este trabajo se plantea cómo, mediante el análisis conceptual del yacimiento, no sólo se pueden sentar las bases de conciliación entre las dos posturas citadas anteriormente, sino también establecer el plan maestro para el desarrollo estratégico de un yacimiento maduro. Hablamos de estrategia ya que mediante la integración conceptual del yacimiento, se determinarán las metas y objetivos básicos a largo plazo, así como la adopción de líneas de acción y los criterios de asignación de recursos necesarios para llevar a cabo dichas metas.

INTRODUCCIÓN

La tendencia creciente de los precios del petróleo es favorecida por el aumento sostenido de la demanda mundial, la cual crece a tasas aceleradas y a un ritmo mayor que la oferta, y con una producción mundial que aún se encuentra lejos de su potencial. En este contexto, se tornan rentables las inversiones en yacimientos “maduros” caracterizados por mayores demandas de capital necesarias para sostener o incrementar los volúmenes de producción.

En general, los factores que condicionan las decisiones relacionadas con el desarrollo de un yacimiento maduro son los siguientes:

- ✓ Rentabilidad esperada de los proyectos de recuperación secundaria.
- ✓ La incertidumbre asociada a los pronósticos de producción.
- ✓ Incremento de la demanda de energía del yacimiento asociada a proyectos de recuperación secundaria.
- ✓ Nuevas tecnologías disponibles en el mercado.
- ✓ Necesidad de inversiones en instalaciones de superficie y ductos.

La compleja interrelación entre estos factores impone la necesidad de pensar estratégicamente el desarrollo del yacimiento. Hablamos de estrategia ya que mediante la integración conceptual del yacimiento, se determinarán las metas y objetivos básicos a mediano y largo plazo, así como la adopción de líneas de acción y los criterios de asignación de recursos necesarios para llevar a cabo dichas metas. El objetivo de este trabajo es presentar una metodología, la cual mediante la integración conceptual del yacimiento, sirva como herramienta para el desarrollo óptimo del yacimiento.

DESARROLLO

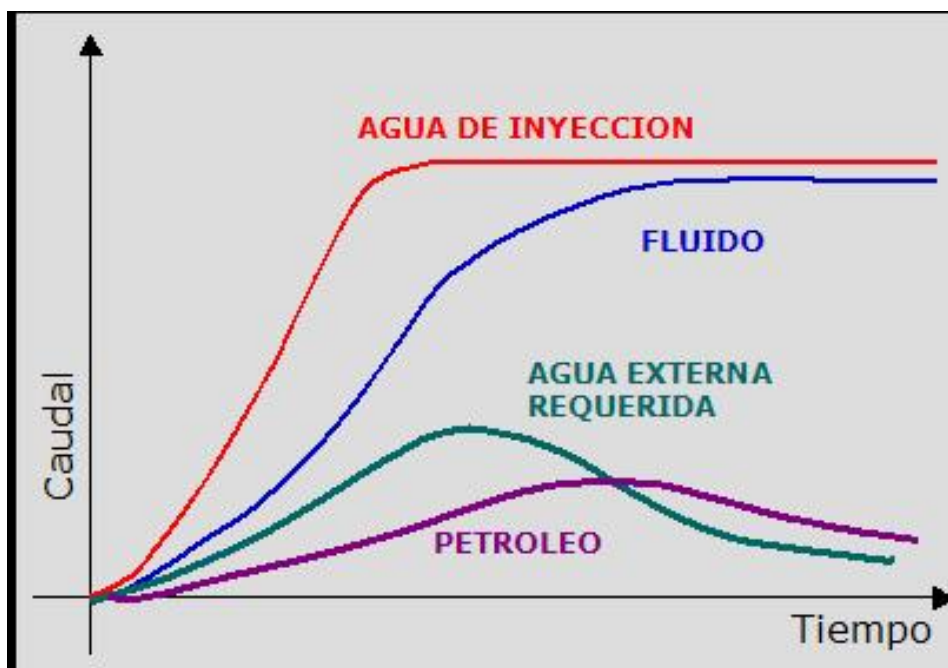
Entendemos como integración conceptual al análisis de todas las variables que determinan el funcionamiento del yacimiento y de su interrelación. Variables tales como niveles de producción por bloque, niveles de reservas, cantidad y capacidad de instalaciones de superficie, capacidad instalada de transferencia de fluidos, fuentes de suministro de energía etc., son las que determinarán cuáles serán las alternativas posibles para incrementar o mantener los niveles de producción en un yacimiento maduro definiendo el nivel de inversión requerido.

El punto de partida del análisis conceptual es realizar la integración de la información disponible en el yacimiento o, en caso de no contar con la misma, será necesario realizar una recopilación de datos entre los diferentes sectores de la compañía a fin de poder elaborarla. La información requerida para realizar la integración conceptual puede resumirse en:

- ✓ Pronóstico de producción unificado (producción primaria y secundaria), el cual permitirá conocer las estimaciones de variación de la producción en el tiempo. Este pronóstico debe integrar las producciones estimadas por los proyectos de recuperación secundaria.
- ✓ Relevamiento de la configuración actual de las instalaciones de superficie, es decir poseer información sobre la configuración y capacidad de las instalaciones actuales, caudal de fluido tratado / transferido por cada instalación, caudal de agua inyectada por cada instalación, diámetro de ductos de inyección y transferencia de fluido, etc. Esta información permitirá conocer el nivel de inversión requerido para afrontar el incremento de producción o de inyección y tratamiento de agua.

El pronóstico de producción unificado contiene las condiciones básicas y el plan de desarrollo de reservas de cada bloque productivo, es decir el objetivo de producción a largo plazo. A su vez, este plan se compone de los pronósticos de desarrollo en producción primaria y secundaria y su cuantificación en el tiempo, de lo que se obtiene para cada bloque la producción de petróleo, gas asociado y agua de formación y el requerimiento de agua de inyección y de agua externa. Entendemos por agua externa la diferencia entre el caudal de agua requerida para inyección y el caudal de agua de formación producida.

Entonces, para cada bloque productivo se puede obtener el siguiente gráfico:



Esta información permite no sólo cuantificar la magnitud del desarrollo sino también solucionar problemas actuales de capacidad con vistas al incremento de producción que tendrá el yacimiento.

El siguiente paso consiste realizar el balance de fluidos por instalación, para la situación actual y futura (obtenida en base a los pronósticos de producción). Estos balances, en forma conjunta con el relevamiento de las instalaciones existentes que permita establecer el estado actual de mantenimiento y la capacidad instalada de separación, tratamiento y transporte de fluido, permitirán determinar, a la luz del pronóstico de producción, cuáles serán las inversiones necesarias para reacondicionamiento o incremento de capacidad.

A continuación puntualizamos cuáles serían los pasos metodológicos requeridos para realizar el análisis propuesto anteriormente en las instalaciones de superficie.

- ✓ Analizar detalladamente el incremento de producción en las grandes instalaciones de superficie.
- ✓ Realizar un análisis cuantitativo del incremento en capacidad de baterías (unidades de transferencia de fluidos) requerido en cada yacimiento. Debe analizarse si el incremento de capacidad se localiza dentro de una batería existente o en una nueva batería.

Se realiza este planteo conceptual ya que consideramos se tendría un gran margen de error si se intentara realizar un análisis del incremento de capacidad requerido por cada batería ya que sería necesario un mayor nivel de detalle del pronóstico de producción, que normalmente no se posee, con el consecuente aumento en la imprevisibilidad del mismo.

Una vez determinada el incremento de capacidad requerido en instalaciones de superficie será necesario seleccionar la tecnología más conveniente de forma de afrontar de una manera eficiente este incremento de capacidad. Todo incremento de capacidad trae aparejado un gran incremento en la demanda de energía. Por esta razón es necesario evaluar nuevas tecnologías para el procesamiento y transporte de fluido, que realice un uso más eficiente de la energía y que redunde en una mejora en los procesos productivos, mejorando la calidad de los productos obtenidos (por

ejemplo, mejorando la calidad del agua de inyección a fin de evitar problemas de inyectabilidad en la formación) y que genere un beneficio económico a largo plazo. Dentro de los cambios tecnológicos podemos mencionar el reemplazo de los tanques cortadores por free water knock out drums, la utilización de bombas inyección de alto rendimiento para minimizar el consumo de energía, etc.

Una vez decidido el cambio de tecnología, se debe comenzar a capacitar al personal en el manejo de la misma con el fin de amortiguar el impacto en la organización y minimizar la resistencia natural al cambio.

Configuración de las Instalaciones de Superficie para Producción de Petróleo y Generación de Energía

Una definición importante que se obtiene a partir de la integración conceptual es la determinación de la configuración óptima de instalaciones de superficie y de generación de energía eléctrica.

La analogía existente entre el transporte / tratamiento de fluido y la generación / transporte de energía eléctrica permite realizar un tratamiento conceptual similar en ambos casos.

Se pueden plantear dos posibles configuraciones extremas, la configuración centralizada y la configuración descentralizada. La configuración centralizada postula la concentración del tratamiento de fluido y de la generación de energía eléctrica en un único lugar, mientras que la configuración descentralizada consiste en distribuir el tratamiento y la generación de energía eléctrica en cada uno de los centros de producción y consumo.

Los puntos más sobresalientes a tener en cuenta para decidir entre ambas configuraciones desde el punto de vista del tratamiento y transporte de fluido son:

- ✓ Costo de tratamiento de fluido por unidad de volumen tratado: en el caso de la configuración centralizada estos costos disminuyen por la economía de escala.
- ✓ Cantidad de personal de operación y mantenimiento: este disminuye si el tratamiento de fluido se encuentra concentrado en un único lugar (configuración centralizada). Con el objeto de disminuir la cantidad de personal de operación, se puede realizar un monitoreo remoto de las instalaciones.
- ✓ Transferencia de fluidos: en el caso de la configuración centralizada, se incrementan los costos de transporte de fluido, ya que es necesario llevar toda la producción a un único punto de tratamiento y luego transportar el agua separada a los distintos centros desde donde se inyecta la misma nuevamente en las formaciones.

Los puntos más sobresalientes a tener en cuenta para decidir entre ambas configuraciones desde el punto de vista del transporte y la generación de energía eléctrica son:

- ✓ Costo unitario de generación de energía eléctrica: en el caso de la configuración centralizada estos costos disminuyen por la economía de escala.
- ✓ Costo de distribución de energía eléctrica: en el caso de la configuración centralizada, se incrementan los costos de transporte de energía eléctrica.

- ✓ Tensión de transporte: las distancias determinarán el nivel de tensión de transporte con el objeto de disminuir las pérdidas de energía.

Determinación de la Configuración Óptima de las Instalaciones de Superficie para el Tratamiento de Fluido

Para la determinación de la configuración óptima de las instalaciones de superficie se recomiendan los siguientes pasos :

1. Se establece una configuración de tratamiento de fluido.
2. Se asigna un porcentaje de corte de agua a la salida de las plantas de corte.
3. Se evalúa la red de fluido en base a lo establecido en 1. y 2. y se determina la necesidad de nuevos ductos (cantidad, diámetro y año en que resultaría necesaria realizar la inversión).
4. Se varía el porcentaje de corte de agua establecido en 2. y se vuelve a analizar la transferencia de fluido, hasta obtener el porcentaje de corte óptimo. Se define el porcentaje de corte óptimo como aquel que minimiza la inversión total.
5. Se realiza la evaluación económico – financiera de la configuración.
6. Se varía la configuración planteada en 1. y se vuelven a llevar a cabo los puntos 1. a 5.
7. Se comparan las distintas configuraciones planteadas. De esta manera, se obtiene la configuración óptima para el yacimiento.

Es importante destacar que tanto la configuración centralizada como la configuración descentralizada no son óptimas para un yacimiento. Normalmente, la opción óptima consiste en una configuración intermedia y para la determinación de la misma, se plantean varias alternativas y sistemáticamente se analiza lo anteriormente planteado.

A continuación plantearemos la metodología utilizada para evaluar la transferencia de fluido, la demanda de energía y la evaluación económica de cada configuración planteada.

Transferencia de Fluido

Es uno de los puntos más complejos de analizar y que influye significativamente en la configuración a adoptar en las instalaciones de superficie transferencia de fluido, ya que cuando se tienen yacimientos de gran extensión geográfica los costos en ductos equivalen y, en muchos casos, superan en costo a las instalaciones de superficie.

Entendemos por “transferencia de fluido” al transporte de:

- ✓ Fluido de producción, desde las baterías hasta las plantas de corte, y desde allí hasta las plantas de tratamiento de fluido.
- ✓ Petróleo en condiciones de venta.
- ✓ Agua de inyección, desde las plantas de corte y de tratamiento de crudo hasta las plantas de inyección.

- ✓ Gas asociado, desde las baterías hasta las plantas de tratamiento de gas.

Para poder realizar el análisis conceptual de transferencia de fluido es necesario conocer diámetro y espesores de ductos instalados y las presiones máximas de bombeo. Luego, se establecen criterios energéticos de transporte óptimo de fluido y, mediante la utilización de simuladores de redes, se puede determinar la capacidad de transporte instalada.

A continuación, y en base al pronóstico de producción y a la configuración de tratamiento planteada, se determina la necesidad de nuevos ductos (cantidad, diámetro y año en que resultaría necesaria realizar la inversión).

Como puede observarse, la determinación de la configuración óptima de las instalaciones de superficie para el tratamiento de fluido involucra no sólo a las instalaciones de superficie sino también a la red de transferencia de fluido.

Demanda de Energía

Para poder determinar la configuración óptima de las instalaciones de superficie, es necesario además estimar la demanda de energía para cada configuración posible planteada.

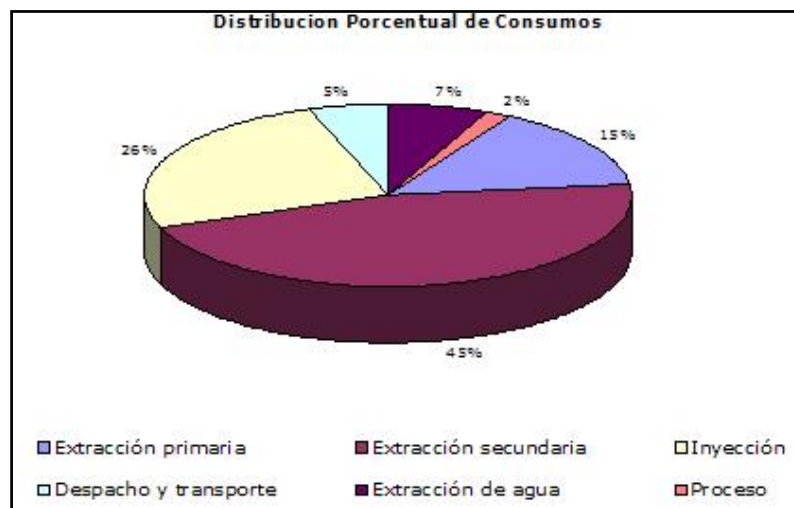
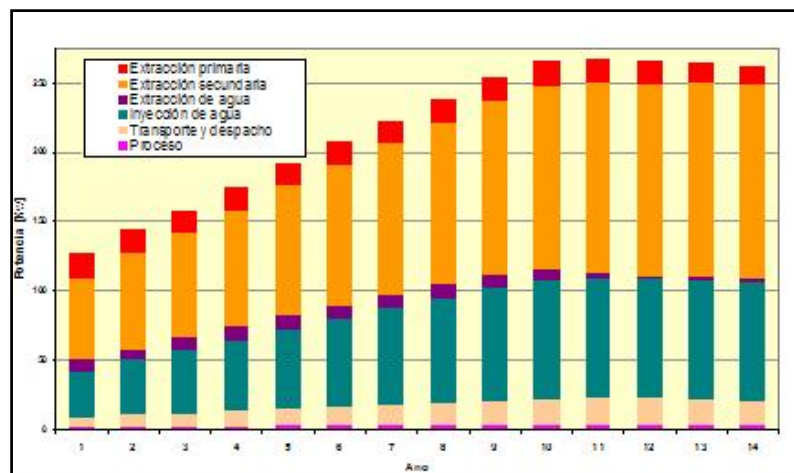
Cabe destacar que el desarrollo traerá aparejado un incremento importante en la demanda de energía, compuesta principalmente por el consumo para extracción de fluido e inyección de agua. Estos consumos, a pesar de ser los de mayores, serán comunes para todas las configuraciones planteadas. Por lo tanto, para la realización de la comparativa de alternativas, será necesario evaluar los demás consumos energéticos, que son:

- ✓ Tratamiento de fluido.
- ✓ Transporte de fluido producido entre las instalaciones de superficie.
- ✓ Transporte de agua de inyección.
- ✓ Despacho de petróleo.

Para poder estimar la demanda de energía a futuro, se parametrizan los consumos, es decir, se establecen consumos específicos de energía para cada demanda. El consumo específico dependerá de la eficiencia energética de la tecnología seleccionada.

Con el objeto de optimizar el consumo de energía, se recomienda evaluar el ciclo de vida de los nuevos equipamientos a utilizar, ya que los mismos disminuyen su rendimiento energético si se los utiliza más allá del ciclo de vida recomendado.

Los siguientes gráficos muestran la estimación en la demanda de energía y la distribución porcentual de la misma entre los distintos consumos en un yacimiento típico.



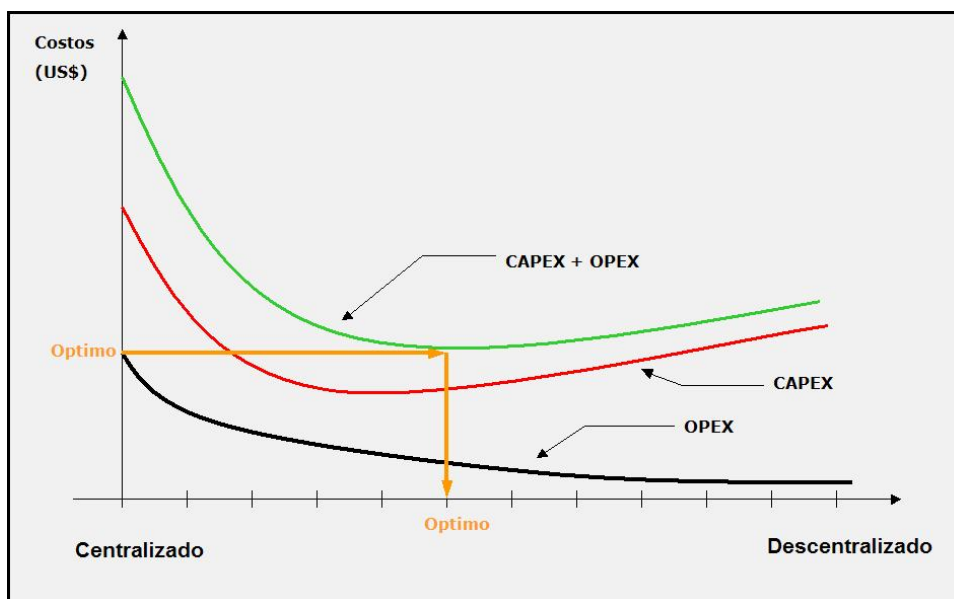
Evaluación Económico - Financiera de las Posibles Configuraciones Planteadas

Para realizar la evaluación económico – financiera, se debe considerar la inversión requerida (CAPEX) y los costos operativos (OPEX) en el largo plazo a la luz del pronóstico de producción. La evaluación económica de ambos parámetros en el largo plazo permitirá justificar económicamente la utilización de nuevas tecnologías que generalmente exigen altos montos de inversión inicial pero con menores costos operativos a lo largo de la vida del proyecto.

Para la determinación del Capex y del Opex se aplicará la parametrización de costos, el mismo concepto utilizado para estimar la demanda de energía. Por ejemplo, para las instalaciones de superficie se establecerá un costo de tratamiento por unidad de volumen de fluido procesado, para los consumos energéticos un costo de energía por Kw-h, etc.

Para realizar la parametrización de costos será necesario evaluar escenarios de precios futuros de combustibles. Si se el suministro de energía eléctrica fuera externo, se deberán considerar precios diferenciales de compra de energía por contratos a largo plazo. Si se realizara generación propia de energía, se deberá contemplar la alternativa de venta de energía eléctrica con el objeto de maximizar la utilización de las instalaciones de generación.

Si se graficaran los resultados obtenidos para cada una de esas alternativas, se obtendría un gráfico similar al siguiente:



Optimización del Resultado Económico Difiriendo de la Inversión

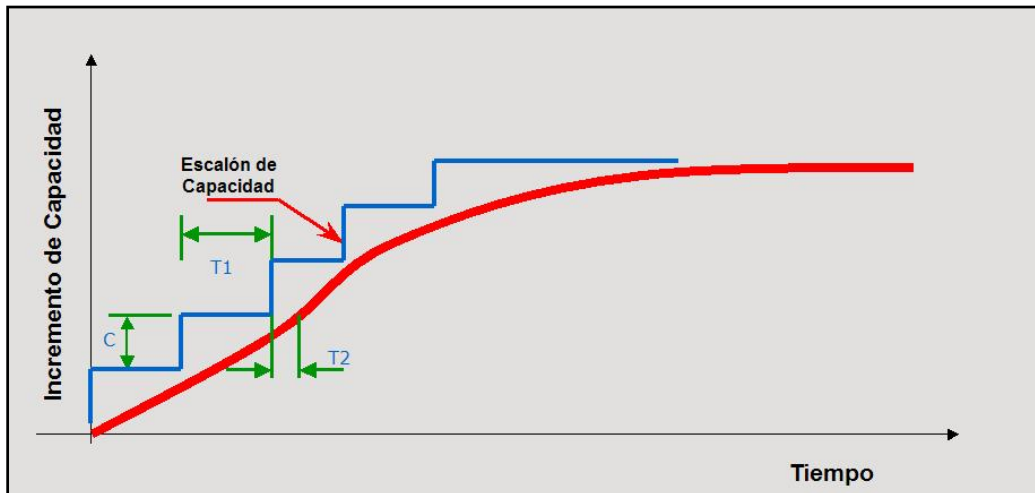
Las decisiones de inversión se encuentran confrontadas entre dos posturas extremas, invertir en los activos fijos necesarios para enfrentar el desarrollo en el corto plazo versus realizar fuertes inversiones iniciales cubriendo los requerimientos basados en los pronósticos a largo plazo. La primera se ve impulsada por la reducción al mínimo del capital requerido en el corto plazo intentando el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada, pero sin optimizar la inversión total y penalizando el desarrollo de largo plazo. Por el contrario, la segunda postura optimiza la inversión a largo plazo, minimizando además la posibilidad de limitar los volúmenes de producción debido a no contar con las instalaciones suficientes para cubrir los incrementos pronosticados, a costa de requerir mayores desembolsos iniciales.

Una forma conciliar estas posturas consiste en realizar inversiones para el incremento de capacidad de las instalaciones de manera escalonada, teniendo en cuenta el desarrollo a largo plazo. Esta nueva postura surge como punto intermedio entre las planteadas anteriormente, ya que:

- ✓ Invierte un capital mayor al mínimo requerido en el corto plazo, pero optimiza la inversión a largo plazo.
- ✓ Reduce el impacto económico del riesgo asociado a la incertidumbre de los pronósticos de producción, ya que se realizan inversiones estructurales para tratamiento de menores volúmenes de fluido.
- ✓ Permite modularizar y estandarizar las instalaciones de superficie. Esto permite realizar alianzas con proveedores y disminuir los costos de la inversión.
- ✓ Permite aprovechar la economía de escala.

Se recomienda que los escalones de incremento de capacidad sean iguales para todas las instalaciones o al menos no tener más de dos tamaños para el incremento de capacidad. Esto es esencial para poder modularizar y estandarizar instalaciones.

La forma de realizar este escalonamiento de la inversión se muestra en el siguiente gráfico:



Determinación de la Configuración Óptima de las Instalaciones de Superficie para Generación Eléctrica

Una vez seleccionada la configuración de instalaciones de superficie para el tratamiento de fluido, se realiza un análisis similar para determinar la configuración óptima de instalaciones de superficie para generación eléctrica.

De lo anteriormente realizado, se obtuvo la demanda de energía, con lo cual ya se conocen los requerimientos energéticos en cada zona del yacimiento.

Para la determinación de la configuración óptima de las instalaciones de superficie para generación eléctrica se recomiendan los siguientes pasos :

1. Se establece una configuración de generación de energía.
2. Se evalúa la red de transferencia de energía eléctrica y se determina la tensión de suministro en base a las pérdidas que se generan por transporte de la misma. Para ello se utilizan simuladores de redes eléctricas y se determina la necesidad de cables para tendido eléctrico y las características del mismo.
3. Se analiza la confiabilidad de suministro eléctrico dado por la configuración planteada.
4. Se realiza la evaluación económico – financiera de la configuración.
5. Se varía la configuración planteada en 1. y se vuelven a llevar a cabo los puntos 1. a 5.
6. Se comparan las distintas configuraciones planteadas. De esta manera, se obtiene la configuración óptima para el yacimiento.

Es importante destacar que tanto la configuración centralizada como la configuración descentralizada no son óptimas para un yacimiento. Normalmente, la opción óptima consiste en una configuración intermedia y para la determinación de la misma, se plantean varias alternativas y sistemáticamente se analiza lo anteriormente planteado.

Impacto en la Organización

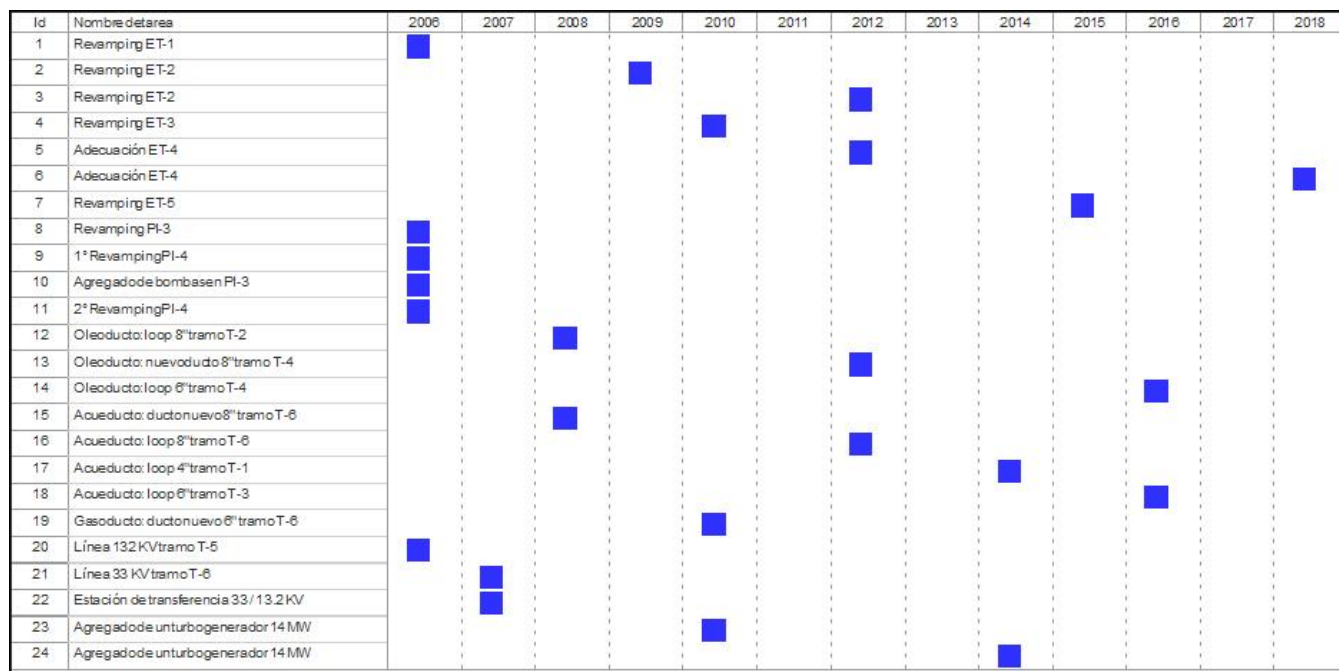
Debido al desarrollo intensivo del yacimiento que se plantea como hipótesis del presente trabajo, se incrementará el nivel de actividad de la empresa.

La incorporación de nuevas tecnologías traerá aparejado no sólo la necesidad de capacitación del personal, sino también el cambio de las incumbencias de los puestos de trabajo dentro de la organización. Por ejemplo, el cambio de tecnología y la estandarización de las plantas, implicará una modificación en la estrategia de mantenimiento pasándose de un mantenimiento correctivo a preventivo /predictivo o la automatización de las instalaciones cambiará el rol del operador de campo a operador de sala de control.

Para afrontar este cambio en la organización será necesario planificarlo adecuadamente, capacitando al personal en las nuevas competencias requeridas y utilizando los agentes de cambio adecuados para que pueda ser llevado a cabo en forma ordenada.

CONCLUSIONES

Como resultado de la metodología planteada se obtiene el plan maestro de inversiones, el cual se muestra gráficamente en el siguiente esquema:



Como puede observarse a partir de lo mencionado anteriormente, esta metodología permite:

- ✓ Optimizar la configuración de las instalaciones de superficie: se realiza una optimización de la configuración de las instalaciones de superficie.
- ✓ Escalonamiento del incremento de capacidad de instalaciones: se reduce el riesgo de la inversión asociado a la incertidumbre de los pronósticos de producción.
- ✓ Determinar factores críticos de éxito, siendo el más importante la capacitación del personal.
- ✓ Planificar las inversiones necesarias para el desarrollo.

CURRICULUM DE LOS AUTORES

Nombre y apellido : **Juan Manuel Eberle**
Fecha de nacimiento : 27 de Abril de 1975
Lugar de nacimiento : Buenos Aires, ARGENTINA
Nacionalidad : Argentina
Dirección : Paraguay 2848 Piso 1 Dpto 4
Teléfono : (54) (11) 4962631

Estudios

Universitario : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA – FACULTAD DE INGENIERÍA
Título obtenido: Ingeniero Químico

Postgrado : UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
Título obtenido: Master en Dirección de Empresas

Experiencia Laboral

Ene'02 – a la fecha: TECNA S.A.- Estudios y proyectos de ingeniería

- Ingeniero de Procesos

Principales tareas realizadas: Coordinación de equipos de trabajo de ingeniería básica de plantas de Tratamiento de agua e Inyección. .
Diseño y Simulación de Procesos. Ejecución y chequeo de Diagramas de Procesos y Cañerías (PID's y PFD's). Desarrollo de documentación asociada. Cálculo, diseño y verificación de equipos, ejecución y revisión de Hojas de Datos de equipos (separadores, intercambiadores de calor, aerofriadores, torres, etc). Ejecución de informes de Performance Test de plantas.
Supervisión de Puesta en Marcha de Planta de Tratamiento de Gas

Abr'98 – Ene 02: Refinor S.A.

- Ingeniero de Procesos

Ingeniero de Procesos de Reformado Catalítico. Evaluación económica de proyectos de inversión. Concepción de ingeniería básica de modificaciones de planta.

Nombre y apellido : **Lucas Gabriel Reboredo**
Fecha de nacimiento : 4 de Agosto de 1979
Lugar de nacimiento : Junín, Buenos Aires, ARGENTINA
Nacionalidad : Argentina
Dirección : Céspedes 2462 Piso 2 Depto D
Teléfono : (54) (11) 4347-0300 Int. 394

Estudios

Universitario : UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES – FACULTAD DE INGENIERÍA
Título obtenido: Ingeniero Químico

Experiencia Laboral

May'03 – a la fecha: TECNA S.A.- Estudios y proyectos de ingeniería

- Ingeniero de Procesos

Principales tareas realizadas: Participación en equipos de trabajo de ingenierías conceptuales de yacimientos.

Diseño y Simulación de Procesos de ductos de transferencia de fluido. Ejecución de Diagramas de Procesos y Cañerías (PID's y PFD's). Desarrollo de documentación asociada. Cálculo, diseño y verificación de equipos, ejecución de Hojas de Datos de equipos (bombas, intercambiadores de calor, etc).

Participación en equipos de trabajo de ingeniería básica de planta de LPG.