

La Localización Geográfica como Factor Crítico en el Diseño y Planificación de Proyectos Internacionales

Mariana Matranga, Carola Rawson, Juan Martín Pandolfi, Diego Guamantica, Juan Manuel Eberle, Martín Mastandrea / TECNA S.A., Argentina

crawson@tecna.com • jpandolfi@tecna.com • jeberle@tecna.com • mmastandrea@tecna.com

Trabajo destacado en el IV LACGEC - Congreso Latinoamericano y del Caribe de Gas y Electricidad, realizado en Río de Janeiro, Brasil, del 26 al 28 de abril de 2004.

Índice

- Introducción
- Sobre los factores a considerar en la evaluación del escenario y su impacto en el proyecto
- Caso de estudio: Planta de Tratamiento de Gas Sábalo
- Conclusiones

Resumen

El éxito de un proyecto internacional está estrechamente ligado al conocimiento cabal del escenario donde tendrán lugar las etapas de construcción, montaje y operación. En tal sentido, la consideración temprana de factores geográficos, socio-económicos y ambientales ha probado ser determinante para el exitoso desarrollo de las fases de diseño, construcción, transporte, montaje y operación.

Introducción

Existe una relación estrecha entre una planta y el medio que la rodea. Esto significa que las características particulares de una planta, y en general el proyecto que implica su construcción, están indisolublemente vinculadas al entorno. La consideración de dicha vinculación así como el conocimiento cabal de las variables críticas involucradas asegurará el desarrollo exitoso del proyecto.

En este trabajo denominaremos *escenario* al entorno conformado por todo aquello que rodea y afecta a la planta en cualquier sentido en todo su ciclo de vida. De este modo, el escenario no sólo incluye las condiciones ambientales y los aspectos físicos sino también los aspectos económicos y sociales.

Si bien los criterios básicos utilizados en el diseño de un proceso están condicionados en forma general por la termodinámica y la física, existen también otra clase de limitaciones adicionales

En el caso de la Planta de Tratamiento de Gas Sábalo, el tomar en cuenta los factores mencionados posibilitó no sólo el desarrollo eficiente de las distintas etapas del proyecto, sino también completar las etapas de montaje y puesta en marcha en veinte semanas.

La Planta de Tratamiento de Gas Sábalo está ubicada en la región del Chaco en la selva Boliviana y tiene una capacidad de 13.4 MMSCMD de gas en especificación, lo que la convierte en la planta de mayor capacidad en Bolivia y una de las de mayor capacidad en Sudamérica.

En el proyecto estuvieron involucradas empresas de Brasil, de Bolivia, de Ecuador y de Argentina, ésta última a cargo del diseño, la construcción y el gerenciamiento del mismo.

En base a la experiencia del proyecto Sábalo, este artículo presenta una serie de pautas, especialmente aplicables a proyectos internacionales, para la consideración de los aspectos mencionados, no sólo para evitar los posibles impactos negativos que pudieran estar asociados a ellos, sino también para transformarlos en ventajas técnicas competitivas.

les que afectan al diseño y construcción de la planta. Usualmente todas las limitaciones adicionales pueden clasificarse como de carácter económico considerando este concepto en su sentido más amplio.

El objetivo en el diseño de una planta de proceso es hallar una solución técnico-económica que optimice el resultado final de cada una de las etapas de un proyecto. Para lograr esto será necesario conocer de forma concreta el escenario del proyecto, las deficiencias

en este sentido podrían dar lugar a alguna de las siguientes situaciones:

- Capacidad de diseño limitada o insuficiente
- Problemas operativos
- Incumplimiento del plazo contractual

Cualquiera de ellas, en forma conjunta o independiente, pueden producir como resultado final insatisfacción del cliente y/o pérdidas económicas.

Sobre los factores a considerar en la evaluación del escenario y su impacto en el proyecto

De lo dicho se desprende que el desarrollo de un proyecto exigirá el análisis de una serie de factores de carácter muy diverso.

La información requerida para la consideración de estos factores puede no ser lo suficientemente confiable o incluso puede resultar contradictoria. Asimismo existen situaciones en las cuales re-

sulta complejo objetivar el impacto de ciertos factores sobre los resultados del proyecto.

En la tabla I se presentan una lista de factores considerados determinantes.

A continuación se describirá la incidencia de cada factor.

Factores físicos, climáticos y geológicos de la localización geográfica

Este grupo es de gran influencia en la etapa de ingeniería básica. Muchos de estos factores constituyen directamente parámetros de diseño de los equipos, por lo cual es un requisito indispensable conocerlos con profundidad antes de comenzar la etapa de diseño.

Factores como la **ubicación** y la **accesibilidad** a la planta quedarán caracterizados por las vías de acceso y factibilidad que las mismas presentan para ser utilizadas, quedando definido a partir de ello el medio de transporte a utilizar para el traslado de personas, equipos y materiales. Usualmente el medio de transporte y/o las condiciones de acceso condicionan los límites máximos

admisibles para el peso y dimensiones de los equipos.

Durante la elaboración de la logística de transporte debe considerarse además, la posibilidad de requerir el acondicionamiento de las rutas de acceso.

Asimismo, deberá contemplarse que las vías de acceso podrían ser estacionales, es decir, que podrían no estar disponibles durante todo el año. Un río que sólo es navegable ciertos meses al año o un camino que deba cerrarse en invierno debido a la nieve son ejemplos de esta situación.

En caso que las vías de acceso a la planta fueran peligrosas, difíciles de transitar o las distancias a recorrer son demasiado largas, deberá preverse que los repuestos y los materiales consumibles tendrán un tiempo de entrega mayor que lo normal, para lo cual podría ser necesario considerar una mayor capacidad de almacenaje tanto de materiales consumibles como de repuestos, de forma de garantizar la continuidad de las operación de la planta.

La **altimetría del terreno**, es uno de los factores que deberá tenerse en cuenta no sólo como un aspecto negativo sino que también deberá estudiarse con el objetivo de aprovechar las potenciales ventajas que dichos desniveles puedan generar: minimización del movimiento de suelos, ahorro de estructuras metálicas, aprovechamiento de flujo por gravedad, reducción en los costos de bombas debido a la posibilidad de incrementar el ANPA disponible.

La presión atmosférica en cada lugar está determinada por la **altura sobre el nivel del mar**. A medida que ésta aumenta, disminuye la presión atmosférica y por consiguiente, la densidad del aire.

Desde el punto de vista operativo, los motores a combustión presentan un de-rating a medida que la altura sobre el nivel del mar aumenta. Desde el punto de vista del diseño, la altura sobre el nivel del mar será un parámetro importante en el dimensionamiento de aeroenfriadores, ventiladores, chimeneas de tiro natural (hornos y torres de enfriamiento), columnas de destilación que operen a presión atmosférica y, en general, para todos aquellos procesos en los que el aire o la presión atmosférica estén involucrados de manera directa.

Otro factor de tipo climático de gran incidencia es la **temperatura ambiente**, que impacta de manera directa sobre

Tabla I - Factores a considerar sobre la localización geográfica

| | |
|---|--|
| Factores físicos, climáticos y geológicos | Ubicación / Accesibilidad Altimetría del terreno Altura sobre el nivel del mar Temperatura ambiente Humedad ambiente Régimen de lluvias Viento Nieve Sismo Cursos de agua Condiciones del suelo Impacto ambiental |
| Factores culturales, demográficos y socio-económicos | Poblaciones cercanas y urbanización Representación local de proveedores Situación social Disponibilidad, calificación, costo y productividad de mano de obra local Idiosincrasia política local y nacional Burocracias, sistemas administrativos oficiales Salud, epidemiología, enfermedades endémicas Prácticas alimenticias locales Usos y costumbres culturales y religiosos |
| Factores regulatorios | Regulaciones Régimen aduanero Exenciones Impuestos locales |

aeroenfriadores y torres de enfriamiento, así como en la necesidad de aislamiento y trazo de equipos, líneas e instrumentos y la utilización de anticongelantes. Asimismo, en un sentido general, este factor influirá en todos aquellos procesos en los que el aire o la presión atmosférica estén involucrados de manera directa.

Elevadas temperaturas ambiente producen sobre los motores un de-rating, de manera análoga a lo indicado para la altura sobre el nivel del mar.

El efecto de la **humedad ambiente**, al igual que como la temperatura ambiente y la altura, puede observarse en los equipos de proceso, los motores y las instalaciones eléctricas.

En lo que respecta a los equipos de proceso, la humedad ambiente tendrá particular relevancia en aquellos que utilizan al aire en los cálculos energéticos. Como por ejemplo en los sistemas de agua de enfriamiento.

El **régimen de lluvias** es un factor que deberá ser tenido en cuenta principalmente para el diseño de los drenajes pluviales de la planta, así como para determinar la necesidad de tratamiento del agua de lluvia colectada en la planta en conformidad con la filosofía adoptada para el tratamiento de estos líquidos.

Otro punto que deberá tenerse en cuenta en relación al régimen de lluvias es la relación que existe con la continuidad de las tareas de construcción debido a que las intensas lluvias pueden impedir o dificultar las mismas. También deberá considerarse que estas mismas lluvias pueden anegar los caminos de acceso a la planta. Cualquiera de estos efectos deberán tenerse en cuenta durante la planificación y la logística del proyecto pues podrían provocar demoras imprevistas.

La velocidad del **viento**, los **sismos** y la **nieve** juegan un papel importante en las condiciones tanto de diseño mecánico de equipos y estructuras como en las de diseño de las bases civiles que los soportan. Existen otros parámetros vinculados a estos factores que también deben ser tenidos en cuenta que son, la dirección predominante de vientos para la ubicación de la antorcha y la nieve al igual de que el régimen de lluvias podrían afectar a la continuidad de tareas influyendo en la logística.

Las condiciones físico-químicas y geológicas del suelo están vinculadas

a varios parámetros en el diseño de una planta y el desarrollo del proyecto.

Las condiciones geológicas deben considerarse en función de la dificultad que podrían presentar para la preparación y movimiento del terreno sobre el que se construirá la planta. La resistencia mecánica del suelo es fundamental para el diseño de las bases civiles por lo cual es importante contar con información confiable y relevante desde el comienzo del proyecto para poder evaluar correctamente los costos asociados.

Por otro lado la composición y condición física del suelo incide directamente en la corrosión de las cañerías enterradas y por lo tanto en la selección del sistema de protección de las mismas ya sea este a través de aislación, ánodos de sacrificio o sistemas de corriente impresa.

La permeabilidad del suelo es un parámetro que deberá tenerse en cuenta en el diseño de los sistemas de drenajes y en el diseño de recintos de contención de posibles derrames, por la potencial contaminación que éstos pueden ocasionar.

Los **cursos de agua** deben ser tenidos en cuenta para varios aspectos del desarrollo de un proyecto.

Uno de estos aspectos está relacionado con la accesibilidad y es la posibilidad de utilizar al curso de agua como medio de acceso a la planta tanto sea para el transporte de materiales y materia prima como para el transporte de producción. Otra forma de aprovechamiento de los cursos de agua es la disponibilidad para la obtención de agua potable o potabilizable como así también podría utilizarse como un posible punto de descarga de efluentes de la planta. Para cualquier uso que se le dé a un curso de agua deberá considerarse la estacionalidad propia del mismo y en qué manera puede afectar al diseño de las instalaciones y al desarrollo del proyecto de manera de anticipar potenciales problemas.

Como último factor dentro del grupo de factores geográficos, climáticos y geológicos se encuentra el **impacto ambiental** . Las consideraciones medio ambientales están fuertemente ligadas a la legislación vigente en el sitio de emplazamiento de la planta. El potencial impacto de la planta sobre el medio debe ser tenido en cuenta tanto en la disposición de efluentes y las acciones

de remediación como en la protección de las instalaciones ante posibles accidentes provocados por el medio en todas las etapas del proyecto. Algunos ejemplos de este tipo de protección son los cercos perimetrales antiofídicos para que no ingresen víboras a la planta, las mallas contra insectos en las aberturas y venteos atmosféricos, el bloqueo de acceso a recintos pequeños para evitar que algunos animales hagan sus cuevas dentro de la planta o dañen las instalaciones de la misma.

Es necesario en todo momento tener en cuenta el usualmente llamado pasivo ambiental. Debe considerarse en el diseño de los sistemas de tratamiento, contención y remediación de la planta la disponibilidad de medios de tratamiento y la forma en que los desechos pueden disponerse.

Factores culturales, demográficos y socio-económicos de la localización geográfica

Los factores culturales, demográficos y socio-económicos tienen una fuerte implicancia en decisiones puntuales durante la etapa de diseño, y por otro lado deben ser considerados al momento de la planificación de las tareas de obra.

Las **poblaciones** se ven afectadas por la contaminación, ya sea visual, auditiva o ambiental, que producen las plantas. La distancia a poblaciones es un parámetro importante en la selección del sistema de venteos. El tipo de cerco perimetral que se utiliza alrededor de las plantas se ve influenciado por la existencia o no de poblaciones cercanas y el nivel de urbanización.

La cobertura de las necesidades de las personas que trabajarán durante la construcción y en la operación está también ligada a la existencia o no de poblaciones cercanas. Si la ubicación geográfica de la planta está lejos de centros urbanos, se requerirá instalaciones más complejas para las personas durante la etapa de construcción aunque más no sea en forma temporaria. Se deberá incluir entonces en la planificación de los costos de construcción la instalación de cocinas, comedores, almacenes para alimentos, espacios de recreación, centros de atención médica y los medios necesarios para evacuar en caso de emergencia.

Si existe una población cercana, quedarán probablemente resueltos muchos

de los temas arriba expuestos, pero se introduce un ítem adicional en la logística y los costos como ser los traslados diarios, el alojamiento y la alimentación.

La disponibilidad de **representación local de proveedores** esta ligada al nivel de desarrollo industrial, comercial y urbano de la región. Este factor no influye solamente en el momento de la puesta en marcha, sino que sigue siendo un factor muy importante para la operación y mantenimiento de la planta. Este ítem es referencial tanto en el momento de definir los materiales consumibles como para seleccionar la conveniencia de la provisión de equipos y la consiguiente necesidad de repuestos, ya que de contarse con un proveedor local podría minimizarse el stock repuestos que debe mantenerse en la planta.

La desinformación sobre la **situación social** del país en donde se está llevando a cabo un proyecto puede conducir de manera directa al no cumplimiento de los plazos contractuales debido a desvíos respecto de la planificación y la logística programada. Las diferentes expresiones populares que se han conocido en los últimos años a nivel mundial demuestran que es necesario considerar a este factor de una manera especial, ya sea en contextos típicos de países desarrollados o subdesarrollados.

La disconformidad que un proyecto puede despertar en los ciudadanos de un país no es un factor menor y olvidarlo puede acarrear no sólo demoras en los tiempos de finalización de cada etapa, sino también complicaciones a nivel de las personas y la maquinaria que debe movilizarse. Será de gran relevancia entonces el estudio previo de la situación social, para poder distinguir la posibilidad de conflictos y comprender el alcance que estos puedan tener. Ejemplos de estas demandas populares son las huelgas, los piquetes, los cortes de rutas y los secuestros extorsivos, cuyo grado de violencia y dificultad estará fuertemente relacionado con el origen político y social de los grupos que los lideran, abarcando desde organizaciones no gubernamentales cuyo objetivo es señalar focos de contaminación visual, auditiva, etc, hasta grupos armados con fuertes demandas sociales.

También es fundamental conocer el grado de calificación y especificidad de la **mano de obra local**.

Esto implica no sólo saber si hay mano de obra disponible, si no también a qué niveles, y preverlo para exportar mano de obra de otros países. A veces existe la mano de obra local, pero por razones económicas resulta más beneficioso exportarla desde el propio país. De todos modos, cabe destacar que suele existir una proporción determinada entre mano de obra local y no-local, según los criterios que más adelante se detallan.

En proyectos internacionales es muy importante la buena y fluida interacción entre los distintos equipos, y habrá que considerar los distintos modos y ritmos de trabajo de las personas según su lugar de origen, para poder lograr la compatibilidad necesaria para el éxito conjunto del proyecto.

Siempre será importante contar en el grupo de trabajo con personas experimentadas en la **idiosincrasia política local y nacional**, de modo de garantizar una buena interacción con agrupaciones sindicales locales, ya que en muchos casos existe una proporción entre mano de obra local y movilizadora, que debe respetarse, más allá de la determinada por ley en cuanto a mano de obra nacional y extranjera. La necesidad de una buena interacción con los sectores sindicales vale tanto para sindicatos de personas que serán empleadas directamente en la obra, como para aquellos gremios afectados de manera indirecta, como por ejemplo los conductores de camiones y funcionarios de aduana en la frontera.

En todo contexto en que deba contratarse personal para la ejecución del proyecto, los administradores del mismo deberán saber cómo moverse con habilidad dentro de la **burocracia o el sistema administrativo oficial**. Así como la idiosincrasia política local tiene en cada lugar su identidad y sus características, sucede lo mismo con los sistemas administrativos, que pueden convertirse en un complejo engranaje de obstáculos para un grupo de trabajo con poca experiencia y sin conocimiento del mismo. Es por lo tanto deseable contar con gente que sepa manejarse dentro de las estructuras administrativas con soltura y que a la vez tenga conocimiento sobre la idiosincrasia local, de manera tal que facilite la relación con la comunidad.

Siguiendo la línea de temas a evaluar para lograr una logística exitosa y de alta eficiencia, resulta inevitable abarcar el

tema de la **salud: enfermedades, epidemias, riesgos y vacunación**. Cada región del mundo tiene diferentes riesgos para la vida de las personas, diferentes enfermedades, animales e insectos venenosos, así como riesgos epidemiológicos. La falta de conocimiento sobre este tema puede provocar un verdadero desastre. Cada persona que llega al lugar de trabajo debe conocer los riesgos que corre, haber sido asesorada sobre las precauciones a tomar y vacunada apropiadamente. Un esquema de vacunación bien pensado incluye, no sólo la evaluación de las enfermedades contra las que debemos prevenirnos sino también aquellas enfermedades de las que podemos ser portadores y podemos llevar con nosotros. Además siempre deberá evaluarse apropiadamente el tiempo previo que se requiere para completar los plazos de vacunación y alcanzar la inmunidad deseada antes de llegar a la locación de la obra.

Un aspecto íntimamente relacionado con la salud de las personas, y que suele no ser tenido en cuenta con especial precaución es la **alimentación**. Con esto se hace referencia tanto a la alimentación con la que se debe contar en obra y el agua con que se cocinan los alimentos, como a la diferencia entre lo que están acostumbrados a comer el personal local y el personal extranjero.

Esto último no es simplemente una cuestión de gustos, que sería bueno satisfacer para mantener un buen ambiente laboral, sino que presenta íntima relación con la tolerancia física a la que está acostumbrado el cuerpo de una persona, desde el punto de vista fisiológico. En tal sentido, no sólo la calidad del agua es determinante, si no también el contenido en grasas y calórico de las comidas, así como sus condimentos. Planeando cuidadosamente los tipos de alimentos a ingerir pueden evitarse alergias, indisposiciones masivas y todos aquellos problemas de salud que afectan al bienestar de las personas y por lo tanto a su rendimiento en el trabajo para el cuál fueron llevados.

Por último, existe una condición del escenario que puede significar grandes restricciones para la libertad de la acción y el movimiento de las personas desde, hacia y dentro de la obra: los **usos y costumbres, tanto culturales como religiosos**. Con esto se hace referencia a temas diversos, como fechas del año no laborables ya sea por motivos religio-

sos o históricos, a condicionamientos de tipo social como por ejemplo mujeres en obra en países árabes, o incluso en aquellos países donde no es tan habitual la convivencia de ambos sexos, independientemente de la profesión y nivel jerárquico dentro de la estructura. Estas diferencias adquieren énfasis cuando el origen y la raíz cultural de los grupos sociales que participan en el proyecto es muy variado. Existen algunos condicionamientos en el comportamiento, la forma de pensar y de comprender los fenómenos y la manera de interactuar con otras personas y culturas, que pueden diferir sensiblemente entre uno y otro grupo y que en algunos casos pueden ser difíciles afrontar.

Algo que no deberá dejarse de lado es la necesidad de proveer a las personas de medios de recreación durante las horas de descanso. Los momentos de distensión son necesarios para un buen rendimiento físico y mental. La ausencia de un espacio en el cual se favorezca la distensión puede generar distracciones durante el normal desempeño de las tareas durante la construcción con los consecuentes riesgos que esto podría ocasionar. Esto es especialmente aplicable en los casos en los que el emplazamiento de la planta se encuentra en un lugar inaccesible.

Factores regulatorios de la localización geográfica

Los factores regulatorios pueden resultar o no beneficiosos al desarrollo de un proyecto. Esto depende principalmente de las políticas económicas de los países participantes ya sean estos locatarios, inversores o proveedores. Deberá dedicarse el tiempo suficiente al estudio de la legislación de aplicación para tanto para asegurarse de conocer tanto las restricciones como las ventajas legales a nivel económico y temporal, que pueden brindar las normas de un país.

Las **regulaciones**, en general, respecto a la utilización de mano de obra local, al uso de sustancias peligrosas o controladas, a las migraciones o el sistema sanitario del país en cuestión deben conocerse en una etapa temprana del proyecto. Esto permitirá lograr una buena planificación de las etapas de obra.

La legislación sobre sustancias controladas pueden determinar la selección de una u otra sustancia, que al proceso

le signifique la misma operación pero que en cuanto a requisitos para su almacenamiento, transporte y uso tengan una gran diferencia entre una y otra. Para utilizar sustancias controladas se requieren permisos que no siempre son fáciles de obtener y la determinación sobre cuál sustancia es controlada y cuál no varía entre los distintos países.

Las exigencias respecto a la utilización de la mano de obra local también varían entre uno y otro país. En general, todos los países imponen la utilización de mano de obra local como requisito para la realización del proyecto, lo que varía es el porcentaje y el grado de calificación que se impone en cada uno.

El **régimen aduanero** es de vital importancia. No conocerlo puede traer grandes desventajas o pérdidas. Conocerlo en profundidad no necesariamente brindará beneficios, pero permitirá realizar las operaciones de importación-exportación de una manera adecuada y conforme las leyes del lugar.

En este caso, el tiempo de permanencia dentro del país en el cual está situado el proyecto de equipos exportados desde otros, es un importante factor a tener en cuenta. En general se pagan permisos de estadía por períodos de tiempo determinados, y extenderse más allá de esos períodos puede resultar en multas elevadas, dependiendo de la legislación.

En algunos países cuya división política se basa en sistema de estados, deben pagarse derechos aduaneros e impuestos de un estado a otro, lo cuál puede encarecer terriblemente los costos de todo equipo y materiales a ser transportados. Por ello, no sólo es sumamente importante la selección de la ruta para el transporte, sino también de la selección de la empresa transportadora, que luego puede desgravar estos impuestos en caso de ser nacional.

Los **impuestos locales** pueden influir, por ejemplo, en la decisión sobre

la importación de equipos pesados, o su renta en el país extranjero. En algunos casos, el impuesto que se debe pagar por ingresar a un país equipos o personas desde otro es elevado. Esto obliga a utilizar los recursos locales.

El hecho de conocer bien las leyes locales permitirá también conocer el tipo de **exenciones** de las cuales se puede disponer y obtener así beneficios, que redundan en una eficiencia económica del proyecto.

Caso de estudio: Planta de Tratamiento de Gas Sábalo

Hasta aquí fueron presentados en forma conceptual los factores propios del escenario que afectan el desarrollo de un proyecto. En este punto mostraremos cómo estos factores fueron considerados en el proyecto de la Planta de Tratamiento de Gas Sábalo y cómo la mayoría de las veces el haberlo hecho no sólo evitó contratiempos sino que permitió adicionalmente la obtención de ventajas de distinta índole.

La Planta de Tratamiento de Gas Sábalo está ubicada en el Chaco boliviano, en el bloque San Antonio. Se trata de una planta de remoción de dióxido de carbono (CO₂) y ajuste de punto de rocío de hidrocarburo, cuya capacidad es de 13,4 MMSCMD y 3.300 m³/d de gasolina, expresados como productos en especificación. La planta cuenta con dos trenes de tratamiento de igual capacidad. Las tecnologías empleadas son tratamiento con aminas para el endulzamiento del gas, y una combinación de refrigeración mecánica y efecto Joule-Thomson para el ajuste de punto de rocío.

En la Tabla II se presentan algunos datos que permiten advertir la escala del proyecto.

Tabla II - Características de la planta Sábalo.

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Superficie total | 12 ha |
| Movimiento de suelos | 200.000 m ³ |
| Potencia instalada | 5.5 MW |
| Cables | 120 km |
| Peso de equipos y cañerías | 3.800 Ton |
| Pulgadas de soldadura | 160.000 in lineales |

Ubicación / Accesibilidad

La Planta de Tratamiento de Gas Sábalo está ubicada en una zona montañosa, los caminos de acceso presentan pendientes y curvas pronunciadas, factores que fueron especialmente considerados en la definición de la filosofía de modularización: configuración, dimensiones y peso máximos de los módulos.

Debido a la capacidad máxima de diseño de la planta el tamaño de ciertos equipos excedía las limitaciones impuestas por el transporte. En base al estudio de costos asociados se determinó que la solución óptima consistía en subdividir cada tren de tratamiento en dos subtrenes. Adicionalmente, esta configuración proveyó una mayor flexibilidad operativa, que consistió en la disminución de la capacidad mínima de tratamiento y en una menor pérdida de producción por mantenimientos programados.

La dificultosa y riesgosa accesibilidad a la planta hace que los tiempos de provisión de materiales sean prolongados, por tal motivo, y a los efectos de maximizar el factor de servicio, fue necesario considerar una estrategia apropiada de stock mínimo de materiales y reserva de equipos. Ejemplos de ello lo constituyen un almacenamiento mínimo de tres meses para productos consumibles y la duplicación de ciertos equipos de procesos, válvulas de seguridad, etc.

Altimetría del terreno

A fin de maximizar el aprovechamiento de los desniveles naturales del terreno se definieron cuatro niveles de implantación. Ello posibilitó, entre otras cuestiones:

- Asegurar el flujo por gravedad en todo el sistema de drenajes evitando además la necesidad de enterrar los recipientes sumideros.
- Ubicar la antorcha en un nivel superior al de la planta, de este modo resultó posible minimizar la altura de la antorcha con el consecuente ahorro en estructuras de soportación, cumpliendo los niveles de radiación especificados.
- Satisfacer los requerimientos de procesos en cuanto a libre drenaje entre equipos evitando la instalación de estructuras auxiliares.

Altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente

La Planta de Tratamiento de Gas Sábalo está dotada con cinco compresores de propano, dos compresores de gas de reciclo y cinco generadores, todos ellos accionados por motores a combustión interna. Por tal motivo, resultó necesario considerar apropiadamente las condiciones del sitio para la especificación de estos doce equipos, particularmente altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente debido al efecto de de-rating ya mencionado.

Durante la etapa de ingeniería conceptual y debido a la elevada temperatura ambiente (50 °C) se evaluaron diferentes configuraciones para los servicios de enfriamiento: circuito de agua de enfriamiento, enfriamiento evaporativo y enfriamiento por aire. Como resultado de la evaluación desarrollada se determinó que el empleo de aroenfriadores proveía la mejor de solución de compromiso entre inversión inicial y costos operativos.

Cursos de agua

La disposición final de agua de producción y la captación de agua, requerida para diferentes servicios, se resolvió de manera integral agrupando las instalaciones involucradas en la riera del río Pilcomayo, distante 5 km de la planta. La unificación de las estas instalaciones posibilitó reducir el costo total de tendido de cañerías, cables para la provisión de energía eléctrica y líneas de comunicación asociadas.

Impacto ambiental

A los efectos de prevenir la contaminación por posibles derrames se llevaron a cabo, entre otras, las siguientes acciones:

- Impermeabilización del suelo dentro de los diques de contención de tanques de almacenamiento.
- Canalización de drenajes de equipos y purgas de instrumentos al sistema cerrado de drenajes de baja presión.
- Endicamiento de módulos cuyos equipos contenían cantidades substanciales de hidrocarburos líquidos, permitiendo el direccionamiento de los líquidos allí colectados hacia el sistema de drenajes cerrado o pluvial.

Asimismo, con el objeto de minimizar el impacto ambiental se realizaron acciones de remediación, como reforestación, del área que había sido destinada al emplazamiento del campamento y base temporaria de operaciones.

Poblaciones cercanas y urbanización

Ante la no existencia de centros urbanos cercanos, fue necesario instalar un campamento para aproximadamente 1200 personas. Este campamento contaba con comedores, servicio de lavandería, habitaciones, oficinas, facilidades para recreación y un centro de atención médica, con guardia permanente y con vehículos para poder evacuaciones en casos de emergencia.

Representación local de proveedores

Durante la etapa de análisis de ofertas, principalmente de productos consumibles, se consideró como una variable importante la existencia de representación local a los efectos de garantizar tanto el suministro como la asistencia técnica durante la puesta en marcha y operación.

Disponibilidad, calificación, costo y productividad de mano de obra local

En base al conocimiento respecto de la disponibilidad y calificación de mano de obra local, se estableció el requerimiento externo de mano de obra. Debió considerarse asimismo el porcentaje mínimo de ocupación de mano de obra local, establecido por la legislación boliviana.

Cabe destacar que a los efectos de favorecer la preservación de la intención del diseño, una parte importante de la supervisión de obra estuvo constituida por profesionales que conformaron el grupo técnico encargado del desarrollo de las diferentes etapas de la ingeniería del proyecto.

Usos y costumbres culturales y religiosos

Como consecuencia de las empresas seleccionadas como contratistas, participaron en la ejecución del proyecto, profesionales de Argentina, Brasil, Ecuador,

Colombia y Bolivia, lo que requirió adaptar la coordinación de obra para integrar las distintas filosofías de trabajo, producto de las diferencias culturales. Ello implicó, entre otras cuestiones, un continuo seguimiento del cronograma de tareas, que junto al conocimiento de las características de dinamismo y flexibilidad de los grupos de trabajo involucrados, permitió satisfacer los plazos previstos.

Regulaciones

Además del estricto cumplimiento de las regulaciones ambientales, laborales e impositivas, el análisis de la normativa boliviana indicó la necesidad de suplantar determinados productos químicos, cuyo manipuleo es controlado y requiere una serie de permisos, por otros que no revisten tal carácter pero que resultan admisibles para el servicio deseado: por ejemplo, a los efectos de prevenir la formación de hidratos en cabeza se pozo, se suplantó el empleo de metanol por etanol.

Régimen aduanero

En lo que respecta al régimen aduanero, se anticipó la posible aparición de trabas administrativas.

Para ello, se llevaron a cabo reuniones previas en las ciudades de Tarija, La Paz, Santa Cruz de la Sierra y en el mismo obrador de la planta, en las que se congregaron los representantes de las empresas participantes en el proyecto y funcionarios aduaneros y administrativos del gobierno boliviano que iban a estar vinculados con el flujo de materiales, equipos y personas a través de la frontera. Durante estas reuniones, se explicaron diversos aspectos del proyecto. Se designó además un único interlocutor con el gobierno boliviano por estos temas. El resultado de esta operatoria permitió una mecánica ordenada y previsible de entrada y salida de equipos, materiales y personas.

Resumen

En la Tabla III se presentan los factores considerados y las etapas del proyecto sobre las cuáles incidieron más marcadamente.

Es dable destacar que como consecuencia de la consideración temprana de los factores indicados se logró en un periodo de veinte semanas ejecutar las fases de montaje, precomisionado, co-

misionado y puesta en marcha. La puesta en marcha fue exitosa, los productos alcanzaron la especificación en escasas horas y la operatoria de la planta resultó de acuerdo a lo previsto.

Conclusiones

En este trabajo se presentaron factores que si bien no siempre son considerados afectan significativamente los resultados de un proyecto; factores que no son de carácter exclusivamente técnico.

El tener en cuenta los aspectos mencionados redundará en favor de la eficiencia del desarrollo de un proyecto, incluso permitiendo la transformación de desventajas de un determinado escenario en ventajas competitivas. Durante la etapa de cotización de un proyecto, ello posibilitará además la adecuada presupuestación.

Se presentó un ejemplo en el cual estos factores fueron considerados resultando ello determinante para el éxito alcanzado.

Tabla III - Factores vs Etapas del Proyecto

| Factores | | Planificación | Ing Básica | Ing Detalle | Construcción | Montaje | Logística | Puesta en Marcha | Operación y Mantenimiento |
|---|---|---------------|------------|-------------|--------------|---------|-----------|------------------|---------------------------|
| | | | | | | | | | |
| Factores físicos, climáticos y geológicos | Ubicación / Accesibilidad | X | X | | X | X | X | | X |
| | Altimetría del terreno | | X | X | X | X | X | | |
| | Altura sobre el nivel del mar | | X | X | | | | | |
| | Temperatura ambiente | | X | X | | | | | |
| | Humedad ambiente | | X | X | | | | | |
| | Régimen de lluvias | X | X | X | X | | X | | |
| | Viento | | X | X | | | | | |
| | Nieve | | X | X | | | | | |
| | Sismo | | X | X | | | | | |
| | Cursos de agua | | X | X | | | X | | X |
| | Condiciones del suelo | | X | X | X | | | | X |
| Factores culturales, demográficos y socio-económicos | Impacto ambiental | X | X | | X | X | | X | X |
| | Poblaciones cercanas y urbanización | X | | | X | | X | X | X |
| | Representación local de proveedores | X | | | X | | X | X | X |
| | Situación social | X | | | X | X | X | | |
| | Disponibilidad, calificación, costo y productividad de mano de obra local | X | | | X | X | | X | X |
| | Idiosincrasia política local y nacional | X | | | | | | | |
| | Burocracias, sistemas administrativos oficiales | X | | | | | X | X | X |
| | Salud, epidemiología, enfermedades endémicas | X | | | | | | | |
| | Prácticas alimenticias locales | X | | | | | | | |
| Factores regulatorios | Usos y costumbres culturales y religiosos | X | | | | | | | |
| | Regulaciones | X | X | | X | | X | X | X |
| | Régimen aduanero | X | | | | | X | | X |
| | Exenciones | X | | | | | X | | X |
| | Impuestos locales | X | | | X | | X | | X |