

00568

**UNAM**  
**POSGRADO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE  
CONSTRUCTABILIDAD PARA UNA PLANTA DE  
ISOMERIZACIÓN DE PENTANOS Y HEXANOS**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

(INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS)

**P R E S E N T A :**

**MARÍA DEL ROSARIO HERNÁNDEZ ALTAMIRANO**

DIRECTOR DE TESIS, UNAM: M. en C. LETICIA LOZANO RÍOS

DIRECTOR DE TESIS, IMP: M. EN A. JOSÉ CHAVEZ GARCÍA



CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F.

AGOSTO 2005

m. 347431



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Maria del Rosario  
Hernández Altamirano

FECHA: 01- Septiembre / 2005

FIRMA: 

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE**

DR. OVSEY GELMAN MURAVICK.

**SECRETARIO**

DR. CARLOS ESCOBAR TOLEDO.

**VOCAL**

M EN C. JORGE LUIS AGUILAR GONZÁLEZ.

**1<sup>ER</sup> SUPLENTE**

M EN C. EZEQUIEL MILLÁN VELASCO.

**2<sup>º</sup> SUPLENTE**

ING. MANUEL LÓPEZ RAMOS.

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO.

**DIRECTOR DE TESIS UNAM:**

M EN C. LETICIA LOZANO RÍOS.

**DIRECTOR DE TESIS IMP:**

M EN A. JOSÉ CHAVÉZ GARCÍA.

**Al Instituto Mexicano del Petróleo:**

Por darme la oportunidad de formar parte del programa de estancias profesionales para llevar a cabo la realización de este trabajo de tesis y por abrirme las puertas para desarrollarme en la administración de proyectos de la industria petrolera.

En especial a:

M.C. Ernesto Alfaro Pastor.

M. en A. Pedro Hugo Terreros García.

Ing. Óscar Dávila Jara.

**A mis directores de tesis:**

UNAM: M. en C. LETICIA LOZANO RÍOS.

IMP: M. EN A. JOSÉ CHAVEZ GARCÍA.

Porque son el mejor ejemplo a seguir y por compartir su valioso tiempo y sobre todo sus conocimientos para la realización de este trabajo y porque aprendí a conocerlos y admirarlos como personas y profesionistas.

**A mis profesores y sinodales:**

Por la gran oportunidad que nos dieron al trasmitirnos sus conocimientos y experiencias adquiridas a través del tiempo en su ámbito laboral y que forman parte ya de los cimientos que determinaran nuestra nueva etapa como administradores de proyectos.

**A la familia González Vázquez:**

Por darme la oportunidad de formar parte de ustedes, por el apoyo recibido en todo momento y sobre todo por los momentos felices que compartimos.

**A DIOS:**

Porque cada día que pasa aprendo que la vida es una lucha constante y que a pesar de los problemas que nos enfrentamos, siempre existe un nuevo amanecer.

**A MIS HERMANOS:**

Que son el mejor ejemplo en mi vida, porque de ellos aprendí a que no hay que temerle a nada en la vida, que se puede lograr todo en la vida siendo constantes, disciplinados y con el objetivo bien definido en la mente.

Sobre toda a esa gran mujer, guerrera invencible, mujer entregada, ángel de amor que dios me dio la dicha de tener, ejemplo de fortaleza y lucha constante *MI MADRE*.

**A FAUSTO:**

Porque me enseñaste que el amar y compartir la vida es un proyecto complejo, en el cual deben estar bien definidos los objetivos de vida hacia el futuro, y que a través de una buena planeación del alcance y de los recursos con que contamos cada uno, los cuales deben ser utilizados y controlados debidamente dependerá el éxito o el fracaso del mismo.

**A MI PADRE Y A KAREN (+):**

Porque son las estrellas que guían e iluminan mi camino, porque se que de hoy en adelante no hay nada que temer.

**¡A TODOS GRACIAS POR FORMAR PARTE DE MI MUNDO!**

## ÍNDICE

|                   |   |            |
|-------------------|---|------------|
| i                 | INTRODUCCIÓN  |            |
| ii                | RESUMEN   |            |
| <b>CAPÍTULO 1</b> |   | <b>1</b>   |
| <b>1.0</b>        | <b>PRESENTACIÓN</b>   | <b>1</b>   |
| 1.1               | IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA PETROLERA   | 1          |
| 1.2               | PETRÓLEOS MEXICANOS Y LA REFINACIÓN   | 4          |
| <b>2.0</b>        | <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>   | <b>6</b>   |
| <b>3.0</b>        | <b>JUSTIFICACIÓN</b>  | <b>8</b>   |
| <b>4.0</b>        | <b>OBJETIVO</b>   | <b>10</b>  |
| <b>5.0</b>        | <b>HIPÓTESIS DE TRABAJO</b>   | <b>10</b>  |
| <b>CAPÍTULO 2</b> |   | <b>11</b>  |
| <b>6.0</b>        | <b>MARCO DE REFERENCIA</b>  | <b>11</b>  |
| 6.1               | ANTECEDENTES  | 11         |
| 6.2               | DEFINICIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD   | 12         |
| 6.3               | INFLUENCIA DE LA CONSTRUCTABILIDAD EN LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO  | 14         |
| 6.4               | OBJETIVOS DE LA CONSTRUCTABILIDAD   | 15         |
| 6.5               | CONSTRUCTABILIDAD Y EL GRUPO DE TRABAJO   | 15         |
| 6.6               | CONCEPTOS DE LA CONSTRUCTABILIDAD Y LAS FASES DEL PROYECTO  | 17         |
| 6.7               | CONSTRUCTABILIDAD Y LOS BENEFICIOS QUE GENERA   | 25         |
| <b>CAPÍTULO 3</b> |   | <b>27</b>  |
| <b>7.0</b>        | <b>METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DE LA CONSTRUCTABILIDAD DEL INSTITUTO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (CII)</b> | <b>27</b>  |
| 7.1               | IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA A NIVEL ORGANIZACIONAL   | 28         |
| A)                | <i>Establecer compromiso para Implantar la Constructabilidad</i>  | 28         |
| B)                | <i>Establecer un Programa de Constructabilidad</i>  | 31         |
| 7.2               | IMPLANTACIÓN DE LA CONSTRUCTABILIDAD A NIVEL PROYECTO   | 34         |
| C)                | <i>Obtener Capacidades de Constructabilidad</i>   | 34         |
| D)                | <i>Implantar el Plan de Constructabilidad</i>   | 38         |
| E)                | <i>Implantar la Constructabilidad</i>   | 42         |
| F)                | <i>Actualizar el Programa Organizacional</i>  | 43         |
| <b>CAPÍTULO 4</b> |   | <b>45</b>  |
| <b>8.0</b>        | <b>METODOLOGÍA DE CONSTRUCTABILIDAD PLANTEADA PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS</b>              | <b>45</b>  |
| <b>9.0</b>        | <b>CASO DE ESTUDIO: “EMPLEO DE LA METODOLOGÍA DE CONSTRUCTABILIDAD”</b>   | <b>48</b>  |
| <b>10.0</b>       | <b>RESULTADOS</b>   | <b>93</b>  |
| <b>11.0</b>       | <b>CONCLUSIONES</b>   | <b>102</b> |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 12.0 GLOSARIO DE TÉRMINOS..... | 106 |
| BIBLIOGRAFÍA .....             | 118 |
| ANEXOS .....                   | 120 |

### LISTA DE FIGURAS Y ANEXOS

| <u>No. DE FIGURA</u> | <u>DESCRIPCIÓN</u>  |
|----------------------|---|
| 1                    | Organigrama de las Subsidiarias de PEMEX.                                       |
| 2                    | Instalaciones Petroleras.   |
| 3                    | Esquema típico de la Formulación de la Gasolina en una Refinería.               |
| 4                    | Comportamiento de las Exportaciones e Importaciones de Productos Petrolíferos.  |
| 5                    | Gráficas de la Elaboración y Demanda de Productos Petrolíferos.                 |
| 6                    | Habilidad para Influir en el Costo durante el Ciclo de Vida del Proyecto.       |
| 7                    | Porcentaje sobre el Costo que tiene cada Fase en la Participación del Proyecto. |
| 8                    | Objetivos del Proyecto.   |
| 9                    | Programa para la Implantación de Constructabilidad.                             |
| 10                   | Inputs y Outputs del Programa de Constructabilidad.                             |
| 11                   | Nivel de Maduración del Programa de Constructabilidad.                          |
| 12                   | Barreras Comunes Encontradas en la Constructabilidad.                           |
| 13                   | Rompimiento de Barreras Comunes en la Implantación de Constructabilidad.        |
| 14                   | Ejemplo de cómo puede estar Estructurada una Organización de Constructabilidad. |
| 15                   | Ejemplo de Aplicación de Matriz en la Fase Global para Proyectos Industriales.  |
| 16                   | Secuencia de Actividades de la Planta Isomerizadora (Proyecto IPC).             |



|    |  |
|----|--|
| 17 | Diagrama de Flujo de Proceso de la Planta Isomerizadora.   |
| 18 | Diagrama de Flujo de Proceso de la Planta Isomerizadora.   |
| 19 | Plano de Localización General de la Planta Isomerizadora.  |
| 20 | Diagrama de Flujo de Lecciones Aprendidas.   |
| 21 | Matriz de Aplicación Fase: Planeación Conceptual.  |
| 22 | Matriz de Aplicación Fase: Administración y Control.   |
| 23 | Matriz de Aplicación Fase: Ingeniería.   |
| 24 | Matriz de Aplicación Fase: Procura.  |
| 25 | Matriz de Aplicación Fase: Construcción.   |
| 26 | Matriz de Aplicación Fase: Puesta en Marcha.   |
| 27 | Plano de Localización General. Observaciones de Constructabilidad Generadas en el Caso de Estudio. |

|                |   |
|----------------|---|
| <b>Anexo A</b> | Diseño de la Base de Datos de Lecciones Aprendidas.                 |
| <b>Anexo B</b> | Archivo de Lecciones Aprendidas de Constructabilidad.               |
| <b>Anexo C</b> | Lista de Verificación de cada Equipo de Proceso.                    |
| <b>Anexo D</b> | Cuestionario de Evaluación de Constructabilidad.                    |
| <b>Anexo E</b> | Resultados Obtenidos de las Listas de Verificación.                 |
| <b>Anexo F</b> | Resultado Graficados Obtenidos de las Entrevistas con Los Expertos. |

## **i INTRODUCCIÓN**

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto o servicio único. Para lograr un proyecto exitoso es primordial tener una eficaz administración de proyectos, que permita aplicar conocimientos, habilidades, técnicas y herramientas para administrar los recursos en el desarrollo de los proyectos y para satisfacer las necesidades del cliente en tiempo, costo, calidad y alcances establecidos.

Las organizaciones siempre están en la búsqueda de ideas innovadoras en desarrollar metodologías que contribuyan al logro de ahorros sustanciales durante la ejecución de los proyectos; un ejemplo, de estos desarrollos es el creado por el Instituto de la Industria de la Construcción (CII) que es el concepto de Constructabilidad, cuya metodología se ha aplicado a varios proyectos y demostrado su efectividad.

El concepto de Constructabilidad se define como el uso óptimo de conocimientos de construcción y experiencia en planeación, diseño, procura y trabajo en campo para lograr los objetivos globales del proyecto y los beneficios máximos que ocurren cuando individuos con conocimientos y experiencia en construcción se involucran en las fases tempranas del proyecto.

El aplicar este término no es tan fácil como parece ya que existe una cultura muy arraigada de los conceptos relacionados con cada una de las etapas del proyecto, como elementos separados, es decir la etapa de Ingeniería Conceptual termina y comienza la de Ingeniería Básica, terminando ésta comienza la etapa de Ingeniería de Detalle, y luego entra la etapa de Procura y Construcción hasta la Puesta en Marcha, esta separación entre etapas da como resultado conflictos entre disciplinas, mala comunicación e interpretación en el

momento de realizar los diseños, retrabajos, diseños que no son fácilmente construibles, entre otros<sup>1</sup>.

La aplicación de los conceptos de Constructabilidad permite servir como puente para cada una de estas etapas, logrando la formación de un equipo de Constructabilidad bien estructurado, el cual lo integran los expertos que se involucran de manera temprana en el proyecto, un equipo con una mente abierta, capaz de escuchar cada una de las sugerencias que le planteen los participantes del proyecto, pero que al mismo tiempo sean capaces de analizar y seleccionar aquella sugerencia que sea importante aplicarse al proyecto, por ejemplo, la determinación de los métodos de construcción más convenientes y tomar en cuenta la mano de obra disponible, el sitio, las condiciones ambientales para de esta manera plasmarlos en los diseños.

Desde el inicio del proyecto se puede determinar cuales son los trabajos que se van a prefabricar y si se van a realizar en sitio o en el taller del proveedor, cuales se van preensamblar o cuales van hacer modularizadas. Cada una de las sugerencias que el equipo emite a través de sus años de experiencias enriquece día con día la ejecución de los proyectos, ya que una decisión tomada a tiempo impacta de manera importante no solo en un objetivo del proyecto si no en varios al mismo tiempo.

El equipo de expertos considera que es muy conveniente, por ejemplo, dividir el área global del plano de localización general (PLG) en grupos distintos de equipos de proceso que estén relacionados entre si, porque el tener un buen arreglo mejora la Constructabilidad y el mantenimiento de la planta, se logran rutas de accesos adecuadas y seguras para el manejo de materiales y equipo de construcción. Esto a vez reduce las probabilidades de riesgo debido a que el sitio está menos congestionado e impacta en la mejora de la productividad del

trabajo y al mismo tiempo satisface los requerimientos de la compañía de seguros.

En otras palabras la aplicación de la Constructabilidad permite satisfacer los estándares de construcción internacional, la reglamentación gubernamental y las regulaciones ambientales, entre otros.

Otras de las observaciones es evitar como sea posibles estructuras complejas en dimensiones y elevaciones porque siempre requieren más equipos, presentan mayores riesgos y reducen la productividad e impiden la Constructabilidad. Por otra parte es recomendable estandarizar arreglos similares o idénticos; también es conveniente localizar dentro del plano de distribución de áreas y equipos, las torres altas y equipos pesados los más cercanos a los límites de batería ya que se tienen mejores accesos para los trabajos de izajes. Cada una de estas sugerencias deben ser analizadas, evaluadas y registradas en una base de datos como lecciones aprendidas ya que éstas forman parte de las herramientas que la metodología del Instituto de la Industria de la Construcción (CII) propone.

El presente trabajo tiene el objetivo de emplear una metodología basada en los conceptos de Constructabilidad y propuesta por el CII. Esta metodología se aplicará al proyecto de construcción de una planta isomerizadora de pentanos y hexanos ya instalada.

<sup>1</sup>Kerridge Arthur E. "Part 1. Plan for Constructability", Hydrocarbon Processing, Houston, 1993 January, pp 135 -145.

## ii RESUMEN

Este trabajo de tesis esta dividido en dos partes: La **primera parte** se muestra el motivo por el cual se realiza el presente trabajo y la **segunda parte** se describe lo que contiene cada capítulo que lo integra.

En el **capítulo 1** se realiza una presentación sobre la importancia de la industria petrolera, la posición en que se encuentra a nivel mundial, los productos que procesa; en este apartado se plantea que existe un problema en cuanto a la producción de gasolinas en nuestro país y con ello se hace una justificación del porque se eligió el caso de estudio de la planta isomerizadora, así como también se presentan los objetivos y la hipótesis que respalda este trabajo.

En el **capítulo 2** se describe todo lo relacionado con la constructabilidad como son sus conceptos, definiciones, influencias en los objetivos del proyecto, el objetivo de la constructabilidad, el grupo de trabajo, como se aplica en las etapas del proyecto y los beneficios que genera al aplicarse.

El **capítulo 3** se da a conocer en que consiste la metodología de constructabilidad propuesta por el Instituto de la Industria de la Construcción (CII).

En el **capítulo 4** se emplea la metodología de constructabilidad al proyecto de construcción de una planta isomerizadora ya instalada y se presentan los resultados obtenidos.

Y por ultimo se presentan las conclusiones a las que se llegaron al emplear la metodología de constructabilidad, un glosario de términos y se anexan documentos que sirven de apoyo o referencia para el desarrollo del presente trabajo de tesis.

## CAPÍTULO 1

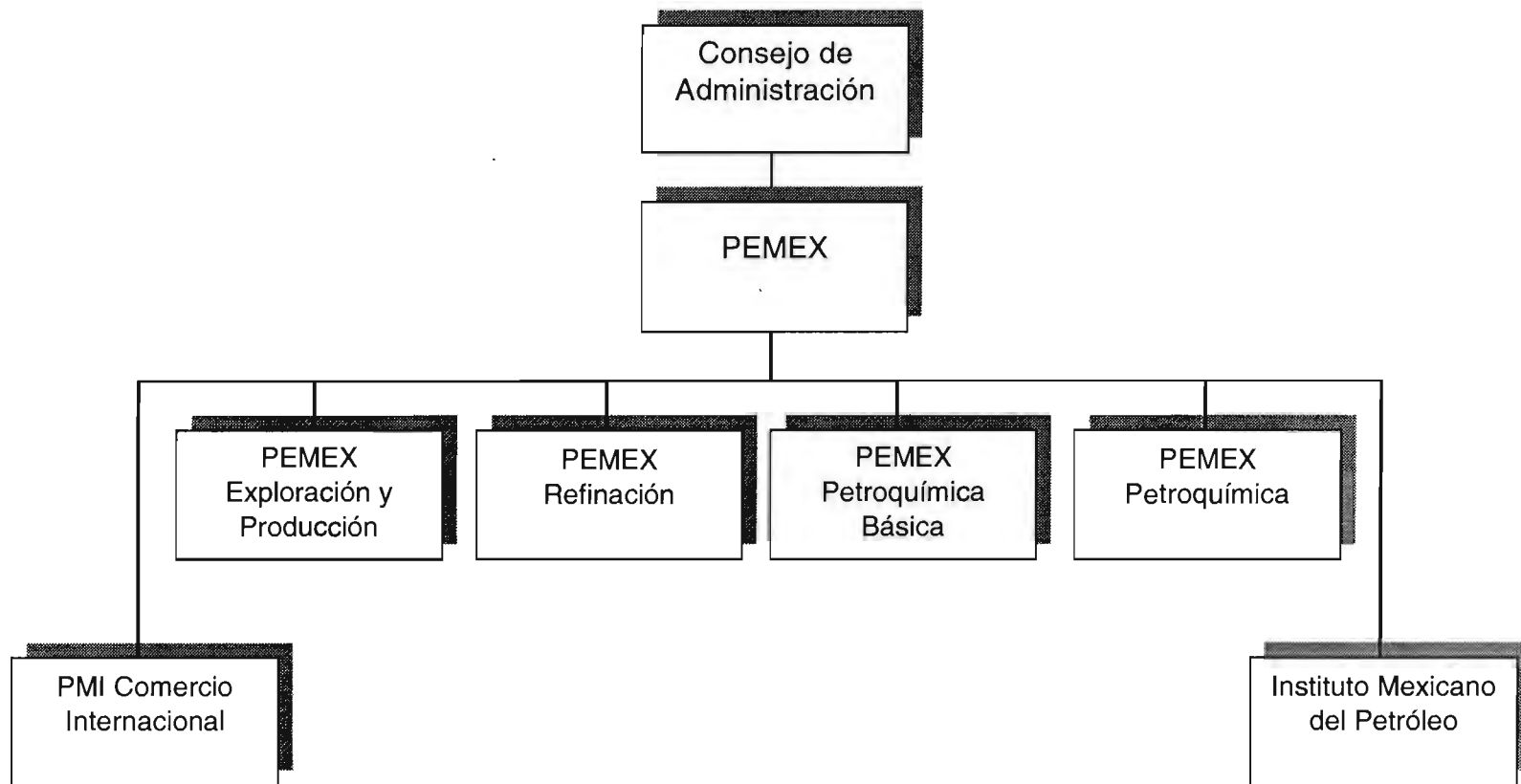
### 1.0 PRESENTACIÓN

#### 1.1 IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA PETROLERA

Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la actualidad se considera como una de las empresas más grandes de nuestro País de acuerdo a la información obtenida en estudios recientes<sup>2</sup>, su posición se encuentra a nivel mundial de la siguiente manera:

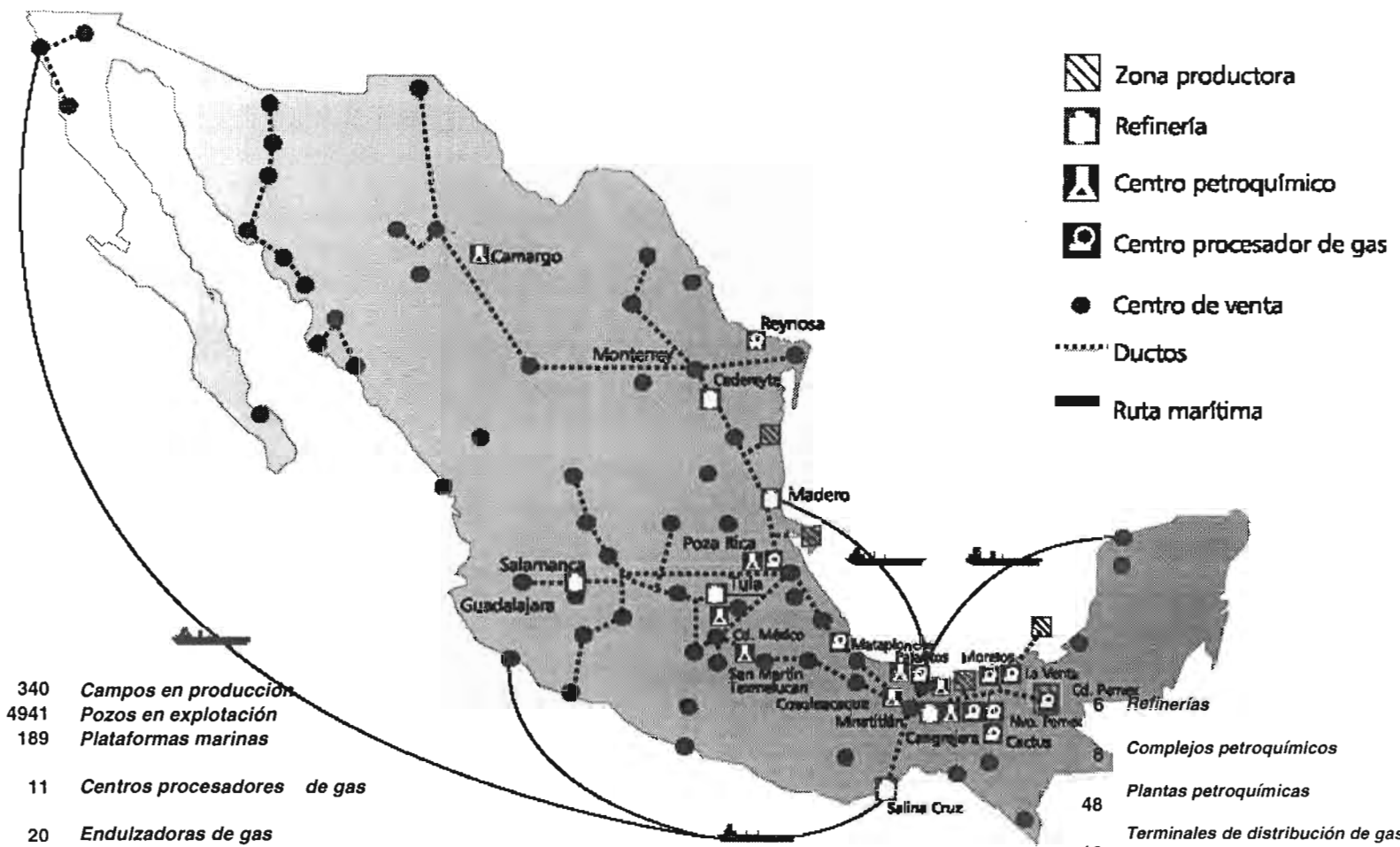
|   | Posición |
|---|----------|
| Reservas probadas de petróleo crudo en el 2003.                                   | 13°      |
| Reservas probadas de gas natural en el 2003.                                      | 34°      |
| Producción de petróleo crudo en el 2003.  | 6°       |
| Producción de gas natural en el 2003.   | 10°      |
| Capacidad de destilación primaria en el 2003.                                     | 14°      |
| Principal empresa petrolera por nivel de producción de petróleo crudo en el 2003. | 6°       |
| Principal empresa petrolera por nivel de producción de gas natural en el 2003.    | 10°      |
| Principal empresa petrolera por nivel de ventas en el 2002.                       | 7°       |

Pero, ¿como empieza a consolidarse PEMEX, para ocupar esta posición a nivel mundial? En el año de 1992 Petróleos Mexicanos se descentraliza en organismos subsidiarios, se desconcentra en sus funciones y recursos para cumplir con todas las actividades implícitas de la industria petrolera. Se crean cinco organismos (**Ver Fig. 1 y 2**) subsidiarios de carácter técnico, industrial y comercial, cada uno de ellos con personalidad jurídica y patrimonios propios, todos bajo la conducción central del Corporativo PEMEX; estos organismos subsidiarios son:



|  |        |      |
|--|--------|------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO              |        |      |
| ORGANIGRAMA DE LAS SUBSIDIARIAS DE PEMEX             |        |      |
| MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS | FIG. 1 | 2004 |

Fuente: Petróleos Mexicanos, "Propósito, Visión y Organización de PEMEX", 2003, Página de internet: <http://www.pemex.com>.



- 340 Campos en producción
- 4941 Pozos en explotación
- 189 Plataformas marinas
  
- 11 Centros procesadores de gas
  
- 20 Endulzadoras de gas
- 15 Plantas criogénicas
- 2 Plantas de absorción
- 7 Fraccionadoras
- 6 Endulzadoras de condensados
- 13 Recuperadoras de azufre

- Zona productora
- Refinería
- Centro petroquímico
- Centro procesador de gas
- Centro de venta
- Ductos
- Ruta marítima
  
- 6 Refinerías
- 8 Complejos petroquímicos
- 48 Plantas petroquímicas
- 16 Terminales de distribución de gas licuado
- 77 Plantas de almacenamiento y agencias de ventas de productos petrolíferos

|   |               |             |
|---|---------------|-------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b>              |               |             |
| <b>INSTALACIONES PETROLERAS</b>                             |               |             |
| <b>MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS</b> | <b>FIG. 2</b> | <b>2004</b> |

Fuente: Petróleos Mexicanos, "Propósito, Visión y Organización de PEMEX", 2003, Página de Internet: <http://www.pemex.com>.



- *PEMEX Exploración y producción (PEP)* localiza y desarrolla las reservas de petróleo crudo y gas natural de México.
- *PEMEX Refinación* transforma el petróleo crudo en gasolina, turbosina, diesel, combustóleo y gas licuado, parte de estos productos los distribuye y comercializa en México.
- *PEMEX Gas y Petroquímica Básica* procesa el gas natural y líquidos de gas natural, transporta, distribuye y comercializa en México el gas natural y el gas natural licuado, asimismo, produce y comercializa materias primas petroquímicas básicas.
- *PEMEX Petroquímica* a través de sus siete empresas filiales (Petroquímica Camargo, Petroquímica Cangrejera, Petroquímica Cosoleacaque Petroquímica Escolín, Petroquímica Morelos, Petroquímica Pajaritos y Petroquímica Tula) elabora, distribuye y comercializa una amplia variedad de productos petroquímicos secundarios (Naftas, Propileno, Diesel, Gasolinas, Lubricantes, Isopropanol, Anhídrido carbónico y otros).
- Comercio Internacional (PMI) el cual provee servicios relacionados con el comercio exterior, a los 4 organismos subsidiarios y a clientes independientes. El PMI vende, negocia y transporta todos los productos que genera PEMEX a los mercados mundiales, asimismo proporciona servicios de administración de riesgos, seguro, transporte y almacenamiento.
- Instituto Mexicano de Petróleo (IMP) proporciona apoyo tecnológico en la extracción de hidrocarburos, en la elaboración de productos petrolíferos y petroquímicos, servicios de alto contenido tecnológico, servicios de ingeniería, asistencia técnica, investigación sobre catalizadores, entre otros.

A partir de esta reestructuración administrativa, se llevó a cabo una transformación profunda de la empresa para maximizar el valor económico de

las operaciones y para planear y ejecutar proyectos de inversión con mayor solidez y rentabilidad. De esta manera, en 1995 y 1996 se fortalecieron los programas operativos de PEMEX para mantener la producción de hidrocarburos y aumentar la elaboración y distribución de productos petrolíferos de mayor calidad.

En 1997 se estableció con respecto a las refinerías la construcción de 10 nuevas plantas de proceso y ampliación de 10 plantas más de las ya existentes. Durante el año 2000, se establecieron las bases para el diseño del Plan Estratégico 2001-2010, en el cual se proponen las estrategias operativas para maximizar el valor económico de las actividades operativas de PEMEX, la modernización de su administración para generar ahorros.

A partir del mes de diciembre del 2000, se inició una nueva era en la industria petrolera mexicana con la implantación de estrategias orientadas a buscar un crecimiento dinámico de Petróleos Mexicanos, mediante la ejecución de importantes proyectos dirigidos a la producción de crudo ligero, a la aceleración de la reconfiguración de las refinerías, al mejoramiento de la calidad de los productos, a la optimización de la exploración para gas no asociado y a la integración de alianzas con la iniciativa privada para revitalizar y fomentar a la industria petroquímica.

Para cumplir estas metas, se lleva a cabo una reestructuración del Corporativo, con el propósito de mantener el liderazgo en la operación integral de la empresa, dar seguimiento a la nueva planeación e identificar los cambios encaminados a alcanzar mayores rendimientos y una mejor operación de las instalaciones con costos y calidad de nivel mundial.

<sup>2</sup>Petróleos Mexicanos, "*Comparaciones Internacionales*", 2003, Pagina de internet <http://www.pemex.com>

## 1.2 PETRÓLEOS MEXICANOS Y LA REFINACIÓN

Una de las estrategias orientadas a lograr el crecimiento dinámico de PEMEX son las refinerías, a través de la modernización, reconfiguración, ampliación de las plantas existentes y construcción de nuevas plantas.

PEMEX Refinación forma parte de los cinco organismos subsidiarios de Petróleos Mexicanos y su función principal es la de elaborar productos petrolíferos y derivados del petróleo, así como la distribución, almacenamiento y venta de los mismos.

PEMEX Refinación de acuerdo a sus fuentes de información<sup>3</sup> a diciembre del 2003, cuenta con una capacidad de destilación atmosférica de 1, 540,000 barriles por día, procesa 1, 286,000 barriles por día de crudo y líquidos, elaborando productos petrolíferos de 1, 343,000 barriles por día y sus ventas internas de petrolíferos ascienden a 1, 357,000 barriles por día.

PEMEX refinación cuenta con seis refinerías<sup>4</sup>:

| <b>REFINERÍA</b> | <b>PLANTAS PRINCIPALES DEL PROCESO</b> |
|------------------|--|
| Cadereyta        | 13                                     |
| Madero           | 21                                     |
| Salamanca        | 28                                     |
| Tula             | 15                                     |
| Minatitlán       | 22                                     |
| Salina Cruz      | 18                                     |

<sup>3</sup>Petróleos Mexicanos, "PEMEX Refinación", 2003, Pagina de internet: <http://www.pemex.com>

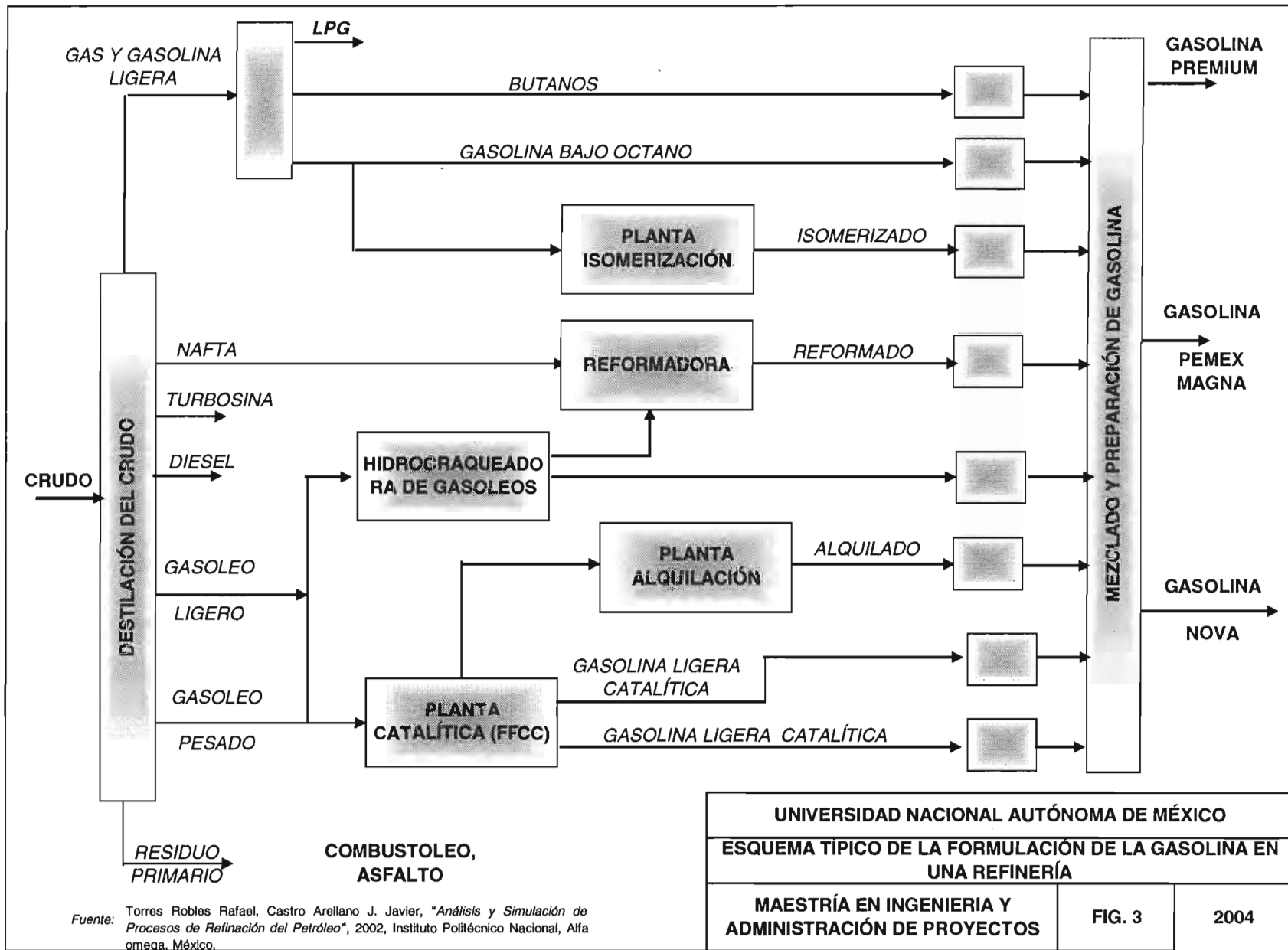
<sup>4</sup>Instituto Mexicano de Ingenieros Quimicos, "Aplicación de PIMS en refinerías", Vol. 11-12, ISSN 0188-7319,1995 Noviembre-Diciembre, p.p.41.

Estas refinerías tienen una extensa red de ductos (oleoductos y poliductos); para la distribución de crudos tienen 5, 266 Km. de ductos y para la distribución de productos cuentan con 8, 944 Km., asimismo cuentan con 77 centros de venta y 6,166 estaciones de servicio.

Dentro de los productos petrolíferos que se generan en PEMEX refinación (**Ver Fig. 3**), se pueden mencionar el Gas licuado, Gasolinas (PEMEX magna, PEMEX premium y otras), Querosenos (Turbosina y otros querosenos), Diesel (Desulfurado, PEMEX Diesel y otros), Combustible industrial, Combustóleo (pesado e intermedio 15), Asfaltos, Lubricantes, Parafinas, Gas seco y otros petrolíferos.

Con base a la información proporcionada<sup>5</sup>, PEMEX refinación esta exportando 177, 000 barriles diarios de productos petrolíferos que equivale a \$ 1,614.5 millones de dólares (\$17,485,035, 000.00 pesos), en cuanto a la importación es de 200,000 barriles diarios e equivalente a \$2,423.3 millones de dólares (\$ 2 6, 244, 339,000 pesos), inclinándose la balanza comercial hacia las importaciones, situación que debe corregirse en un futuro inmediato para evitar la dependencia externa a la que esta sujeta actualmente el país.

<sup>5</sup>Petroleos Mexicanos, "Comparaciones Internacionales", 2003, Pagina de internet <http://www.pemex.com>.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**ESQUEMA TÍPICO DE LA FORMULACIÓN DE LA GASOLINA EN UNA REFINERÍA**

|   |        |      |
|---|--------|------|
| <b>MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS</b> | FIG. 3 | 2004 |
|---|--------|------|

Fuente: Torres Robles Rafael, Castro Arellano J. Javier, "Análisis y Simulación de Procesos de Refinación del Petróleo", 2002, Instituto Politécnico Nacional, Alfa omega, México.

## 2.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Analizando la información obtenida en el apartado anterior observamos que PEMEX refinación actualmente esta exportando una menor cantidad de productos petrolíferos en comparación con las cifras obtenidas de la importación (**Ver Fig. 4**), esto genera perdidas monetarias considerables.

Uno de los factores que ocasionó este problema fue el incremento de precios del petróleo crudo, por ello se registró una fuerte demanda de productos refinados por lo cual se vio en la necesidad de importar para completar la producción nacional<sup>6</sup>.

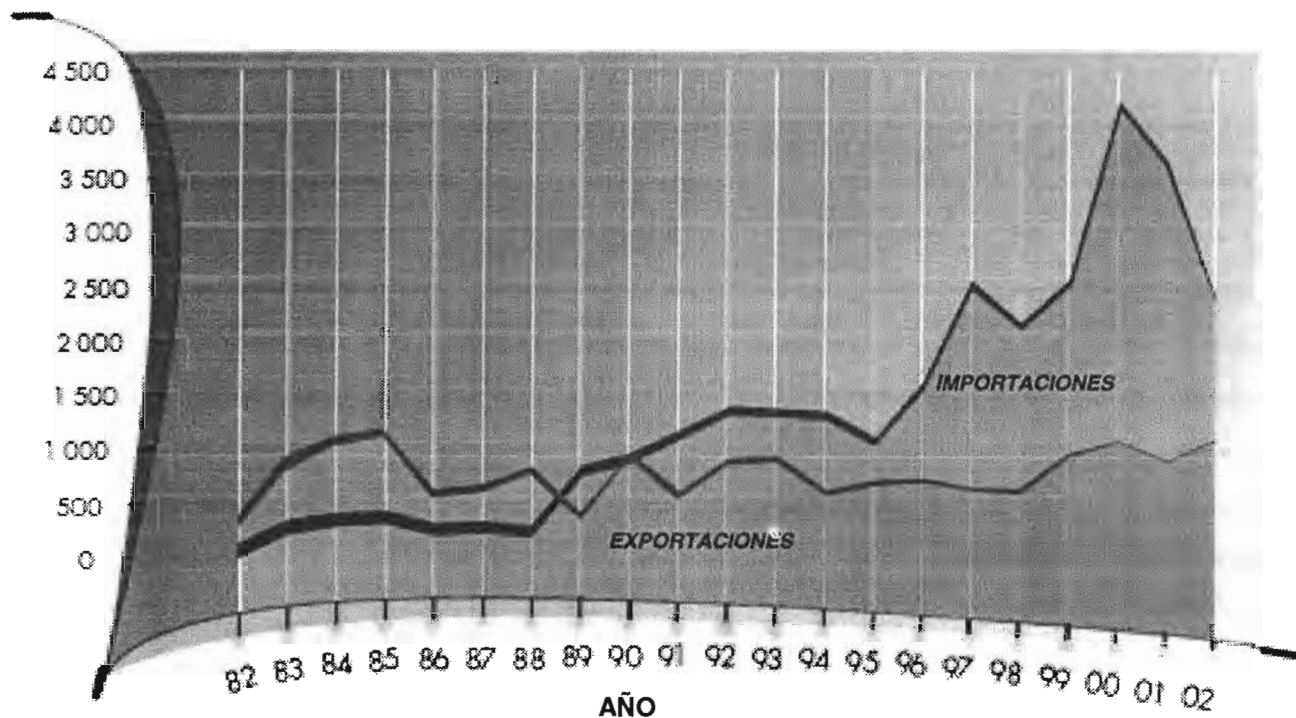
Para eliminar este problema, PEMEX establece programas de inversión enfocados a la reconfiguración de refinerías, con lo que se pretende aumentar su capacidad de producción. Este programa tiene dos objetivos perfectamente definidos que son:

- a) Alcanzar una mayor productividad.
- b) Obtener productos de alto valor.

Con este programa se podrá contar con 41 plantas de proceso nuevas y 20 plantas reacondicionadas en las seis refinerías<sup>7</sup>.

El desarrollo de este trabajo se enfoca al comportamiento de un producto determinado que genera PEMEX refinación que es la gasolina (**Ver Fig.5**).

MILLONES DE  
DOLÁRES



**Balanza de comercio exterior de petrolíferos**  
(millones de dólares)

Exportaciones ■  
Importaciones ■

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

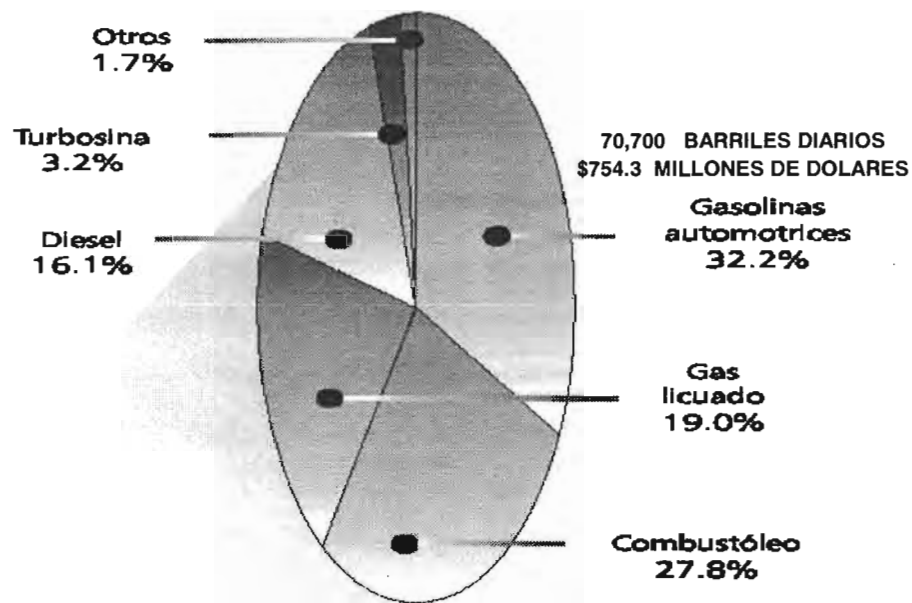
COMPORTAMIENTO DE LAS EXPORTACIONES E  
IMPORTACIONES DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS

MAESTRÍA EN INGENIERIA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

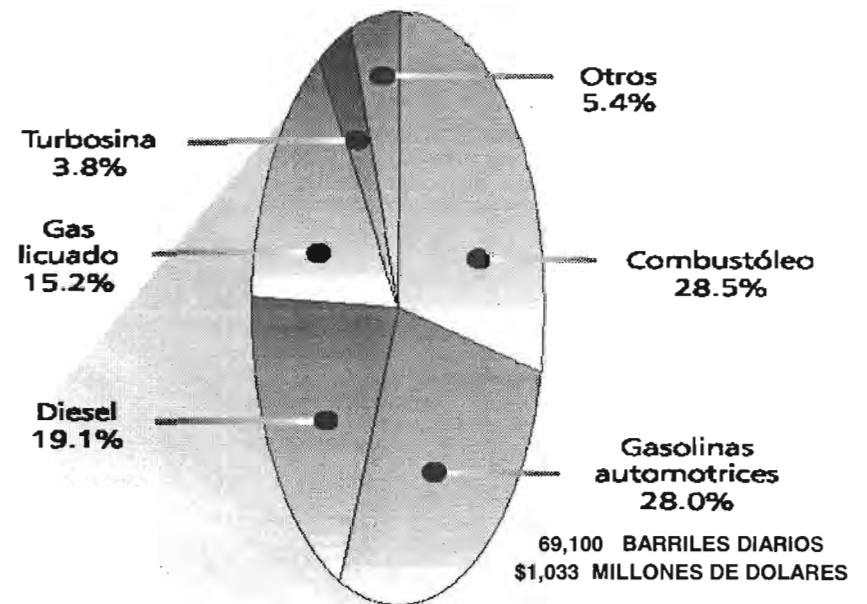
FIG. 4

2004

**ELABORACIÓN DE PRODUCTOS  
PETROLÍFEROS, 2003**



**DEMANDA DE PRODUCTOS  
PETROLÍFEROS, 2003**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

GRÁFICAS DE ELABORACIÓN Y DEMANDA DE PRODUCTOS  
PETROLÍFEROS

MAESTRÍA EN INGENIERIA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 5

2004



Cabe mencionar que se esta exportando 70,700 barriles diarios de gasolina con un costo de \$ 754.3 millones de dólares (\$8, 169, 069,000.00 pesos) y se esta importando 69,100 barriles diarios equivalente a \$ 1,033 millones de dólares (\$11, 187, 390,000 pesos)<sup>8</sup>.

<sup>6</sup>Petróleos Mexicanos, "*Carta del Director General, Raúl Muñoz Leos*", 2000, <http://www.pemex.com>.

<sup>7</sup>Petróleos Mexicanos, "*Plan Estratégico 2001-2010*", Pagina de internet: <http://www.pemex.com>.

<sup>8</sup>Petróleos Mexicanos, "*PEMEX Internacional*", 2003, Pagina de internet: <http://www.pemex.com>.

### 3.0 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo propone el uso de una herramienta que muchas empresas dedicadas al desarrollo de proyectos en Estados Unidos han venido utilizando como una de las alternativas más factibles para desarrollar proyectos de ingeniería que sean construibles en menor tiempo, con mayor calidad y a bajos costos.

Por lo cual se propone hacer uso de dicha herramienta para contribuir al cumplimiento de uno de los puntos del programa de inversión que PEMEX estableció; como son proyectos de construcción de nuevas plantas o ampliación de plantas existentes en refinerías.

Esta herramienta se considera una alternativa ideal para los proyectos que PEMEX desea desarrollar de tal forma que reduzca en forma sustancial el costo, y esto a su vez permita la inversión en nuevos proyectos impactando en el desarrollo económico del país y al mismo tiempo cumplir con las expectativas deseadas definidas en el plan estratégico 2001-2010 .

La herramienta consiste en aplicar el concepto llamado "*Constructabilidad*".

Al aplicar dicha técnica se pretenden lograr beneficios como son:

- Reducción de costos
- Reducción de programa de ejecución
- Optimización de horas-hombre requeridas por diseño y construcción.
- Evitar de retrabajos.
- Arreglos de equipos optimizados.

- Mejor planeación de los estándares de calidad que se aplicaran, aseguramiento de la calidad, controles y acciones como la prevención en el desarrollo de los entregables
- Alta calidad en productos terminados.
- Mejora en seguridad.

Todos estos beneficios impactaran en los objetivos principales del proyecto.

## 4.0 OBJETIVO

- Emplear una metodología con base en la Constructabilidad para la optimización de la ejecución de proyectos IPC (Ingeniería-Procurement-Construction) ya sea de una planta química, petroquímica o de refinación del petróleo y en caso particular a la construcción de una planta isomerizadora de pentanos y hexanos.
- Desarrollar un archivo de lecciones aprendidas obtenidas a través de la experiencia adquirida y de los conocimientos aportados por los expertos en proyectos.
- Diseñar una base de datos de lecciones aprendidas que permita ser consultada y al mismo tiempo ser actualizada durante la ejecución de los proyectos.
- Desarrollar listas de verificación de Constructabilidad de equipos de proceso que permita ser usadas como una herramienta de trabajo en las primeras etapas del proyecto con el fin de optimizar los beneficios en costo, calidad, programa y seguridad.

## 5.0 HIPÓTESIS DE TRABAJO

“Aplicando los conceptos de la Constructabilidad en la ejecución del proyecto de una Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos a través de una metodología, se lograrán beneficios en cuanto a reducción del costo, plazo de ejecución e incremento en la calidad de los productos terminados, ya que es factible evitar retrabajos, estandarizar el proceso constructivo y facilitar su terminación oportuna”.

## CAPÍTULO 2

### 6.0 MARCO DE REFERENCIA

#### 6.1 ANTECEDENTES

En años anteriores muchos de los proyectos que se desarrollaban en las Firmas de Ingeniería y Construcción se realizaban por separado como etapas individuales. La etapa de ingeniería enfocaba su mayor interés en minimizar los costos a través de sus diseños y la etapa de construcción ponía todos sus esfuerzos en minimizar los costos en campo. Interpretado de la siguiente manera se puede decir que la ingeniería se encargaba de diseñar y la construcción de construir.

Era muy raro que los ingenieros tuvieran la oportunidad de dedicar parte de su tiempo en realizar visitas de trabajo al campo y que el personal de la construcción no tenía el interés o la oportunidad de involucrarse en las etapas tempranas de la ingeniería. La separación de estas etapas daba como resultado el no cumplir con los objetivos del proyecto, ya que como consecuencia se generaban retrabajos, actividades duplicadas, retrasos en la entrega del material y el equipo, se presentaban cambios de última hora solicitados por la construcción en los diseños, debido a que no se estaba cumpliendo con las expectativas del cliente, entre otros.

Dicha problemática despertó el interés del Instituto de la Industria de la Construcción (CII), el cual se avocó a investigar y encontrar una solución que permitiera eliminar o controlar dicha problemática.

El CII en su afán de investigar nuevas técnicas y métodos para mejorar la industria de la construcción en el año de 1983, introduce el concepto de llamado “Constructabilidad”.

De esta manera la Constructabilidad se convierte en el puente principal que enlaza cada una de las fases del proyecto permitiendo su integración total.

## 6.2 DEFINICIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD

La Constructabilidad o “Constructability” proviene de una palabra compuesta Construcción y Habilidad, que significa “Habilidad para construir”.

Varios autores definen la Constructabilidad como:

- La medida en la cual el diseño de una instalación facilita la construcción que esta sujeta a cumplir con los requerimientos en forma completa<sup>9</sup>.
- Proceso que permite que sea construible o posible de construir un proyecto determinado<sup>9</sup>.
- Es el proceso de hacer todo posible, hacer la construcción fácil, mejorar calidad, seguridad y productividad acortar programas de construcción y reducir el retrabajo<sup>10</sup>.
- El uso óptimo de conocimientos de construcción y experiencia en planeación, diseño, procura y trabajo en campo para lograr los objetivos globales del proyecto y los beneficios máximos ocurren cuando los individuos con conocimientos y experiencia en construcción se involucran en las fases tempranas del proyecto<sup>11</sup>.

<sup>9</sup>Leticia Lozano Ríos “Apuntes del Curso de Gerencia de Proyectos”, 2002, Maestría en Ingeniería, Facultad de Química, UNAM.

<sup>10</sup>Kerridge Arthur E. “Part 1. Plan for Constructability”, Hydrocarbon Processing, Houston, 1993 January, pp 135 -145.

<sup>11</sup>Institute Industry Construction, “Gula de Implantación”, Publicación 34-1, 1993 Mayo, Houston, Texas..

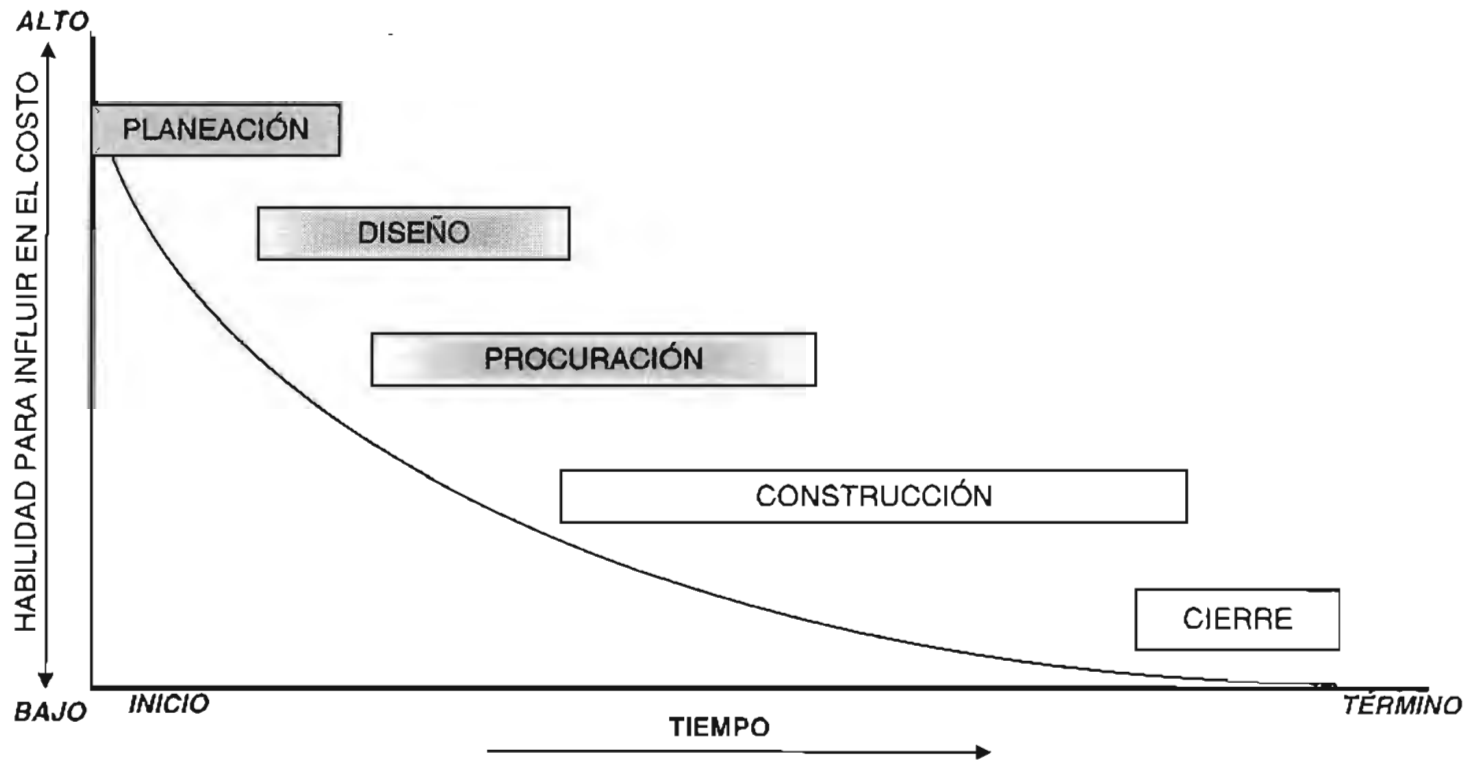
Otro concepto de Constructabilidad que toma como referencia la definición de Constructabilidad del CII lo genera la compañía de Monsanto, y esta se conoce como la definición de Constructabilidad "*Versión extendida*":

- Es un proceso de planeación que requiere la participación del Cliente en cada fase principal de la planeación del proyecto: el inicio y fin de la ingeniería básica, ingeniería de detalle, procuración, contratación, construcción, verificación, arranque, operación, mantenimiento y administración de negocios y comunicación entre todos los participantes del proyecto<sup>12</sup>.

Como se ha mencionado todas las definiciones son importantes aunque se consideran las últimas dos como las más completas. Al aplicar el concepto de Constructabilidad en los proyectos se obtienen grandes beneficios los cuales se miden por la habilidad que tienen de influir en los costos (**Ver Fig. 6**). En esta gráfica se muestra la importancia que tiene el aplicar los esfuerzos de Constructabilidad en las primeras etapas del proyecto ya que impactará de manera considerada en el costo. Se puede observar que en la etapa de planeación y diseño principalmente el impacto del costo será muy alto pero irá disminuyendo en las últimas etapas del proyecto (procuración, construcción y cierre).

En general existe desinterés y sobretodo renuencia a invertir más en las primeras etapas del proyecto, pero si se considera el porcentaje en peso sobre el costo que tiene cada etapa (**Ver Fig. 7**) se observa que la etapa de construcción por ejemplo, ocupa del 60 a 70% de la inversión total del proyecto en comparación con la ingeniería que representa del 8 al 12%, de esta manera se analiza la importancia de poner atención en las primeras etapas del proyecto aplicando los esfuerzos de Constructabilidad.

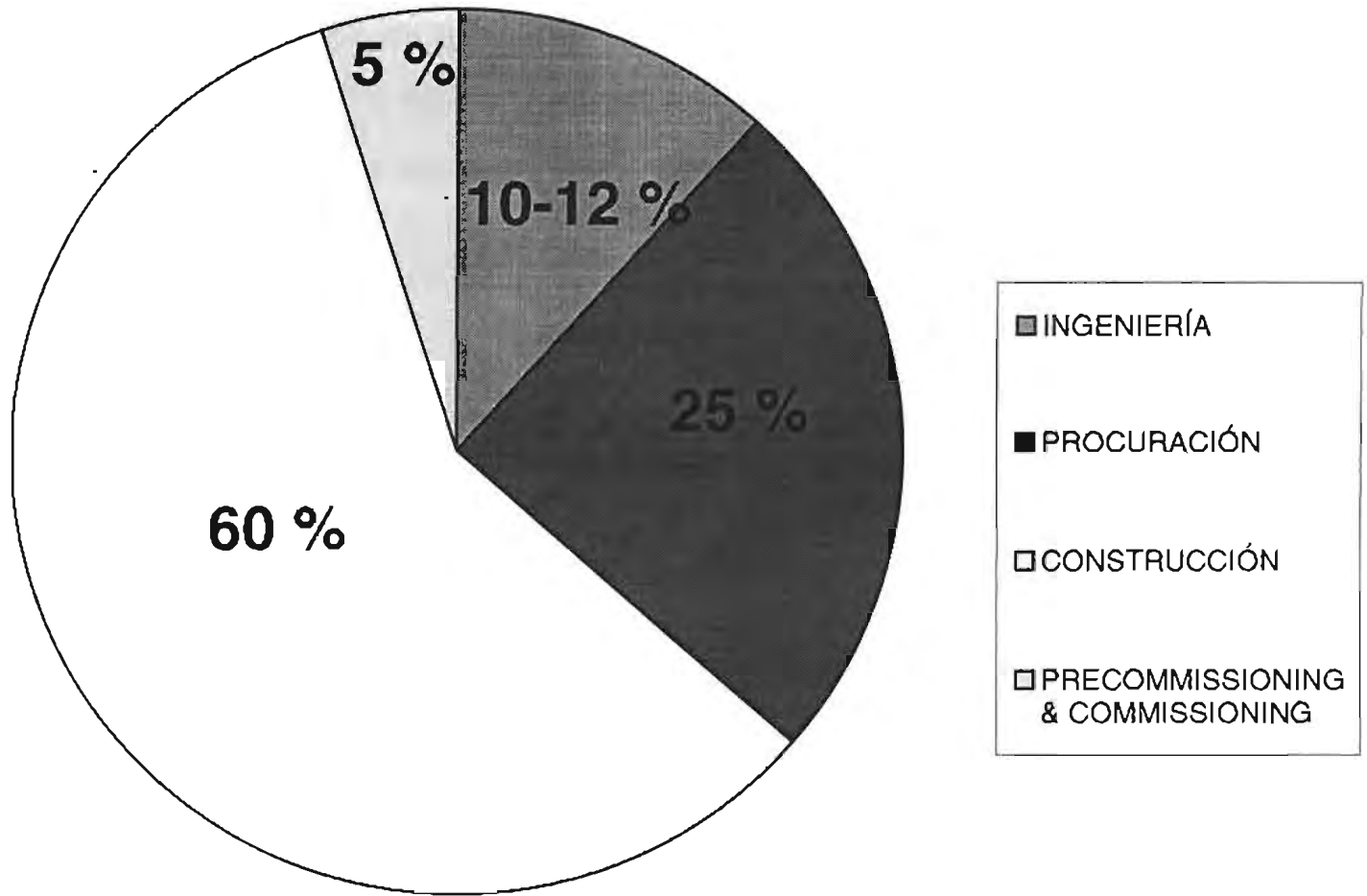
<sup>12</sup>Geile PE Robert J. "*Constructability, the Stretch Version*", Monsanto Co., AACE Transactions, 1996, pp 6.1-6.5.



|   |               |             |
|---|---------------|-------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b>                                  |               |             |
| <b>HABILIDAD PARA INFLUIR EN EL COSTO DURANTE EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO</b> |               |             |
| <b>MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS</b>                     | <b>FIG. 6</b> | <b>2004</b> |

Fuente: Project Management Institute "A Guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK Guide", 2000, Pennsylvania.





|  |        |      |
|--|--------|------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  |        |      |
| PORCENTAJE SOBRE EL COSTO QUE TIENE CADA FASE EN LA PARTICIPACIÓN DEL PROYECTO |        |      |
| MAestrÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS                           | FIG. 7 | 2004 |

Fuente: López Ramos Manuel, "Apuntes de la clase de Ingeniería de Costos", 2002  
 Maestría en Ingeniería, Facultad de Química, UNAM.

La Constructabilidad no es simplemente la determinación más eficiente de los métodos de construcción después de que se han realizado los levantamientos en campo o permitir al personal de la construcción revisar periódicamente los documentos de ingeniería durante la fase del diseño o la asignación del personal de construcción a la oficina de ingeniería durante el diseño la modularización o asignación del programa. Esto es solo una parte de todo un esfuerzo de Constructabilidad, que solo a través de la eficaz y oportuna integración del equipo de construcción dentro de la planeación, tanto como las operaciones en campo pueden tener el máximo beneficio en el proyecto.

### 6.3 INFLUENCIA DE LA CONSTRUCTABILIDAD EN LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

La Constructabilidad juega un papel importante en el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Los objetivos principales del proyecto incluyen el costo, programa, calidad y seguridad. Existen otros objetivos que se derivan de los objetivos principales y son la confiabilidad, estética, imagen pública, operabilidad y mantenibilidad (*Ver Fig. 8*). Cada participante en el proyecto debe estar conciente de estos objetivos y orientar su esfuerzo a cumplirlos y no enfocarse únicamente en los objetivos principales.

El desarrollo de un claro entendimiento de los objetivos y sus prioridades en el proyecto es la primera responsabilidad para el mejoramiento de la Constructabilidad. Es importante evaluar las implicaciones de diseño y de construcción cuando se priorizan los objetivos, ya que estos pueden utilizarse posteriormente en el proyecto para analizar alternativas que influyan en estas etapas.



|   |               |             |
|---|---------------|-------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b>              |               |             |
| <b>OBJETIVOS DEL PROYECTO</b>                               |               |             |
| <b>MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS</b> | <b>FIG. 8</b> | <b>2004</b> |

Fuente: Project Management Institute "A Guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK Guide", 2000, Pennsylvania.

## 6.4 OBJETIVOS DE LA CONSTRUCTABILIDAD

Una vez que los participantes estén involucrados en el diseño y la construcción se desarrollarán los objetivos de la Constructabilidad, los cuales se usarán para habilitar el análisis de intercambio entre la Constructabilidad y otras consideraciones específicas del proyecto. Los objetivos de la Constructabilidad son:

- Estandarización.
- Modularización y Preensamble.
- Uso de equipo de carga.
- Áreas de colocación de materiales.
- Comodidad para la fabricación.
- Uso de modelos físicos o de tercera dimensión CAD.
- Número de soldaduras de campo.
- Accesibilidad al sitio de trabajo.
- Desarrollo de especificaciones de construcción.
- Mejoramiento en la comunicación entre los equipos de (ingeniería/construcción/procura).
- Evitar retrabajos de construcción.
- Evitar retrabajos de diseño.
- Evitar congestiones en el sitio de trabajo.
- Evitar disputas entre la mano de obra.
- Otros.

## 6.5 CONSTRUCTABILIDAD Y EL GRUPO DE TRABAJO

La aplicación del concepto de Constructabilidad en un proyecto es un esfuerzo que depende en gran medida de la integración de muchas organizaciones y

personas hacia los objetivos principales del proyecto. Para cumplir y superar las expectativas de los involucrados claves, primero se requiere identificar quienes son.

El grupo que interviene en la Constructabilidad incluye a:

Cliente:

Es el contratante, propietario o desarrollador del proyecto quien autoriza, define el alcance, establece los lineamientos y criterios de aceptación, además participa con la aportación de sus conocimientos y experiencias en la operación y mantenimiento del proceso.

Ingeniería:

Participa con la aportación de su experiencia en el análisis técnico de los problemas y la metodología para editar los documentos para construcción, control de calidad, entre otros. En este grupo participan diferentes disciplinas como proceso, sistemas hidráulicos, comunicaciones, instrumentación industrial, seguridad, arquitectura, ductos, recipientes, eléctrica, tuberías, entre otras.

Procuración:

Participa con su experiencia en la realización de cotizaciones de materiales y equipo así como en la compra nacional o importada de éstos, inspección, expeditación, tráfico de productos, materiales y equipo ya sea de importación o exportación, realización de estimados, subcontratos, entre otros.

Construcción:

Participa con su experiencia en el conocimiento de diversos métodos constructivos, selección de mano de obra calificada, combinación y adaptación de materiales, maniobras de montaje, fletes, uso de maquinarias de

construcción, pruebas, arranque y puesta en servicio, aseguramiento de la calidad, subcontratos, entre otros.

## 6.6 CONCEPTOS DE LA CONSTRUCTABILIDAD Y LAS FASES DEL PROYECTO

### Fase I: Planeación Conceptual:

*A) El programa de Constructabilidad es una parte integral del plan de ejecución del proyecto y debe ser escrito como parte del plan del mismo. Este programa puede contribuir a su efectiva ejecución en diversas formas incluyendo:*

- Ayuda a establecer las metas y objetivos del proyecto.
- Proporciona la manera lógica y sistemática en la integración del diseño y construcción.
- Proporciona un mecanismo para obtener experiencia de construcción de campo.
- Mejora la comprensión del diseño pensado por el personal de construcción.

*B) La planeación involucra el conocimiento y experiencia de la construcción. Este concepto dirige al logro de beneficios en costo y programa mediante la inclusión temprana del personal de la construcción en los equipos de planeación. Estos equipos son responsables para la determinación de cómo mejorar los métodos para satisfacer las necesidades de un proyecto; el conocimiento y la experiencia de la construcción puede ser activamente involucrados en:*

- Establecer objetivos del proyecto.
- Seleccionar métodos principales de construcción.

- Seleccionar el sitio del proyecto.
- Analizar la factibilidad del programa.
- Crear suposiciones de productividad.
- Preparar estimados y presupuestos.
- Identificar recursos de materiales y equipo.

*C) El involucramiento temprano del equipo de construcción debe considerarse en el desarrollo del tipo de contratación.* El tipo de contratación tendrá una mayor influencia en la disponibilidad del personal calificado de construcción para ayudar a los equipos en la Constructabilidad. El cliente debe informar en forma particular sobre los límites del tipo de contrato, especificarlos claramente en el documento, el rol del constructor durante las etapas tempranas del proyecto.

*D) Los programas de proyecto son sensibles a la construcción.* Este concepto establece al principio que la fecha de terminación del proyecto y los requerimientos de la etapa de construcción deben considerarse para optimizar el costo y programa del proyecto. Este concepto se refiere a la revisión del programa global del proyecto, el cual equilibra y asigna duraciones de tiempo en cada una de las actividades principales del proyecto. Al utilizar este alcance, debe mantenerse un balance apropiado entre los tiempos asignados para planeación, diseño, procuración y la construcción.

*E) En las bases de diseño se deben considerar los métodos principales de construcción* los cuales pueden definirse como el uso del equipo de construcción, mano de obra y secuencia de trabajo, de tal forma que los métodos sean un "conductor" del diseño principal. En este caso el conductor de diseño es un método, condición o técnica de construcción que define la mayoría de las direcciones de ingeniería, y el cual si es sustituido más tarde en el proceso de diseño o construcción, no pueda impactar significativamente en el

costo, tiempo o resultados del desempeño. Los métodos de construcción principales deben considerarse durante la planeación conceptual. Todos los miembros del equipo del proyecto pueden interactuar y acordar en la metodología que medirá cuantitativa y cualitativamente el rendimiento de los métodos principales de construcción para los objetivos globales del proyecto.

*F) Los arreglos de equipo e instalaciones deben promover una construcción eficiente.* Este concepto conduce el principio que la eficiencia de la construcción es un criterio importante en el arreglo de equipos (layout) y distribución de las instalaciones permanentes y temporales del proyecto. El arreglo de equipos de las instalaciones permanentes debe ser reflexiva en lo concerniente a la construcción y bien coordinada con los planes de instalaciones temporales. Las consideraciones de construcción que deben proporcionarse incluyen:

- Espacio adecuado para patios de almacenamiento y fabricación.
- Accesos para el equipo, materiales y personal de construcción.
- Evitar tipos de construcción costosos y problemáticos tal como trabajos subterráneos y elevados cuando existan alternativas.
- Usos de instalaciones existentes.
- Planeación del drenaje adecuado durante la construcción.

*G) Los participantes del equipo de proyecto de Constructabilidad deben identificarse al inicio del proyecto.* Este concepto hace referencia a las características de los individuos clave del equipo de proyecto, quienes son responsables de la Constructabilidad. Estos individuos deben ser identificados tan tempranamente como el tipo de contratación lo permita. El criterio de selección debe incluir:

- Habilidades de trabajo en equipo.
- Habilidades de comunicación.



- Habilidad para evaluar objetivamente el diseño y la construcción.
- Receptividad de ideas nuevas.

*H) La información de tecnologías avanzadas es aplicada a lo largo del proyecto.* Este concepto conduce al logro de la Constructabilidad mejorada explotando las capacidades y los beneficios de información de tecnologías avanzadas. El uso de tecnologías avanzadas tiene el potencial para revolucionar los métodos utilizados por la industria de la construcción. Algunas de las informaciones de tecnologías que pueden ser aplicadas a proyectos, incluyendo el uso de un modelo tridimensional por computadora, sistemas de bases de datos, sistemas de expertos, simulación por computadora, intercambio de datos electrónicos, código de barras y computadoras de campo. Las tecnologías emergentes proporcionan oportunidades de aplicar mejor el conocimiento y la experiencia de construcción a través de una interfase mejorada entre la ingeniería, construcción y mantenimiento del personal de construcción.

#### Fase: Diseño y Procura

*I) Los programas de diseño y procuración deben de ser sensibles a la construcción.* La construcción normalmente es la parte más costosa en la etapa del proyecto y ejerce gran influencia en el costo de un programa a través de la procuración y el diseño. La procuración, por otra parte, tiene moderada habilidad para influir en los plazos de entrega para conformar las necesidades de la parte de construcción.

El diseño es un proceso complejo y exigente, pero frecuentemente es el área más fructífera en la optimización del programa completo del proyecto. La empresa y sus administradores de proyecto deben ser sensibles al costo y programa en las negociaciones sobre el período completo de la actividad del proyecto.

J) *Los diseños se habilitan para permitir la construcción eficiente.* El resultado deseado debe facilitar el intercambio de ideas entre profesionales del diseño y la construcción en “papel y lápiz”, antes de que ocurran las actividades del diseño. Los factores siguientes se deben mantener al frente en las deliberaciones de Constructabilidad. La *sencillez* es un elemento deseable de cualquier diseño construible. La *flexibilidad* de los esfuerzos de construcción en campo para seleccionar los métodos alternativos de alcances innovadores es altamente deseable. La *secuencia* de la instalación es una consideración tanto de diseño como de procura y la construcción. Los diseños que requieran habilidades especiales deben ser minimizados en todos los casos junto con aquellos que son de alta intensidad de mano de obra.

K) *Los elementos del diseño deben estandarizarse.* Este concepto conduce al logro de beneficios de costo y programa por el uso de la estandarización, un proceso por el cual los elementos del proyecto son utilizados regular y ampliamente, están disponibles o son suministrados oportunamente. Generalmente el resultado predominante es una reducción del costo que resulta de un ahorro de tiempo en la construcción y descuentos por volumen en materiales contra un incremento en materiales debido a la realización de diseños más conservadores. Las ventajas específicas de la estandarización incluyen:

- Aumento de la productividad en operaciones de campo.
- Descuentos de compra de materiales por volumen.
- Proceso simplificado de compra de materiales.
- Simplificación del manejo de materiales.
- Reducción del tiempo de diseño
- Programa eficiente de mantenimiento preventivo y correctivo.

L) *La eficiencia de la construcción debe considerar el desarrollo de especificaciones.* El conocimiento y la experiencia de la construcción pueden contribuir significativamente a la generación de especificaciones, que promuevan la eficiencia en operaciones en el campo de la construcción. El desarrollo de las especificaciones dentro de un proyecto se hace como una actividad clara con la participación completa del personal con el conocimiento y la experiencia en construcción. Se debe de disponer tiempo suficiente para desarrollar especificaciones completas, consistentes y claras. La claridad se busca como una de las características primarias de una buena especificación. El ahorro potencial del costo de las especificaciones se equilibra contra el riesgo de no desarrollarlas. Las especificaciones deben mantenerse para incluir las mejores prácticas, técnicas y materiales vigentes.

M) *Los diseños de sistemas modulares/preensamblados deben prepararse para facilitar la fabricación, transporte e instalación.* Una vez que se ha tomado la decisión de utilizar sistemas modulares, preensamblados, y/o prefabricación, los factores especiales deben conducirse durante el diseño y la procura para asegurar su implantación exitosa. Los diseñadores deben considerar primero donde se desarrollará la fabricación. Si el taller del proveedor esta bajo condiciones controladas, las tolerancias pueden ser más rigurosas. Los diseños de sistemas modulares/preensamblados permiten incorporar los requerimientos para transportar y manejar los grandes izajes. Estas actividades integran un alcance bien definido en el proyecto y son la base de las restricciones del programa en cuanto a la disponibilidad del transporte y el manejo de equipo. Finalmente, el método que se utilizará en la instalación se debe tomar en cuenta porque afecta el diseño del sistema modular, la disposición completa de la planta y el diseño de servicios y cimentaciones subterráneas.

N) *Los diseños deben promover la accesibilidad a la construcción del personal, materiales y equipo.* La facilidad de acceso para el personal, material o equipo en el proyecto impactará favorablemente en el éxito del proyecto para alcanzar sus objetivos y además impactará en el incremento de la productividad. De lo contrario, las rutas de difícil acceso frecuentemente presentan condiciones de trabajo inseguras. De manera similar, las rutas de acceso difíciles para materiales de gran volumen pueden impactar adversamente en el costo y programa. La necesidad de estudios de facilidad de acceso para equipos principales, son tan importantes como aquellos para personal y productos. Los asuntos específicos que se deben considerar incluyen:

- Secuencia del trabajo.
- Programas de entregas para equipos principales.
- Disposición de áreas libres.
- Rutas de entrega.
- Uso de elevadores permanentes para levantamiento de personal.
- Logística de transportación de equipo pesado.
- Tipo, localización y tamaño de apertura requerida para el equipo.

O) *Los diseños deben facilitar la construcción bajo condiciones adversas del clima.* Se debe reconocer que las condiciones adversas del clima pueden tener un impacto significativo en los costos y el programa de construcción. En muchos casos, sin embargo, los efectos del clima adverso se pueden mitigar con la consideración apropiada en el diseño del proyecto. Las actividades típicas a considerar son:

- Planeación del arreglo de sitio para contar con accesos adecuados.
- Proporcionar protección al personal.
- Selección del material de construcción.

- Preensamble fuera de sitio.
- Programación del diseño.
- Planeación del alumbrado de construcción.
- Drenajes adecuados en sitio.
- Programación y control de entrega de equipo y materiales justo a tiempo para evitar requerimientos innecesarios de protección.
- Proporcionar adecuadas áreas de almacenamiento temporales protegidas.

*P) La secuencia del diseño y la construcción debe de facilitar el arranque de las instalaciones.* El programa global para proyectos complejos debe integrar la secuencia de actividades para el arranque, manteniendo una relación lógica en el diseño y construcción. Es un hecho que existen penalizaciones mayores por cambiar la secuencia de construcción (con posibles cambios en la secuencia de diseño). Es importante que la revisión del proceso de planeación de arranque inicie de manera temprana durante la entrega de la instalación. Entre más temprana inicie la planeación menos problemas potenciales para el arranque resultarán, previniendo el incremento de costos y demoras. Entre más traslapadas se encuentren las fases de arranque y de construcción, se logrará una mayor integración temprana del arranque, participando ambas fases en la revisión del plan del proyecto. También es importante para la planeación del proyecto identificar los requerimientos de arranque que tengan un impacto directo en el diseño, tal como: las conexiones especiales de tubería, las consideraciones ambientales y requerimientos de energía eléctrica.

#### Fase: Operación en Campo

*Q) La Constructabilidad se incrementa cuando se utilizan métodos de construcción innovadores.* Existe una necesidad de aplicar el conocimiento y la experiencia de construcción para mejorar la efectividad de operaciones en

campo. Los métodos de construcción innovadores no deben pasarse por alto, los beneficios potenciales son sustanciales. Algunos conceptos de construcción innovadores pueden involucrar:

- Secuencia de tareas en campo claramente definidas y entendidas por todos los participantes.
- Uso de materiales/sistemas de construcción temporales con base a programa.
- Uso de herramientas manuales o automáticas de acuerdo al tipo de trabajo.
- Uso de equipo de construcción innovador de acuerdo al tipo de trabajo.
- Preensamble de arreglos de equipos y materiales.
- Preferencias relevantes al arreglo, disposición de equipo, instalaciones, diseño y selección de materiales permanentes.

## 6.7 CONSTRUCTABILIDAD Y LOS BENEFICIOS QUE GENERA

El conocer y aplicar los conceptos de Constructabilidad en los proyectos a través del empleo de una metodología permite lograr diversos beneficios de tipo cuantitativo y cualitativo tales como:

- Reducción de costos.
- Acortamiento del programa.
- Optimización del trabajo.
- Evitar retrabajos en el proyecto.
- Disminución de órdenes de cambio por parte del cliente y la firma.
- Reducción de las demandas por parte del cliente, contratistas, entre otros.
- Calidad de productos terminados.
- Presupuestos y programas realistas.

- Contratación y subcontratación oportuna.
- Desarrollo adecuado y claro de especificaciones.
- Duplicado de actividades en el manejo de material y equipo.
- Cumplimiento de fechas clave.
- Cumplimiento de especificaciones de equipo.
- Evitar problemas de interferencia física.
- Prevención de los problemas ocasionados por condiciones climatológicas adversas.
- Cumplimiento de las expectativas del cliente, entre otros.

La Constructabilidad por sus características es considerada un proceso de mejora continua, ya que las actividades, esfuerzos y resultados son evaluados continuamente, actualizándolos y mejorándolos para su mayor efectividad.

## CAPÍTULO 3

### 7.0 METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DE LA CONSTRUCTABILIDAD DEL INSTITUTO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (CII).

Una de las técnicas mas importantes y recientes que se han implantado en la ejecución de los proyectos IPC (Ingeniería-Procuro-Constructión) se conoce como Constructabilidad.

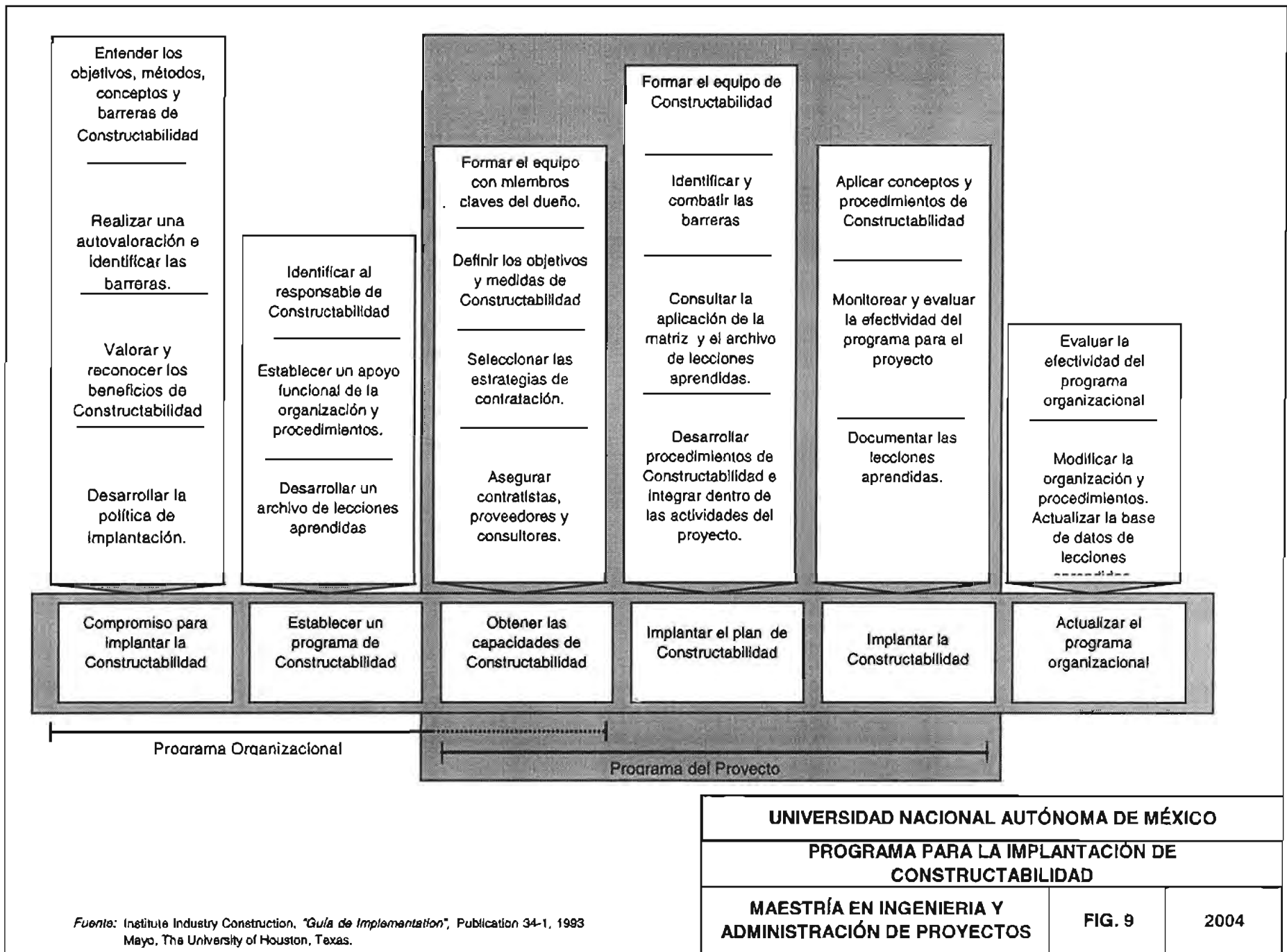
La Constructabilidad debe implantarse desde el inicio del proyecto, es decir a partir de la propuesta, durante el desarrollo del proyecto y termina con el arranque de la planta.

La implantación de la Constructabilidad se efectúa a través de la realización de programas sólidos. La Constructabilidad como "programa" no se refiere a un conjunto de actividades representadas con barras en un periodo de tiempo; si no al conjunto de esfuerzos, sistema o metodología para el logro eficiente del diseño, la ingeniería y construcción mediante la integración adecuada de los proyectos IPC.

El programa para la implantación de Constructabilidad se compone de seis puntos (*Ver Fig. 9*):

- A) Establecer un compromiso para implantar la Constructabilidad.
- B) Establecer un programa de Constructabilidad.
- C) Obtener capacidades de Constructabilidad.
- D) Implantar el plan de Constructabilidad.
- E) Implantar la Constructabilidad.
- F) Actualizar el programa organizacional.





El programa de Constructabilidad puede implantarse a nivel organización (incisos A y B) y a nivel proyecto (incisos C, D, E y F), cabe mencionar que no necesariamente es importante hacerlo en ese orden, se puede empezar por cualquiera de los dos, como este trabajo de investigación se enfoca a una Planta Isomerizadora, la Constructabilidad se enfocará a *nivel proyecto*, aunque es conveniente conocer primero los requerimientos a nivel organizacional para una mayor comprensión.

## 7.1 IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA A NIVEL ORGANIZACIONAL

### A) Establecer compromiso para Implantar la Constructabilidad

Es muy importante que el compromiso este bien desarrollado, claro, extenso y sobre todo totalmente comprensivo desde el administrador principal de la organización hasta todo aquel individuo que participe en los proyectos, a fin de asegurar un nivel alto de entendimiento y compromiso para obtener como resultado un programa exitoso. Los pasos a seguir son:

#### *A.1) Entender los objetivos, métodos, conceptos y barreras de Constructabilidad.*

Se lleva a cabo a través de seminarios, pláticas, cursos periódicos de entrenamiento con el objetivo de que exista una profunda familiarización del concepto Constructabilidad, metas organizacionales claras y bien definidas orientadas a dicho concepto, conocer los beneficios del programa, diferenciar entre la Constructabilidad y los procedimientos tradicionales (ingeniería de valor), diferenciar entre los esfuerzos a nivel organización y a nivel proyecto, discutir las barreras y problemas que puedan encontrarse a lo largo de la implantación, entre otros aspectos.

### A.2) *Realizar una autovaloración e identificar posibles barreras de Constructabilidad*

Valorar el avance de Constructabilidad así como la identificación y mitigación de las barreras, la continua retroalimentación de la autovaloración tiene como objetivo especificar las necesidades para su mejora y así lograr la efectividad del programa global.

Para una valoración comprensiva pueden utilizarse una variedad de métodos y procedimientos como entrevistas, cuestionarios, revisiones después del proyecto y revisiones de procedimientos.

La meta de Constructabilidad es medir el alcance de los elementos del programa ("inputs") y su efectividad usando parámetros de funcionamiento ("outputs"). Los "inputs" abarcan todas las actividades de implantación del programa y los "outputs" ofrecen medidas cualitativas y cuantitativas con respecto al funcionamiento del programa de Constructabilidad (**Ver Figura 10**).

La valoración del programa de Constructabilidad se efectúa a nivel organización y a nivel proyecto, para valorar si se ha logrado la madurez de un programa de Constructabilidad primero se clasifican los parámetros del programa en cuatro niveles: *cultura corporativa, personal, documentación y rastreo y por último implantación*, con la finalidad de que pueda abarcar diferentes perspectivas, puntos de vista, conocimiento y experiencia. En cada uno de estos niveles se hace una comparación de los parámetros obtenidos al implantar la Constructabilidad con los parámetros de maduración que debemos lograr en un programa de Constructabilidad (**Ver Figura 11**).

En el transcurso de la valoración realizada a través de los procedimientos de autovaloración se encuentran barreras que obstaculizan la implantación de Constructabilidad.

## INPUTS

### **De la empresa:**

- Reconocimiento y designación del programa.
- Compromiso expresado por escrito (políticas).
- Apoyo administrativo.
- Reconocimiento de barreras en la implantación.
- Entrenamiento del personal.
- Designación del patrocinador de Constructabilidad.
- Asignación del personal para Constructabilidad.
- Documentación del nivel de Constructabilidad.
- Captura y comunicación de lecciones aprendidas.
- Promoción e implantación de nuevas tecnologías.
- Referenciar la Constructabilidad en contratos.
- Ahorros de esfuerzos corporativos.

### **Del proyecto:**

- Reconocimiento y designación del programa.
- Reconocimiento de barreras en la implantación.
- Entrenamiento del personal.
- Asignación del personal para Constructabilidad.
- Documentación del nivel de Constructabilidad.
- Captura y comunicación de lecciones aprendidas.
- Referenciar la Constructabilidad en contratos.
- Ahorros de esfuerzos corporativos.
- Naturaleza del esfuerzo a nivel proyecto.
- Implantación de conceptos de Constructabilidad.

## OUTPUTS

### **Del proyecto:**

Numerar ideas y sugerencias de Constructabilidad y agregarlas a las lecciones aprendidas.

Nivel de participación del personal del proyecto

### **Ahorros obtenidos para el proyecto en términos:**

Monetarios.

Del programa de obra.

De mano de obra.

### **Mejora el funcionamiento:**

Valoración cualitativa de efectividad del sitio.

Valoración cualitativa de procuración-materiales.

Valoración cualitativa de relaciones con el personal.

Reducción de errores y retrabajos.

Reducción de órdenes de cambio.

Reducción de suposiciones.

Alta calidad del producto terminado.

### **Problemas que pudieron prevenirse:**

Programas y presupuestos no realistas.

Dificultades de contratación y subcontratación.

Manejo duplicado de materiales y equipo.

Problemas de especificaciones.

Retrasos.

Problemas de accesos.

Problemas de tolerancias.

Problemas con interferencias físicas.

Problemas por clima.

No cumplir con las expectativas del cliente.

### **Barreras y resistencias al programa:**

Numerar barreras identificadas.

Efectividad en la eliminación de barreras.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INPUTS Y OUTPUTS DEL PROGRAMA DE CONSTRUCTABILIDAD

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 10

2004

| Parámetros:                                   |  | MADUREZ TOTAL DEL PROGRAMA   |
|---|--|--|
| <b>C = Corporativo</b><br><b>P = Proyecto</b> |  |  |
| I: Cultura Corporativa                        | A. Designación del Programa (C/P)                                      | Programa autosuficiente.   |
|   | B. Declaración de la política organizacional de Constructabilidad (C)  | Política corporativa distribuida ampliamente.  |
|   | C. Administración de la actitud hacia la Constructabilidad (C)         | Apoyo total de la administración participación activa en el mejoramiento del programa.                     |
|   | D. Reconocimiento de barreras/problemas de Constructabilidad (C/P)     | Análisis del problema y corrección rápida.   |
|   | E. Entrenamiento del personal de Constructabilidad (C/P)               | Parte de la orientación estandar, profundamente inculcada en la cultura organizacional.                    |
| II: Personal                                  | A. Responsable ejecutivo para la Constructabilidad (C)                 | Sí, responsable activo en el apoyo al programa.  |
|   | B. Asignación de los deberes organizacionales de Constructabilidad (C) | Tiempo completo del coordinador organizacional de alto nivel; apoyo de la organización bien desarrollado.  |
|   | C. Papel del Coordinador de Constructabilidad del proyecto (P)         | Posición de tiempo completo; juega un papel principal en el proyecto.                                      |
| III: Documentación/Rastreo                    | A. Documentación del programa de Constructabilidad (C/P)               | Manual de Constructabilidad organizacional completo, ampliamente distribuido y actualizado periódicamente. |
|   | B. Rastreo de lecciones aprendidas de Constructabilidad (C/P)          | La base de datos en lecciones aprendidas involucra la entrada en todos los niveles.                        |
|   | C. Compartiendo tecnología avanzada de la construcción (C)             | Sistema formalizado con seminarios en la organización y aplicaciones piloto.                               |
|   | D. Constructabilidad referenciada en los documentos de contrato (C/P)  | Apartados estandarizados en todos los contratos; promovido activamente para otras organizaciones.          |
|   | E. Rastreo de ahorros/efectos de Constructabilidad (C/P)               | Se guardan los datos de todo los proyectos; confianza extensa en los ahorros.                              |
| IV: Implementación                            | A. Naturaleza de los esfuerzos y entradas a nivel Proyecto (P)         | Esfuerzos agresivos y proactivos al inicio del proyecto; consultas rutinarias de lecciones aprendidas.     |
|   | B. Implantación de los conceptos de Constructabilidad (P)              | Se consideran todos los conceptos, se evalúan continuamente, e implantan de manera determinante.           |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

NIVEL DE MADURACIÓN DEL PROGRAMA DE  
CONSTRUCTABILIDAD

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 11

2004

Se considera una barrera a algún inhibidor significativo que previene la implantación efectiva del programa de Constructabilidad. Y su variación en frecuencia depende del tamaño, tipo de organización y sector de la industria.

Durante la implantación de Constructabilidad se encuentran muchas barreras, que son comunes en todas las organizaciones y a todos los niveles por ello hay que ubicarlas en donde se encuentran y cuales son los síntomas que aparecen cuando están presentes (*Ver Figura 12*).

Una vez que las barreras son debidamente identificadas (ubicadas y reconocer sus síntomas) deben ser eliminadas en su totalidad con tácticas específicas. A esta acción se le denomina “rompimiento de la barrera”, cabe mencionar que existen cuatro tipos de barreras la cultural, procesal, conocimiento e incentivo (*Ver Figura 13*).

#### *A.3) Valorar y reconocer los beneficios de Constructabilidad*

Antes de desarrollar la estrategia de implantación para un programa de Constructabilidad deben establecerse metas. Cada meta debe estar orientada a:

- ❖ Promover una visión compartida para el programa de la compañía.
- ❖ Promover el entusiasmo dentro de la organización.
- ❖ Actuar como fuente de motivación para la Constructabilidad.

Deben identificarse los objetivos de la compañía para obtener los beneficios cuantitativos del programa. Tales objetivos son usualmente específicos para el proyecto, conceptos de alto valor como porcentajes de: ahorros de costo, horas de trabajo, reducción de retrabajo y eliminación de retrasos causados por problemas de procura.

Los beneficios intangibles de Constructabilidad son tan importantes como los beneficios cuantitativos y deben ser identificados, un ejemplo son los

| Rango | Barrera   | Organización |           |             | Síntomas<br><br>(Indicadores en que la Barrera se presenta)  |
|-------|---|--------------|-----------|-------------|--|
|       |   | Dueño        | Diseñador | Constructor |  |
| 1     | Complacencia con el <i>estatus quo</i> .  | X            | X         | X           | •"Sobre satisfacción" con el desempeño; falta de interés en nuevos acercamientos, nuevas ideas; no hay tiempo para pensamientos estratégicos.  |
| 2     | No querer invertir dinero y esfuerzo adicional en etapas tempranas del proyecto.                          | X            |           |             | •Enfoque primario en términos cortos de rentabilidad; procedimientos profundamente escogidos.  |
| 3     | Limitaciones de contratación.   | X            |           |             | •Confianza en métodos a precio alzado; renuencia a investigar/permitir otras estrategias; procedimientos de contratación altamente restrictivos.                                       |
| 4     | Falta de experiencia en construcción.   |              | X         |             | •Conocimiento de la construcción no se considera valioso para el personal de diseño; pocas oportunidades para las visitas de sitio por C/I.  |
| 5     | Percepción de que los diseñadores quieren hacerlo todo (no tomar en cuenta construcción).                 |              | X         |             | •Revisión de procedimientos de diseño considerados adecuado a la Constructabilidad.  |
| 6     | Falta de respeto mutuo entre diseñadores y constructores.   |              | X         | X           | •Relaciones adversas/exclusivas/discrepancias entre el personal; interacción mínima entre el personal.   |
| 7     | La entrada de la construcción se solicita demasiado tarde para ser de valor.                              | X            | X         |             | •Ningún involucramiento de la construcción o entendimiento de cada necesidad en las etapas tempranas del proyecto; enfoque sobre la revisión de la construcción de dibujos terminados. |
| 8     | Creer que no existen beneficios probados de Constructabilidad.  | X            | X         | X           | •Negativa para incluir los esfuerzos de la Constructabilidad en los esfuerzos del proyecto hasta que se prueben los costos/beneficios.   |
| 9     | Falta de conocimientos y entendimiento de los conceptos de Constructabilidad.                             | X            |           |             | •Ninguna comprensión a grandes esfuerzos y problemas de Constructabilidad.   |
| 10    | Objetivos y medidas de funcionamiento del diseñador mal dirigido.   |              | X         |             | •Promoción de metas para minimizar costos del diseño al gasto del proyecto.  |
| 11    | Percepción de que los dueños quieren hacerlo todo.  | X            |           |             | •Satisfacción con los esfuerzos actuales, ningún deseo para mejorar o incrementar la efectividad; ninguna actuación "comparación referencial".   |
| 12    | Falta de compromiso con la Constructabilidad.   | X            | X         | X           | •Uso de la Constructabilidad como un trabajo duro fuera de la cultura corporativa.   |
| 13    | Falta de conocimientos y entendimiento de los conceptos de la Constructabilidad por parte de diseñadores. |              | X         |             | •Ninguna comprensión de grandes esfuerzos y problemas de Constructabilidad   |
| 14    | Habilidades pobres de comunicación de constructores.  |              |           | X           | •Fracaso al presentar ideas a los miembros del proyecto en estilos poco efectivos.   |
| 15    | Falta de documentación y recuperación de "lecciones aprendidas".  | X            | X         | X           | •Ningún sistema para la documentación o métodos inefectivos para la documentación de lecciones; rastreo rápido "cierre del archivo" en el proyecto.                                    |
| 16    | Falta de formación de equipo o "asociados".   | X            | X         | X           | •Ninguna referencia para el acercamiento del equipo.   |
| 17    | Poca oportunidad en la entrada de la construcción.  |              |           | X           | •Falta de esfuerzo proactivo; el enfoque sobre la revisión de la construcción de dibujos terminados.   |
| 18    | Las personas correctas no están disponibles.  | X            | X         | X           | •Asignación casual o no definida del personal de la Constructabilidad.   |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

BARRERAS COMUNES ENCONTRADAS EN LA  
CONSTRUCTABILIDAD

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 12

2004

| Barrera   | Romplimientos recomendados   | Dónde es efectivo |          | Tipo de Romplimiento |          |              | Mapeo de Actividades  |
|---|--|-------------------|----------|----------------------|----------|--------------|---|
|   |  | Corporativo       | Proyecto | Cultural             | Procesal | Conocimental |   |
| 1. Complacencia con el status quo   | •Designa a un responsable del programa.  | X                 |          | X                    |          | X            | "Identifica al responsable de Constructabilidad"  |
| 2: No querer invertir dinero y esfuerzo adicional en etapas tempranas del proyecto          | •Promueva la actitud de que la Constructabilidad debe verse como una oportunidad de inversión por debajo del pago correspondiente.                     | X                 | X        |                      |          | X            | "Evalue y reconozca los beneficios de Constructabilidad"<br>"Defina los objetivos y medidas de Constructabilidad"                               |
|   | •Incluya la Constructabilidad como parte de una respuesta de la oferta y en rastreo/control de esfuerzos en costos                                     |                   | X        |                      | X        | X            | "Seleccione la estrategia de contratación del proyecto"   |
| 3: Limitaciones de contratación   | •El dueño/diseñador adquiere experiencia en la organización de construcción en la entrada durante el diseño.   |                   | X        |                      | X        | X            | "Forme el equipo con miembros claves del cliente"<br>"Desarrolle el equipo de Constructabilidad"  |
|   | •Desarrolle una lista corta de contratistas que ofrezcan ventajas de Constructabilidad a cambio de la oportunidad de estar en la lista de proveedores. |                   | X        |                      | X        |              | "Seleccione la estrategia de contratación del proyecto"<br>"Asegure contratistas, vendedores, consultores"                                      |
| 4: Falta de experiencia en construcción   | •Comunique los problemas de la construcción de Ingenieros de campo a Ingenieros de la oficina / diseñadores.   |                   | X        | X                    | X        |              | "Consulte la aplicación de la matriz y lecciones aprendidas"  |
|   | •Perceba retroalimentación en campo y rastree lecciones aprendidas.  |                   | X        | X                    | X        |              | "Documente lecciones aprendidas"  |
|   | •Modifique las prácticas de administración de diseño para elevar la visibilidad de problemas de Constructabilidad.                                     | X                 |          | X                    |          | X            | "Desarrolle la implementación de la política"<br>"Defina los objetivos y medidas de Constructabilidad"  |
| 5: Percepción de que los diseñadores quieren hacerlo todo (no tomar en cuenta construcción) | •Asegure que el entendimiento comprensivo de la Constructabilidad ayuda a minimizar esfuerzos.   | X                 |          |                      |          | X            | "Entienda los objetivos, métodos, conceptos y barreras a la Constructabilidad"  |
| 6: Falta de respeto mutuo entre diseñadores y constructores                                 | •Promueva agresivamente la formación efectiva del equipo entre el personal del proyecto  |                   | X        | X                    |          |              | "Forme el equipo de Constructabilidad"  |
|   | •Establezca la presencia del constructor en el proceso de diseño.  |                   | X        | X                    | X        |              | "Desarrolle procedimientos de Constructabilidad e integre dentro de las actividades del proyecto"<br>"Seleccione la estrategia de contratación" |
|   | •Mantenga al equipo del proyecto enfocado en los objetivos comunes y los procedimientos aceptados.   |                   | X        | X                    |          |              | "Orienta al equipo de Constructabilidad del proyecto; realice la formación del equipo"  |
| 7: La entrada de la construcción se solicita demasiado tarde para generar valor             | •Da a conocer la necesidad del involucramiento temprano en la construcción.  | X                 |          |                      |          | X            | "Entienda los objetivos, métodos, conceptos y barreras de Constructabilidad"  |
|   | •Incluya la Constructabilidad como una actividad temprana en un proyecto.  | X                 | X        |                      | X        |              | "Mapeo de todas las actividades"  |
|   | •Incluya a los individuos con experiencia significativa en construcción en el equipo del proyecto.   | X                 | X        |                      | X        |              | "Congregue a los miembros claves del equipo del cliente"<br>"Seleccione la estrategia de contratación del proyecto"                             |



presupuestos, programas más realistas, mejores relaciones entre los integrantes de los equipos del proyecto, entre otros.

#### *A.4) Desarrollar una política de implantación de Constructabilidad*

La implantación de la política nos ayuda a dar una mayor visibilidad del programa, nos comunica el compromiso de alto nivel y define el esfuerzo del programa. Una política debe contener una declaración de las metas que se pretenden alcanzar, indica el nivel ejecutivo de la organización y por último debe relacionarse con la implantación a nivel proyecto. La política debe llegar a ser parte de la cultura organizacional e integrarse en los procedimientos diarios y sobre todo ser diseminada a todos los niveles de la organización.

#### **B) Establecer un Programa de Constructabilidad**

Al establecer un programa de Constructabilidad en la organización se debe llevar a cabo las siguientes actividades.

##### *B.1) Identificar al responsable de Constructabilidad*

El responsable que se elija debe ser debidamente autorizado por el equipo ejecutivo de la organización ya que en él recae la responsabilidad del éxito del programa, deberá ser un líder reconocido dentro de la organización, poseer una amplia experiencia en la administración de proyecto, tener la capacidad de asegurar que los recursos adecuados sean aplicados al esfuerzo y mantener un alto nivel de conocimientos y visibilidad del programa. Es decir el responsable a elegir es aquel individuo que tenga un alto nivel de influencia y autoridad, que esté dedicado a la causa de Constructabilidad, que tenga tiempo disponible para proporcionar el liderazgo, sea sensible a la retroalimentación, que posea habilidades efectivas interpersonales y por último tener experiencia técnica y administrativa para la posición.

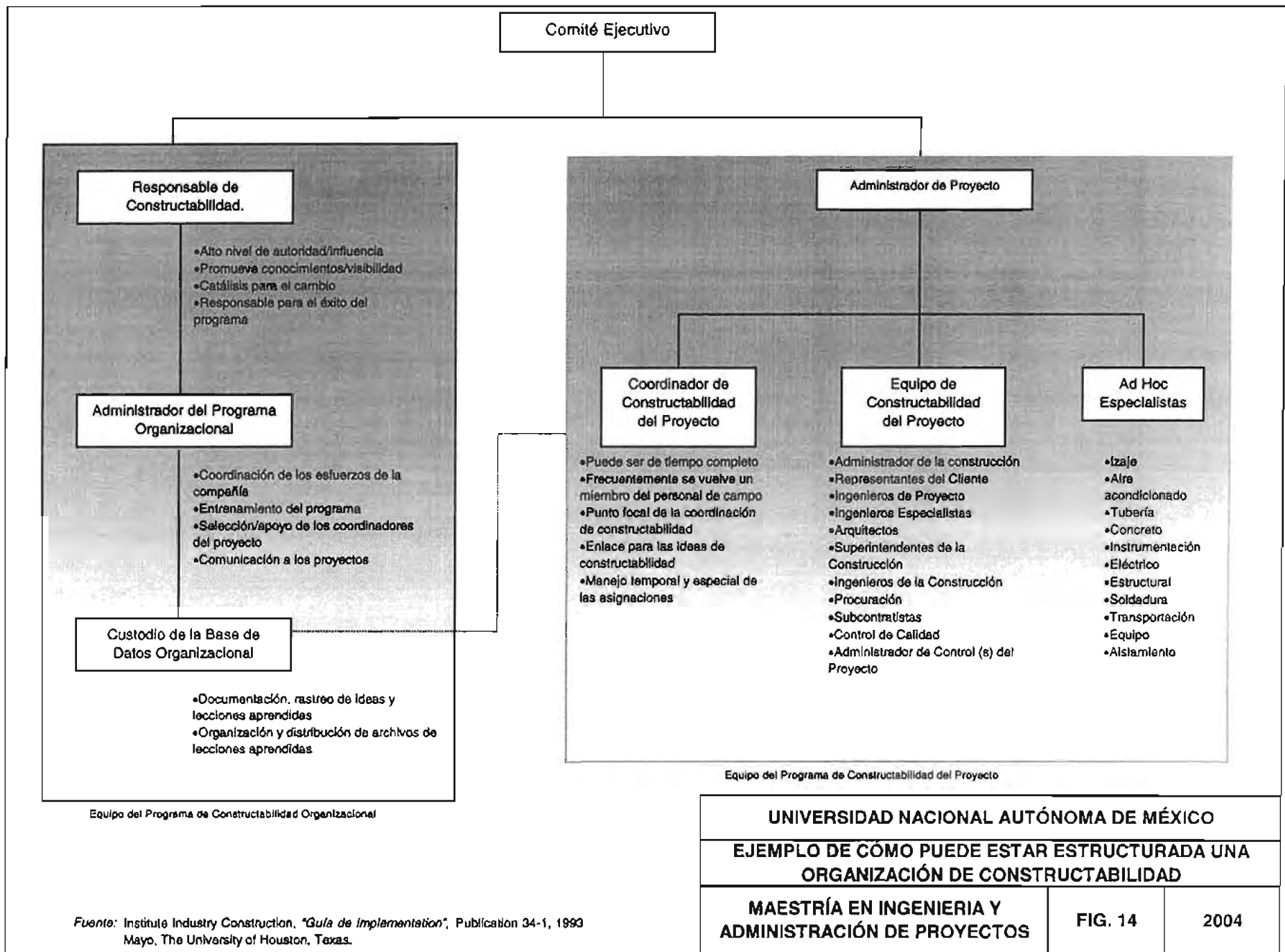
### *B.2) Establecer un apoyo funcional de la organización y procedimientos*

El propósito del personal del programa y de los elementos de apoyo es facilitar la implantación de Constructabilidad a nivel proyecto. Para lograr la unión efectiva entre la información y la especialización se requiere de un administrador del programa y un custodio de la base de datos, el cual dependerá del tamaño de la organización, algunas veces un solo individuo puede ser el responsable de Constructabilidad, administrador del programa y custodio de la base de datos y puede también servir como coordinador del proyecto.

El *administrador del programa* se responsabiliza de coordinar diariamente los esfuerzos, selecciona e informa a los coordinadores del proyecto de Constructabilidad así también da asistencia general, realiza una valoración y monitoreo continuo de las barreras organizacionales, actualiza la base de datos de lecciones aprendidas e identifica y elimina las barreras del programa, rastrea metas del programa organizacional, asegura buenas comunicación de ideas y experiencias en otros proyectos.

El *custodio de la base de datos* es el responsable de la documentación, rastreo y distribución de ideas y lecciones aprendidas de Constructabilidad, debe apoyar a los coordinadores y administradores del programa (junto con otros especialistas técnicos) en la evaluación, aceptación y rechazo de las ideas de Constructabilidad, posee habilidades fuertes de comunicación y sobre todo tiene conocimiento activo del manejo de datos computarizados, almacenamiento y recuperación de información.

Cabe mencionar que el equipo de Constructabilidad organizacional es distinto al equipo de Constructabilidad del proyecto, pero los dos equipos deben estar unidos estrechamente, se muestra un ejemplo de cómo puede estar estructurada una organización de Constructabilidad (*Ver Fig.14*).



*B.3) Desarrollar un archivo de lecciones aprendidas.*

El archivo de lecciones aprendidas o base de datos se establece para asegurar el mejoramiento continuo, en el se registra todos los fracasos y éxitos de proyectos pasados para beneficios de los proyectos futuros. Las ideas de Constructabilidad se obtienen en todos los niveles organizacionales como ingenieros de disciplina, personal de procuración, superintendentes, supervisores, vendedores, inspectores, coordinadores de área, personal de campo del dueño, entre otros.

Para la recolección de ideas se utilizan reportes mensuales de avance, reportes finales del cierre del proyecto, entrevistas personales, sugerencias, minutas o notas de reuniones de planeación del proyecto, entre otras cosas.

El criterio para la evaluación de la idea de Constructabilidad debe incluir la estimación del impacto que tenga sobre el costo, programa, calidad y seguridad. El diseño u horas de trabajo de la construcción, esfuerzo requerido de la administración, efectos de riesgo son también criterios de evaluación que permiten determinar si se implementa o no una idea de Constructabilidad. Es conveniente establecer un premio altamente visible o un sistema de reconocimientos que va desde premios en efectivo, comidas programadas, reconocimientos públicos; éstos son efectivos y alentadores para la generación de buenas ideas, para mantener los conocimientos del programa de Constructabilidad.

Una vez evaluadas las ideas se integran en forma organizada y por categorías a la base de datos computarizadas por área de trabajo o disciplina (civil, tuberías, instrumentación, entre otras) y por etapa del proyecto (planeación conceptual, diseño, procuración, construcción y arranque). Esta base de datos debe estar disponible en disco duro y en formatos de archivo computarizados y

en red, el formato en copia dura debe contener tablas de contenido completas, detalladas y exactas.

La información sugerida para cada registro en la base debe incluir:

- ❖ Título corto y descriptivo de la idea.
- ❖ Descripción detallada de la idea.
- ❖ Categoría y subcategoría de la disciplina o área de trabajo (ejemplo: tubería: fabricación, eléctrica; materiales y otros).
- ❖ Etapa del proyecto.
- ❖ Efectos primarios en el proyecto (reducción de costo, reducción de tiempo, reducción de horas hombre, mejoras de seguridad, disminución de materiales, entre otros).
- ❖ Necesidades de modificar especificaciones y estándares de la organización, y por último el uso de ideas para el proyecto.
- ❖ Contactos del personal para obtener mayor información.
- ❖ Literatura de referencia del fabricante.

La base de datos debe estar disponible para todos los involucrados y las ideas deben ser evaluadas constantemente con una retroalimentación de sus originadores.

## 7.2 IMPLANTACIÓN DE LA CONSTRUCTABILIDAD A NIVEL PROYECTO

Para desarrollar la implantación de Constructabilidad a nivel proyecto deben llevarse a cabo las siguientes actividades.

### C) Obtener Capacidades de Constructabilidad

Para obtener estas capacidades el dueño debe evaluar la experiencia disponible en la organización, considerar la procuración del diseño externo y la experiencia en construcción.

### *C.1) Formar el equipo con miembros claves del dueño*

El administrador de proyectos y los miembros del equipo tienen cierta influencia en el éxito de Constructabilidad. Para mejorar los esfuerzos de Constructabilidad hay dos cosas importantes que tienen que desarrollarse (1) seleccionar un administrador de proyecto comprometido con la Constructabilidad y (2) establecer un criterio para la selección de otros miembros claves del equipo.

El *seleccionar al administrador de proyecto* comprometido juega un papel importante en la decisión de implantar un programa, el administrador debe llevar al equipo a:

- ❖ Un ambiente favorable en el proyecto: Establecer los roles, responsabilidades, acciones y líneas de comunicación para el equipo de proyecto, necesarias para proporcionar el conocimiento y experiencias tempranas de la construcción.
- ❖ Crear un compromiso para incrementar la efectividad del costo: enfatizar la influencia que tienen las decisiones del proyecto sobre el costo.
- ❖ Usar la Constructabilidad para establecer los objetivos del proyecto: Además de apoyar los objetivos tradicionales del proyecto como costo, programa, calidad y seguridad.
- ❖ Involucrar la construcción: El equipo de proyecto debe obtener y retener activo al personal de construcción involucrado en la administración y en las decisiones técnicas del proyecto así como proporcionar un equilibrio entre los objetivos del diseño y de construcción.

El establecer el criterio para la selección de los miembros clave del equipo debe incluir aspectos tales como: experiencia de trabajo, conocimiento en construcción, habilidades de comunicación, habilidades de trabajo en equipo, habilidad para evaluar objetivamente el intercambio en diseño y construcción y por último ser receptivo a las nuevas ideas.

### *C.2) Definir los objetivos y medidas de Constructabilidad*

Una vez seleccionados a los miembros clave del equipo se deben definir los objetivos y las medidas de Constructabilidad. De esta manera el equipo debe (1) Establecer los objetivos del proyecto considerando la Constructabilidad, (2) Establecer los objetivos de Constructabilidad, (3) Identificar las medidas apropiadas para los objetivos y (4) Determinar el nivel de formalidad del programa.

Para establecer los objetivos del proyecto se elabora una lista detallada de los objetivos, priorizando cada uno. Los puntos 1 y 2 fueron explicados detalladamente en el capítulo anterior.

Con respecto el identificar medidas apropiadas, a continuación se muestra una lista de medidas para los proyectos:

- ❖ Capital.
- ❖ Costo de inversión para construcción.
- ❖ Horas de trabajo del personal de campo.
- ❖ Productividad de mano de obra (horas de trabajo/unidad).
- ❖ Conceptos que no corresponden a las especificaciones del dueño.
- ❖ Horas de trabajo por retrabajos en diseño.
- ❖ Órdenes de cambio.
- ❖ Tiempos muertos.
- ❖ Duración de suspensiones de trabajo (horas).
- ❖ Accesibilidad de personal y materiales al sitio de trabajo.

Para la determinación del nivel de formalidad de un programa de Constructabilidad se incluye lo siguiente:

- ❖ Proporcionar un presupuesto.
- ❖ Desarrollar un manual de Constructabilidad.
- ❖ Preparar procedimientos de las tareas principales de Constructabilidad.
- ❖ Emitir reportes de avance de Constructabilidad.
- ❖ Rastrear sugerencias de Constructabilidad.

Existen varias consideraciones que afectan el nivel de formalidad del programa de Constructabilidad, como son las características del dueño que incluye: tipo de cliente, objetivos, experiencia y recursos; y otra consideración es característica del proyecto que incluye tipo de construcción, tipo de contrato, tamaño del proyecto, dificultades técnicas y de localización del sitio entre otras.

### *C.3) Seleccionar estrategias de contratación de Constructabilidad para el proyecto*

Esta actividad tiene un impacto profundo en el tiempo y aplicación de las entradas de Constructabilidad. La estrategia de contratación consiste de dos partes: (1) Arreglo de la contratación: incluyen los arreglos tradicionales diseño-construcción y administración de diseño, estos influyen en los involucrados y en sus relaciones. (2) Tipo de contrato: Señalan los términos comerciales en el cual las partes están contractualmente limitadas y pagadas.

La estrategia de contratación también afecta el nivel de formalidad del programa de Constructabilidad. Al seleccionar una estrategia de contratación, el dueño debe evaluar la experiencia de la organización que pueda llevar o reforzar el esfuerzo de Constructabilidad en el proyecto, también debe reconocer como la selección de la estrategia de contratación impacta en la Constructabilidad así



como seleccionar la mejor organización de contratación que sea responsable de la Constructabilidad durante las etapas iniciales de la definición del proyecto.

*C.4) Asegurar contratistas, vendedores y consultores.*

Una vez seleccionada la estrategia de contratación el dueño debe requerir el programa de Constructabilidad como parte del proceso de precalificación del contratista solicitándolo en sus documentos de la oferta. También se debe considerar el uso de cláusulas de incentivos relacionadas al desempeño de Constructabilidad.

D) Implantar el Plan de Constructabilidad

La planeación es una actividad crítica para la implantación de Constructabilidad, debe iniciar lo más pronto posible e incluye los principales participantes del proyecto. Un plan de ejecución de proyecto define los objetivos de Constructabilidad y explica detalladamente como funcionan para lograr los objetivos tradicionales del proyecto, y dependerán del tipo de proyecto y de la estrategia de contratación.

La realización de un plan requiere del conocimiento y experiencia en construcción e incluye aspectos como:

- ❖ Alcance del proyecto.
- ❖ Organización del proyecto.
- ❖ Procedimientos de operación.
- ❖ Presupuestos de operación.
- ❖ Plan de diseño.
- ❖ Programa del proyecto.
- ❖ Plan de contratación/ subcontratación.
- ❖ Plan de administración de materiales.
- ❖ Planes y métodos de la construcción.

- ❖ Plan del sitio.
- ❖ Plan de comisionamiento y arranque.

Son cuatro los puntos que hay que tomar en cuenta para realizar la planeación para la implantación de Constructabilidad:

#### *D.1) Formar el equipo de Constructabilidad del proyecto*

Incluye personal del dueño, del diseñador, constructor, equipo de proyecto, subcontratistas, vendedores y consultores. Para formar el equipo es necesario (1) Congregar a los miembros del equipo, estos deben tener experiencia en construcción y fuertes habilidades interpersonales, estar abiertos a aceptar puntos de vista y estar disponibles, (2) Organizar al equipo de trabajo: la estructura organizacional varía de proyecto a proyecto es importante la identificación de cada uno de los participantes del equipo y delinear sus roles (3) Dar a conocer la política de Constructabilidad: se desarrolla después de la formación del equipo y es un medio para enfatizar la importancia de la Constructabilidad, (4) Orientar al equipo de Constructabilidad: dando a conocer su definición y la política, dando a conocer la importancia del trabajo en equipo y la comunicación, discutiendo los objetivos del proyecto, discutiendo los factores críticos para el éxito del programa, dando a conocer los roles y responsabilidades del equipo, así como los procedimientos generales de Constructabilidad y (5) Realizar ejercicios de formación del equipo: a través de sesiones con consultores de formación de equipo para reforzar y acelerar su proceso de integración.

#### *D.2) Identificar y combatir las barreras*

Es importante identificar las barreras y los medios para superarlas, algunas de estas barreras están relacionadas al desconocimiento de la filosofía de la Constructabilidad de los miembros del equipo y como trabaja (barreras internas propias de los miembros). Los medios para romper estas barreras pueden ser la

educación, compartir éxitos históricos, publicación referenciada, revisión de los casos de estudio, entre otras.

D.3) *Consultar la aplicación de la matriz y el archivo de lecciones aprendidas*

Son métodos para ayudar a los equipos de Constructabilidad, (1) usar la aplicación de la matriz por etapa de proyecto: es una herramienta que une los conceptos de Constructabilidad a las actividades específicas dentro de cada fase del proceso de entrega de la instalación. La unión se define cuando un proyecto dado es aplicable a una actividad, todo esto se realiza cuando el plan de ejecución del proyecto está desarrollándose, en la aplicación de la matriz se ven dos niveles;

- ❖ Nivel de fase de apreciación global: útil en la comunicación conceptual con la administración superior de la organización del dueño.
- ❖ Nivel de la actividad detallada dentro de cada fase para cada tipo de construcción: es útil como herramienta de planeación para ayudar a los participantes del proyecto menos experimentados.

Una matriz de aplicación es útil para determinar el impacto que tiene el concepto de Constructabilidad en cada una de las etapas del proyecto (**Ver Fig.15**).

(2) Resguardar apropiadamente el archivo de lecciones aprendidas: son usualmente comunicadas en las reuniones de cierre del proyecto, conversaciones informales, reunión de notas del proyecto, y reuniones de revisión después del proyecto. Esta base de datos incluye lecciones aprendidas del programa de Constructabilidad como parte del sistema de control del proyecto (ejemplo: monto del presupuesto, ordenes de cambio y ordenes de compra) y son introducidas por el coordinador de Constructabilidad que

APLICACIÓN DE LA MATRIZ A LA CONSTRUCTABILIDAD PARA LOS PROYECTOS INDUSTRIALES POR FASES

| Conceptos de la Constructabilidad |  | FASE                     |                    |                       |                                |                            |
|-----------------------------------|--|--------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|
|                                   |  | Conceptos y Factibilidad | Diseño de Procesos | Ingeniería Preliminar | Diseño Detallado y Procuración | Construcción e Instalación |
| A)                                | El programa de Constructabilidad es una parte integral del plan de ejecución del proyecto                | Alto                     | Alto               | Alto                  | Bajo                           |                            |
| B)                                | La planeación involucra el conocimiento y experiencia de la construcción                                 | Alto                     | Alto               | Alto                  | Moderado                       | Bajo                       |
| C)                                | El involucramiento temprano de la construcción es considerado en el desarrollo del tipo de contratación  | Alto                     | Alto               | Alto                  | Bajo                           |                            |
| D)                                | Los programas del proyecto son sensibles a la construcción   | Alto                     | Alto               | Alto                  | Moderado                       | Bajo                       |
| E)                                | En las bases de diseño se deben considerar los métodos principales de construcción                       |                          | Alto               | Alto                  | Bajo                           |                            |
| F)                                | El arreglo general del sitio promueven la construcción eficiente   | Alto                     | Alto               | Alto                  |                                |                            |
| G)                                | Los participantes del equipo de proyecto de Constructabilidad deben identificarse al inicio              |                          | Alto               | Alto                  | Bajo                           |                            |
| H)                                | La información de tecnologías avanzadas es aplicada a lo largo del proyecto                              | Bajo                     | Moderado           | Alto                  | Alto                           | Alto                       |
| I)                                | Los programas de diseño y procuración son sensibles a la construcción                                    |                          | Alto               | Alto                  | Moderado                       |                            |
| J)                                | Los diseños se habilitan para permitir la construcción eficiente   |                          | Alto               | Alto                  | Alto                           |                            |
| K)                                | Los elementos del diseño deben estandarizarse.   |                          | Alto               | Alto                  | Alto                           |                            |
| L)                                | La eficiencia de la construcción debe considerar el desarrollo de especificaciones                       |                          |                    | Alto                  | Alto                           |                            |
| M)                                | Los diseños de modulo/presamble deben prepararse para facilitar la fabricación, transporte e instalación |                          | Alto               | Alto                  | Moderado                       |                            |
| N)                                | Los diseños promueven la accesibilidad de construcción del personal, materiales y equipo                 |                          |                    | Alto                  | Alto                           |                            |
| O)                                | Los diseños deben facilitar la construcción bajo condiciones adversas                                    |                          | Alto               | Alto                  | Moderado                       | Bajo                       |
| P)                                | La secuencia del diseño y la construcción deben facilitar el sistema de transferencia y arranque         | Moderado                 | Moderado           | Alto                  | Alto                           | Alto                       |
| Q)                                | Los contratistas usan métodos de construcción innovadores  |                          |                    | Bajo                  | Moderado                       | Alto                       |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE MATRIZ EN LA FASE GLOBAL PARA PROYECTOS INDUSTRIALES

Fuente: Institute Industry Construction, "Guía de Implementación", Publication 34-1, 1993 Mayo, The University of Houston, Texas.

MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 15

2004

participa concurrentemente en varios proyectos, pueden ser recuperadas por número de proyecto y costo concentrado.

La base de datos permitirá la localización y recuperación de lecciones aprendidas para contribuir a la eficiencia y accesibilidad para el diseño y personal de la construcción.

*D.4) Desarrollar procedimientos de Constructabilidad e integrarlas en las actividades del proyecto*

Las actividades de Constructabilidad necesitan ser desarrolladas y planeadas para su aplicación durante la planeación conceptual, diseño y fases de la construcción, para ello es necesario que el equipo de Constructabilidad desarrolle una serie de procedimientos de Constructabilidad e integre las actividades en el programa del proyecto. Las actividades que se realizan en este paso son las siguientes:

- ❖ Definir los roles y responsabilidades de Constructabilidad: Debe estar claramente definidos los roles y responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo de proyecto, desde el administrador, coordinador de proyecto, equipo de Constructabilidad, especialistas.
- ❖ Definir los procedimientos específicos de Constructabilidad: Es necesario realizar por escrito los procedimientos específicos de Constructabilidad, ya que es crucial para obtener el éxito del proyecto.
- ❖ Integrar la Constructabilidad en las actividades del proyecto: Los equipos de proyecto de Constructabilidad necesitan usar medios estructurados para integrar el conocimiento de Constructabilidad, existen dos métodos para esta integración a través de (1) Extender la aplicación de la matriz, el equipo de proyecto de Constructabilidad considera la aplicación detallada de conceptos de Constructabilidad en base a proyectos pasados y (2) Usar un organigrama para identificar el proceso de Constructabilidad que designa la responsabilidad para actividades específicas de Constructabilidad hacia los

miembros del equipo de Constructabilidad, es decir la liga entre “qué” y “quién” y “cuándo” acerca de la Constructabilidad.

#### E) Implantar la Constructabilidad

El compartir ideas de Constructabilidad debe ser parte integral junto con el equipo de diseño, la construcción y las responsabilidades del arranque. Este proceso considera la aplicación de tres pasos:

##### *E.1) Aplicar los conceptos y los procedimientos de Constructabilidad.*

La primera actividad que se debe realizar es (1) Aplicar los conceptos de Constructabilidad: Los conceptos de Constructabilidad son lecciones aprendidas de proyectos pasados, un método que se puede utilizar para estimular la aplicación de los conceptos es incluirlos como parte de un manual de Constructabilidad. Una lista de verificación puede ser usada también como un estímulo para la discusión temprana entre el personal de la construcción y de diseño.

(2) Ejecutar procedimientos del programa de Constructabilidad: Son una serie de acciones detalladas a realizar, y son especificadas a lo largo del diseño detallado. El coordinador debe monitorear la implantación de los procedimientos de Constructabilidad y tomar la acción correctiva si es necesario.

##### *E.2) Monitorear y evaluar la efectividad del programa para el proyecto*

Para llevar a cabo este paso se realiza lo siguiente, (1) Mantener registradas las ideas de Constructabilidad. Se refiere a toda aquella sugerencia y estudio realizado de Constructabilidad deberá ser documentada. El coordinador debe coordinar el costo necesario y estimado del programa para las sugerencias de Constructabilidad, actúa como enlace para la base de datos organizacional de lecciones aprendidas, (2) Evaluar y reportar los avances del programa: Para ello se utilizan reportes periódicos que determinan el avance del programa de

Constructabilidad y como esta impactando en los objetivos del proyecto, algunos beneficios tangibles evaluados con los reportes son las finanzas, programa, calidad, seguridad y beneficios operacionales. Y por ultimo (3) Tomar las acciones correctivas: Con los resultados obtenidos de la evaluación se determina si es necesario modificar los procedimientos o actividades de Constructabilidad de manera que se pueda lograr el resultado esperado.

*E.3) Documentar las lecciones aprendidas.*

Debe haber una continua retroalimentación en el programa de Constructabilidad. Es decir, es importante documentar todas las lecciones aprendidas específicas durante el diseño, la construcción y cierre del proyecto. Al finalizar el proyecto el equipo debe valorar objetivamente y evaluar cada diseño funcional para el desarrollo adicional de lecciones aprendidas para proyectos futuros.

F) Actualizar el Programa Organizacional

El programa de Constructabilidad a nivel organización debe ser evaluado continuamente con el objetivo de identificar áreas de mejora y áreas que requieren cambios. Esta actividad debe estar bajo la responsabilidad del administrador del programa organizacional. Es un componente crítico en el proceso de mejoramiento continuo organizacional a nivel global. Para realizar la actualización se requieren realizar las siguientes actividades:

*F.1) Evaluar la efectividad del programa organizacional*

Se debe llevar a acabo una valoración periódica que involucre la participación de empleados en todos los niveles, así como reconocer, premiar y difundir los éxitos de los programas en los dos niveles.

Establecer y aplicar el criterio de la efectividad de un programa de Constructabilidad a nivel organización, para la evaluación se puede analizar las

respuestas a los siguientes cuestionamientos, ¿Están reunidas las metas y objetivos globales del programa organizacional de Constructabilidad?, ¿Existe una necesidad para establecer nuevas metas del programa?, ¿Los programas de Constructabilidad a nivel proyecto reciben todos el apoyo necesario del programa organizacional?

Es importante reconocer que el éxito verdadero del programa a nivel organización dependerá del éxito del programa a nivel proyecto.

En este paso es necesario incluir una revaloración de las barreras de Constructabilidad y la efectividad del rompimiento de las barreras en la evaluación del programa global de la organización.

*F.2) Modificar la organización y los procedimientos; actualizar la base de datos de lecciones aprendidas.*

Cuando se requiera es necesario se modifique la organización del programa para ampliar la experiencia y evitar repetir barreras y complacencia. Si se requiere también modifique los procedimientos y herramientas usadas para el entrenamiento, comunicación, evaluación, ampliar y actualizar la base de datos de lecciones aprendidas en el desarrollo de cada proyecto.



## **CAPÍTULO 4**

### **8.0 METODOLOGÍA DE CONSTRUCTABILIDAD PLANTEADA PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS.**

El propósito de este trabajo es utilizar la metodología de Constructabilidad propuesta por el Instituto de la Industria de la Construcción y plantear una metodología específica para el proyecto de construcción de la planta isomerizadora de pentanos y hexanos ya instalada.

Esta metodología no solo puede ser utilizada en el proyecto de construcción de una planta isomerizadora de pentanos y hexanos, es aplicable también a proyectos IPC (Ingeniería-Procura-Construcción) ya sea de una planta química, petroquímica o de refinación del petróleo, entre otras.

Para el planteamiento de esta metodología se utilizaron los documentos técnicos generados en la planta isomerizadora de pentanos y hexanos ya construida.

Esta metodología de Constructabilidad puede aplicarse a la construcción de futuras plantas industriales y esta estructurada de la siguiente manera:

#### **8.1 Recopilación de información, análisis e identificación de las actividades que se realizan a nivel organizacional y a nivel proyecto.**

Se realiza un análisis del proceso de administración de proyectos que se lleva a cabo en la firma, con el objetivo de definir cuales son las actividades que se realiza a nivel organización y cuales son las actividades que le corresponden propiamente al proyecto, así como identificar las responsabilidades que tiene cada uno de los departamentos que forman parte de la organización.

## 8.2 Implantación de los Conceptos y Definiciones de Constructabilidad en cada una de las Actividades del Proyecto.

Una vez identificadas cuales son las actividades que se van considerar en este trabajo, se explica en forma detallada ¿Qué?, ¿Cómo? ¿Cuándo? se debe implantar cada uno de los conceptos de Constructabilidad vistos a lo largo de este trabajo de tesis.

## 8.3 Elaboración de la Matriz de Aplicación de Constructabilidad de la Planta Isomerizadora.

En este punto se desarrollan las matrices de aplicación de Constructabilidad para cada una de las etapas del proyecto de construcción de la planta isomerizadora de pentanos y hexanos como son: planeación conceptual, administración y control, ingeniería, procura, construcción y puesta en marcha, estas matrices tienen como objetivo unir los conceptos de Constructabilidad con cada una de las actividades del proyecto.

## 8.4 Diseño de la Base de Datos de Lecciones Aprendidas de Constructabilidad para la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Se diseña por medio de un programa de computadora una base de datos de lecciones aprendidas de Constructabilidad. Esta base permite al personal involucrado en el proyecto registrar todas las experiencias adquiridas durante la participación en el desarrollo del proyecto. Se muestra como está estructurada la base, cual es la información principal que se debe registrar. Asimismo se desarrolla un procedimiento que se debe seguir para que una experiencia adquirida pueda ser convertida en una lección aprendida de Constructabilidad.

### 8.5 Archivo de Lecciones Aprendidas de Constructabilidad de la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Se realizan entrevistas con el personal que participó en la construcción de la planta isomerizadora de pentanos y hexanos con el objetivo de tener una visión general de cómo se desarrollo el proyecto. Esta información permite conocer las condiciones del sitio donde se ejecutó el proyecto, los conocimientos adquiridos, problemas presentados, aciertos logrados, las relaciones del personal involucrado tanto en el aspecto profesional como en el aspecto personal, la forma en que se desarrollo la integración de cada una de las etapas del proyecto como son ingeniería, procura y construcción. Con base en esta información obtenida y los documentos técnicos con que cuenta la planta como son el plano de localización general, diagramas de tubería e instrumentación, diagramas de flujo, entre otros se genera un archivo de lecciones aprendidas.

### 8.6 Desarrollo de Listas de Verificación para la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Haciendo uso de los archivos de lecciones aprendidas para el proyecto de construcción de la planta isomerizadora de pentanos y hexanos se analizan y seleccionan cada una de estas lecciones, agrupándolas con base en los equipos de proceso que corresponden a la planta. Una vez agrupadas se vacían en un formato para convertirlas en listas de verificación por equipo de proceso. Las listas de verificación que se generan son aplicables al diseño del arreglo de planta y arreglo de equipo, al diseño de bombas, tuberías, intercambiadores de calor, recipientes, columnas, etc.

## 9.0 CASO DE ESTUDIO: “EMPLEO DE LA METODOLOGÍA DE CONSTRUCTABILIDAD”

En este capítulo se explica de manera detallada como puede ser empleada la metodología de Constructabilidad planteada en el punto anterior.

El proyecto utilizado para este caso de estudio es un proyecto IPC, lo que significa que dicho contrato es asignado a un contratista principal encargado de desarrollar en forma integrada las etapas de Ingeniería-Compra-Construcción (**Ver Fig. 16**), en dicha figura se muestra la secuencia de las actividades que se llevan a cabo en la planta; para el empleo de la metodología de Constructabilidad en la Planta Isomerizadora de pentanos y hexanos se utilizan documentos técnicos que se generaron en la construcción tales como: Bases de Diseño (BD), Diagrama de Flujo de Proceso (DFP), Plano de Localización General (PLG), Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) y Lista de Equipos, entre otros; (**Ver Fig. 17, 18 y Fig. 19**).

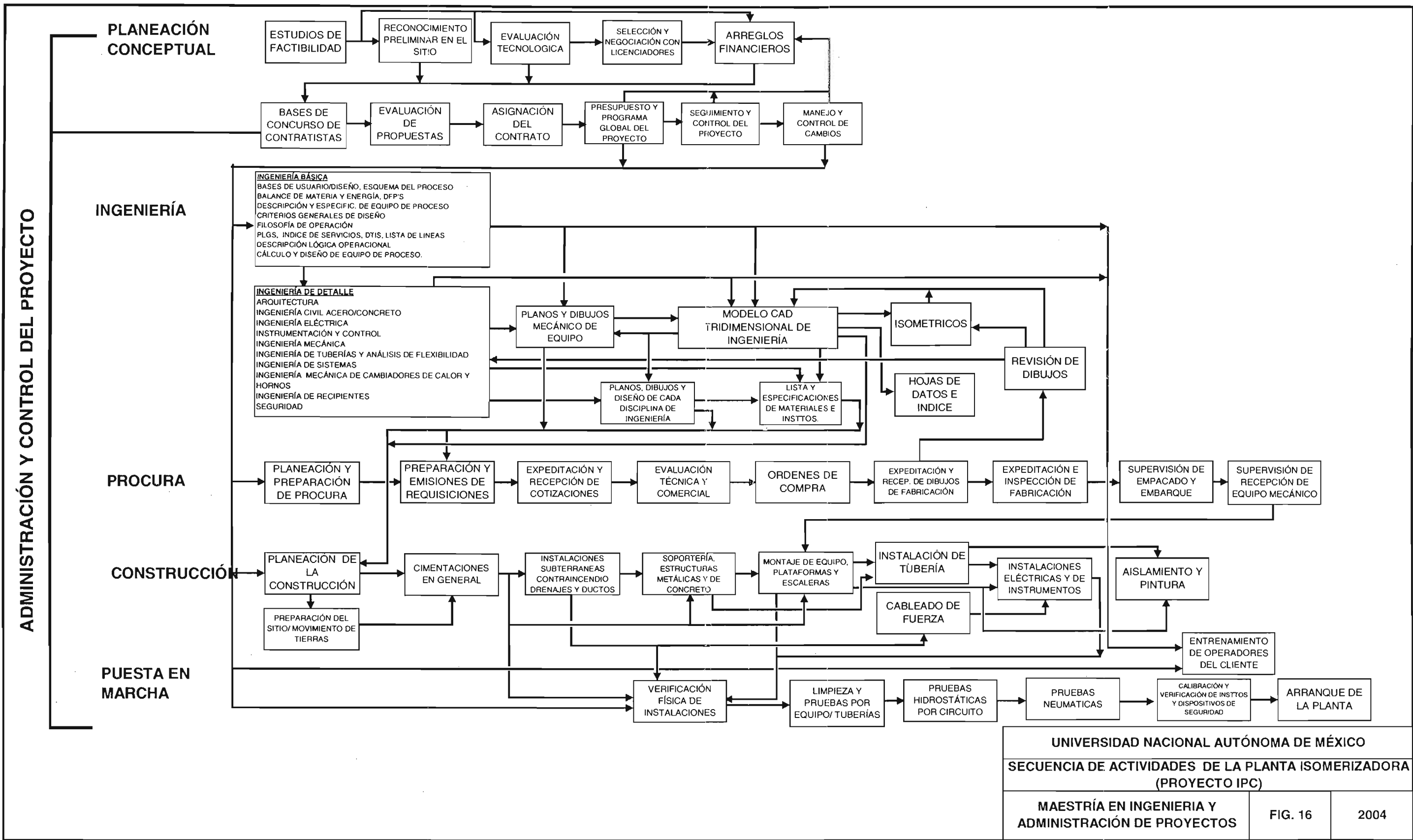
### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS.

En el proceso de isomerización se obtienen gas y producto isomerizado llevándose a cabo a través de tres secciones:

1. Acondicionamiento de la carga
2. Reacción
3. Estabilización y lavado cáustico

#### *Sección: Acondicionamiento de la carga*

La corriente de pentanos y hexanos provenientes de las unidades Hidrodesulfuradoras Nafta 1 y 2 se reciben al primer tanque de balance de



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE LA PLANTA ISOMERIZADORA (PROYECTO IPC)  
 MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS      FIG. 16      2004

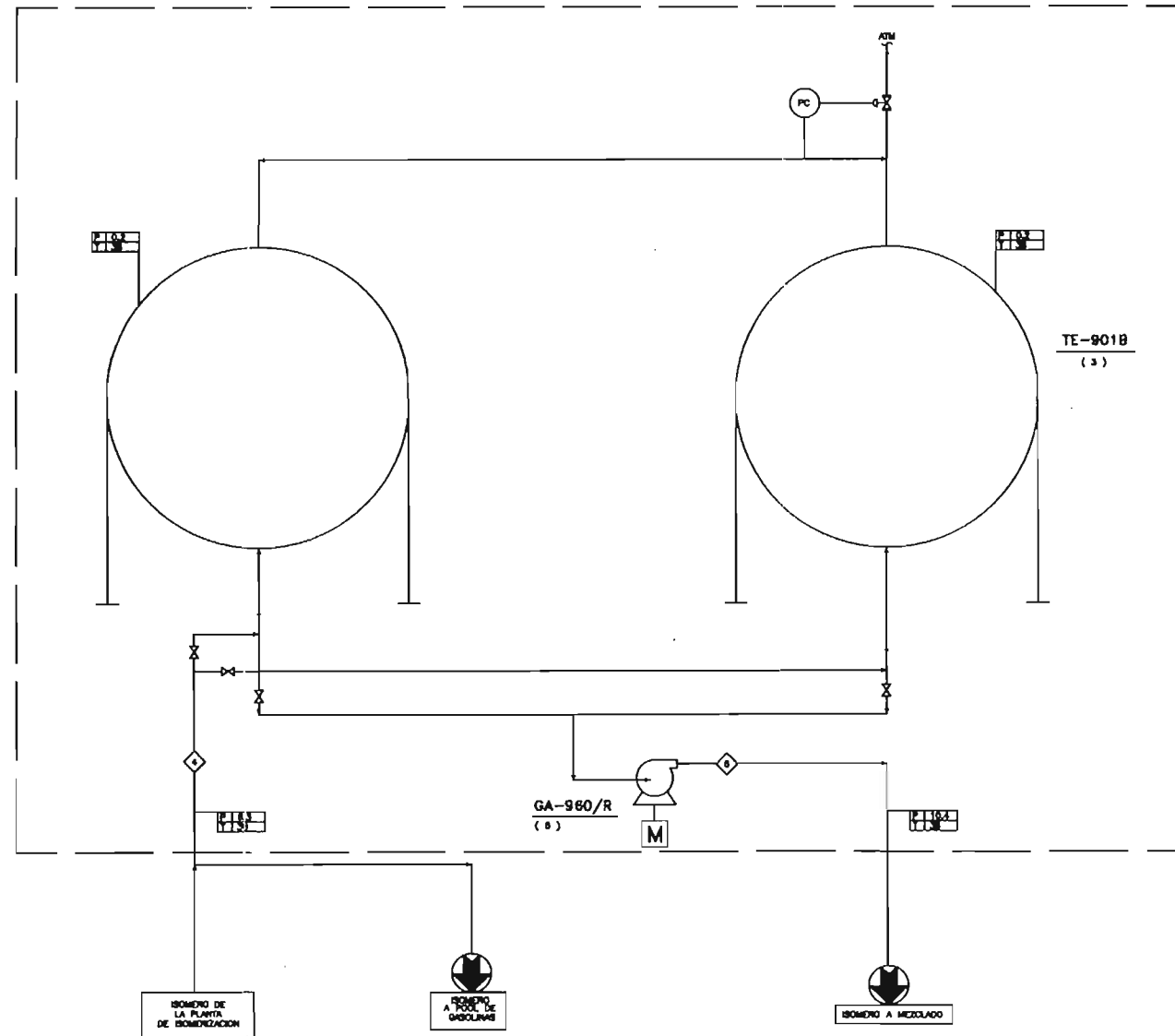
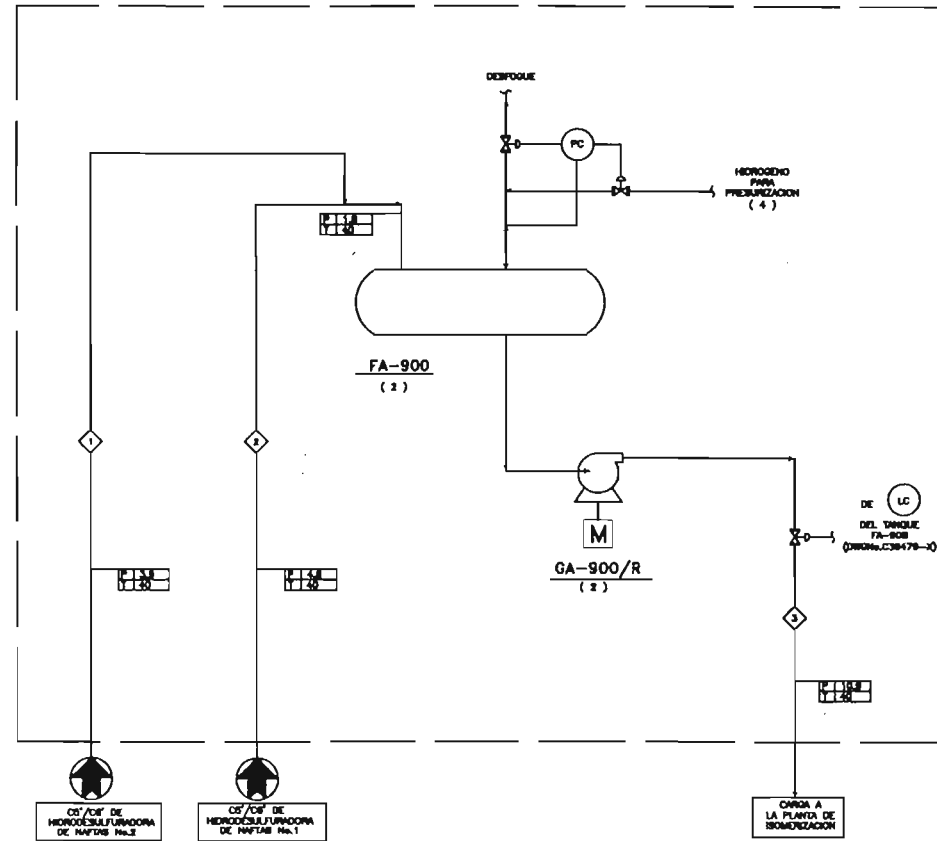
| CORRIENTE                          | 1       | 2       | 3       | 4       | 5         |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|                                    | % MOL   | % MOL   | % MOL   | % MOL   | % MOL     |
| COMPONENTE                         |         |         |         |         |           |
| PROPANO Y SUS ISÓMERS              | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000     |
| 1-BUTANO                           | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.067   | 0.067     |
| N-BUTANO                           | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.041   | 0.041     |
| CICLOPENTANO                       | 2.834   | 2.834   | 2.834   | 2.014   | 2.014     |
| 1-PENTANO                          | 13.272  | 13.272  | 13.272  | 32.358  | 32.358    |
| N-PENTANO                          | 27.842  | 27.842  | 27.842  | 10.403  | 10.403    |
| BENCENO                            | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000     |
| M-CICLOPENTANO                     | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000     |
| CICLOHEXANO                        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000     |
| N-HEXANO                           | 30.071  | 30.071  | 30.071  | 6.383   | 6.383     |
| 3-M-PENTANO                        | 23.735  | 23.735  | 23.735  | 26.188  | 26.188    |
| 2,2DM-BUTANO                       | 0.298   | 0.298   | 0.298   | 18.531  | 18.531    |
| 2,3DM-BUTANO                       | 1.848   | 1.848   | 1.848   | 5.458   | 5.458     |
| N-HEPTANO Y SUS ISÓMERS            | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.568   | 0.568     |
| TOTAL                              | 100     | 100     | 100     | 100     | 100       |
| FLUJO TOTAL kg/mol/hr              | 367.285 | 367.285 | 734.57  | 723.18  | 18.15.47  |
| FLUJO TOTAL mol/hr                 | 28358   | 28358   | 56716   | 57784   | 128080    |
| PESO MOLECULAR                     | 78.837  | 78.837  | 78.837  | 78.803  | 78.803    |
| DENSIDAD A P Y T g/cm <sup>3</sup> | 0.636   | 0.636   | 0.636   | 0.636   | 0.636     |
| API A 15.6°C                       | 84.878  | 84.878  | 84.878  | 86.180  | 86.180    |
| BPD A 15.6°C                       | 8786.45 | 8786.45 | 13672.9 | 13429.8 | 30000 (8) |
| TEMPERATURA °C                     | 40      | 40      | 40      | 38      | 38        |
| PRESION kg/cm <sup>2</sup> man     | 3.8     | 4.8     | 10.9    | 6.3     | 10.4      |

LISTA DE EQUIPO

| CLAVE     | SERVICIO                                     | CARACTERISTICAS   |
|-----------|--|---|
| FA-900    | TANQUE DE BALANCE DE CARGA                   | 3048 mm OJ x 8144 mm I.T                                    |
| GA-900/R  | BOMBAS DE ALIMENTACION FRESCA                | (7)1880 LPM $\rho=10.4\text{Kg/cm}^2$                       |
| GA-960/R  | BOMBA DE PRODUCTO BOMBEADO                   | (7)3388 LPM $\rho=10.2\text{Kg/cm}^2$                       |
| TE-901A/B | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ISOMERO PRODUCTO | OJ = 18288 mm<br>CAPACIDAD = 3180m <sup>3</sup> (30000 BLS) |

NOTAS :

- 1.- PRESION Kg/cm<sup>2</sup> man, TEMPERATURA °C.
- 2.- ESTOS EQUIPOS SE LOCALIZARAN EN LA PLANTA DE ISOMERIZACION.
- 3.- ESTOS EQUIPOS SE LOCALIZARAN EN LA SECCION DE ALMACENAMIENTO.
- 4.- DE CARGAL EXISTENTE.
- 5.- LAS BOMBAS DE PRODUCTO BOMBEADO GA-960/R ESTARAN LOCALIZADAS EN LA CASA DE BOMBAS No.4.
- 6.- FLUJO HORIZONTALMENTE.
- 7.- CAPACIDAD DE DIBIENO



| RESUMEN DE CORRIENTE                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| CASO ALTERNATIVO (DISEÑO SALINA CRUZ) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| INICIO DE CORRIENTA                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| No. DE COORRIENTE                     | 101   | 111   | 112   | 114   | 116   | 117   | 124   | 128   | 129   | 136   | 137   | 141   | 143   | 144   | 146   | 147   | 148   | 190   | 191   | 192   | 193   | 194   | 203   | 206   | 208   | 209   | 212   | 217   | 222   | 223   | 243   | 246   | 250   | 254   | 303   | 307   | 308   | 310   | 311   | 318  |      |      |      |      |      |
| FLUIDO MASICO kg/h                    | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 |      |      |      |      |      |      |
| TEMPERATURA °C                        | 40    | 81    | 121   | 121   | 85    | 85    | 30    | 30    | 30    | 30    | 37    | 101   | 138   | 100   | 100   | 116   | 100   | 122   | 83    | 86    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40   | 40   | 40   |      |      |      |
| ENTALPIA kcal/h                       | 0.78  | 2.13  | 3.84  | 3.08  | 2.20  | 1.25  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.72  | 1.88  | 2.07  | 4.48  | 6.08  | 4.32  | 3.03  | 0.78  | 3.00  | 0.82  | 2.86  | ---   | 0.84  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 2.86  | 3.04  | 0.77  | 0.42  | 0.30  | 0.30  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12 | 0.12 | 0.12 |      |      |      |
| PRESION kg/cm <sup>2</sup> , man      | 10.8  | 10.4  | 10.00 | 9.87  | 8.00  | 8.00  | 8.00  | 7.00  | 38.10 | 38.10 | 34.4  | 34.0  | 33.0  | 33.0  | 32.4  | 32.1  | 32.1  | 32.1  | 31.8  | 30.9  | 30    | 30    | 37.03 | 37.03 | 36.80 | 34.80 | 16.0  | 14.8  | 14.8  | 14.1  | 14.1  | 14.8  | 14.1  | 8.00  | 7.20  | 15.28 | 14.03 | 14.28 | 6.30  | 4.23 | 7.28 | 7.9  | 8.88 | 8.48 | 8.04 |

| BALANCE DE MATERIA, KG/M <sup>3</sup> /H |     |        |        |        |        |
|--|-----|--------|--------|--------|--------|
| CASO ALTERNATIVO (DISEÑO SALINA CRUZ)    |     |        |        |        |        |
| INICIO DE CORRIENTA                      |     |        |        |        |        |
| CORRIENTE                                | No. | 101    | 194    | 217    | 243    |
| Hz                                       |     | ---    | 90.01  | 38.73  | ---    |
| C1                                       |     | ---    | 2.18   | 3.13   | ---    |
| C2                                       |     | ---    | 2.21   | 2.72   | ---    |
| C3                                       |     | ---    | 1.74   | 7.21   | TRACES |
| H2O                                      |     | ---    | 0.82   | 8.11   | 0.40   |
| HCA                                      |     | ---    | 0.38   | 1.86   | 0.32   |
| HCO                                      |     | ---    | 97.48  | 0.47   | 238.81 |
| HCO2                                     |     | ---    | 206.29 | 0.47   | 70.58  |
| CP                                       |     | ---    | 20.82  | ---    | 14.87  |
| 220 MB                                   |     | ---    | 2.19   | ---    | 0.01   |
| 230 MB                                   |     | ---    | 13.08  | ---    | TRACES |
| 2 MP                                     |     | ---    | 100.08 | ---    | TRACES |
| 3MP                                      |     | ---    | 88.29  | ---    | TRACES |
| HCl                                      |     | ---    | 220.88 | ---    | TRACES |
| 220MP                                    |     | ---    | ---    | ---    | 4.11   |
| TOTAL                                    |     | 734.87 | 98.18  | 434.44 | 783.13 |
| Hg/h                                     |     | 08718  | 410    | 1348   | 87780  |
| REL. MOL MASHA                           |     | 78.9   | 7.808  | 21.3   | 88.8   |
| m3 STO/h                                 |     | 80.18  | ---    | ---    | 88.38  |
| DESH. ABS Kg/m3                          |     | 850    | ---    | ---    | 848    |
| MMPL m3/h                                |     | 1304   | 1420   | ---    | ---    |

| BALANCE DE MATERIA, KG/M <sup>3</sup> /H |     |        |        |        |        |
|--|-----|--------|--------|--------|--------|
| CASO ALTERNATIVO (DISEÑO SALINA CRUZ)    |     |        |        |        |        |
| FINAL DE CORRIENTA                       |     |        |        |        |        |
| CORRIENTE                                | No. | 101    | 194    | 217    | 243    |
| Hz                                       |     | ---    | 80.01  | 38.73  | ---    |
| C1                                       |     | ---    | 2.18   | 3.13   | ---    |
| C2                                       |     | ---    | 2.21   | 2.72   | ---    |
| C3                                       |     | ---    | 1.74   | 7.21   | TRACES |
| H2O                                      |     | ---    | 0.82   | 8.11   | 0.40   |
| HCA                                      |     | ---    | 0.38   | 1.83   | 0.34   |
| HCO                                      |     | ---    | 97.48  | 0.47   | 233.84 |
| HCO2                                     |     | ---    | 206.29 | 0.47   | 70.21  |
| CP                                       |     | ---    | 20.82  | ---    | 14.87  |
| 220 MB                                   |     | ---    | 2.19   | ---    | 0.01   |
| 230 MB                                   |     | ---    | 13.08  | ---    | TRACES |
| 2 MP                                     |     | ---    | 100.08 | ---    | TRACES |
| 3MP                                      |     | ---    | 88.29  | ---    | TRACES |
| HCl                                      |     | ---    | 220.88 | ---    | TRACES |
| 220MP                                    |     | ---    | ---    | ---    | 4.11   |
| TOTAL                                    |     | 734.87 | 98.18  | 434.30 | 783.17 |
| Hg/h                                     |     | 08718  | 410    | 1348   | 87783  |
| REL. MOL MASHA                           |     | 78.9   | 7.005  | 21.3   | 78.9   |
| m3 STO/h                                 |     | 80.18  | ---    | ---    | 88.38  |
| DESH. ABS Kg/m3                          |     | 850    | ---    | ---    | 848    |
| MMPL m3/h                                |     | 1304   | 1418   | ---    | ---    |

- ### NOTAS
- 1.- NOTA CANCELADA
  - 2.- LOS VALORES DE PRESION Y TEMPERATURA SON EN kg/cm<sup>2</sup> man y °C, RESPECTIVAMENTE
  - 3.- COMANDADOR DE OPERACION INDEPENDIENTE
  - 4.- Vb = VAPOR DE BAJA PRESION  
Vd = VAPOR DE MEDIA PRESION  
Las condiciones especificas del vapor de BAJA Y MEDIA PRESION DE ALIMENTACION A CADA EQUIPO APARECEN EN DIE.  
No. FB-8434-FB04-071

### LISTA DE EQUIPO

| CLAVE      | SERVICIO   |
|------------|--|
| BH-301     | SORBELECTOR DE REGENERANTE                                   |
| EA-301     | REFINADOR DE CARBA   |
| EA-302     | INTERCAMBIADOR DE CARGA COMBINADA FRIA                       |
| EA-303     | INTERCAMBIADOR DE CARGA COMBINADA CALIENTE                   |
| EA-304     | CONDENSADOR DE CARBA   |
| EA-305     | 2º ENFRAMADOR DE CARBA                                       |
| EA-306     | INTERCAMBIADOR ALIMENTADOR-REFLUENTE DE LA GUARDA DE ADIFRPE |
| EA-307 A/B | 2º ENFRAMADOR DE CARBA                                       |
| EA-308 A/B | INTERCAMBIADOR DE CARGA COMBINADA CALIENTE                   |
| EA-309 A/B | CONDENSADOR DE CARBA   |
| EA-310     | 1º ENFRAMADOR DE FONDOS DE LA TORRE                          |
| EA-311     | ESTABILIZADORA   |
| EA-312     | REFINADOR DE LA TORRE ESTABILIZADORA                         |
| EA-313     | 2º CONDENSADOR DEL DOMO DE LA TORRE ESTABILIZADORA           |
| EA-314     | CONDENSADOR DE SOLUCION CAUSTICA                             |

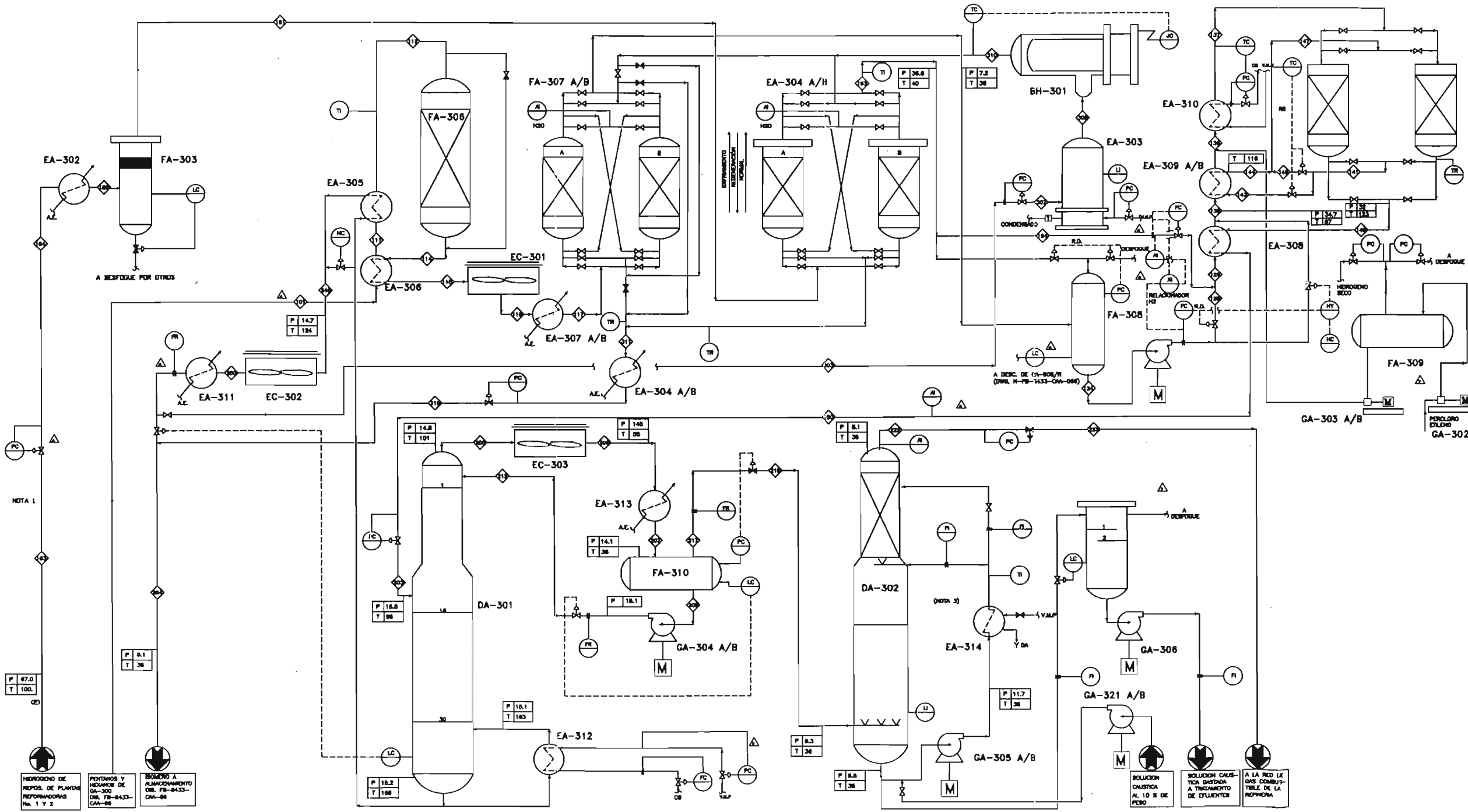
- ### ADICIONALES
- |            |   |
|------------|---|
| EA-302     | REFINADOR DE HIDROGENO DE REPOSICION  |
| EA-303     | REFINADOR DE REGENERANTE  |
| EA-304     | CONDENSADOR DE REGENERANTE  |
| EA-305     | INTERCAMBIADOR DE ALIMENTACION A LA GUARDA DE ADIFRPE-FONDOS DE LA TORRE ESTABILIZADORA |
| EA-306     | INTERCAMBIADOR ALIMENTADOR-REFLUENTE DE LA GUARDA DE ADIFRPE                            |
| EA-307 A/B | 2º ENFRAMADOR DE CARBA  |
| EA-308     | INTERCAMBIADOR DE CARGA COMBINADA FRIA  |
| EA-308 A/B | INTERCAMBIADOR DE CARGA COMBINADA CALIENTE  |
| EA-310     | CONDENSADOR DE CARBA  |
| EA-311     | 2º ENFRAMADOR DE FONDOS DE LA TORRE   |
| EA-312     | ESTABILIZADORA  |
| EA-313     | REFINADOR DE LA TORRE ESTABILIZADORA  |
| EA-313     | 2º CONDENSADOR DEL DOMO DE LA TORRE ESTABILIZADORA                                      |
| EA-314     | CONDENSADOR DE SOLUCION CAUSTICA  |
- ### BOMBAS
- |            |   |
|------------|---|
| GA-301 A/B | BOMBA DE CARGA                              |
| GA-302     | BOMBA DE TRANSPORTE DE CLORURO              |
| GA-303 A/B | BOMBA DE INYECCION DE CLORURO               |
| GA-304 A/B | BOMBA DE REFLUJO DE ESTABILIZADORA          |
| GA-305 A/B | BOMBA DE REGENERACION SOLUCION CAUSTICA     |
| GA-306     | BOMBA DE SOLUCION CAUSTICA APOSTAR          |
| GA-307 A/B | BOMBA DE BOMBA CAUSTICA PRECISA AL 108 PIES |

- ### LISTA DE CAMBIOS (REV. 0)
- 1.- LA SECCION DE COMPRESION DE HIDROGENO SE ELIMINA
  - 2.- LAS CORRIENTES A LA SECCION DE COMPRESION DE HIDROGENO SON ELIMINADAS, ESTAS CORRIENTES SON LAS INDICADAS 178, 178, 180, 182, 182, 184, 187, 188, 188, 200.
  - 3.- LAS CONDENSAS DE COMPRESION DE LAS CORRIENTES DE SUSTRATO DE HIDROGENO 173 Y 178 SON REDISEÑADAS

- ### LISTA DE CAMBIOS (REV. 6)
- 1.- LR DEL SEGUNDO TANQUE DE BALANCE CARBA A LC, EL CUAL ENVA LA RED HACIA LA MESHIA DE CONTROL, LOCALIZADA A LA DEREBAN DE LA BOMBA GA-304/R (VER DIA. No. FB-8434-CM-08)

- ### LISTA DE CAMBIOS (REV. 7)
- 1.- SE ELIMINA PR DE LA LINEA DE FERTON/OXIGENO DE ALIMENTACION
  - 2.- SE RELOCALIZA PR DE LA LINEA DE BOMBO PRODUCTO
  - 3.- SE RELOCALIZA PR-308, GA-302, GA-303 A/B, SE ELIMINAN PR-302 Y GA-301/R EN LISTA DE EQUIPO
  - 4.- SE RELOCALIZA EL M DE LA CORRIENTE 194 ANTE DE LA MESHIA
  - 5.- SE MODIFICAN LETREROS EN LI
  - 6.- SE CORRIGE EL ARRIBO DE LA CORRIENTE 128

| RESUMEN DE CORRIENTE                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| CASO ALTERNATIVO (DISEÑO SALINA CRUZ) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
| FINAL DE CORRIENTA                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
| FLUIDO MASICO kg/h                    | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 | 08718 |      |      |      |      |
| TEMPERATURA °C                        | 40    | 81    | 121   | 121   | 85    | 85    | 30    | 30    | 30    | 30    | 37    | 101   | 138   | 100   | 100   | 116   | 100   | 122   | 83    | 86    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40   | 40   | 40   |      |
| ENTALPIA kcal/h                       | 0.78  | 2.13  | 3.84  | 3.08  | 2.20  | 1.25  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.72  | 1.88  | 2.07  | 4.48  | 6.08  | 4.32  | 3.03  | 0.78  | 3.00  | 0.82  | 2.86  | ---   | 0.84  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 2.86  | 3.04  | 0.77  | 0.42  | 0.30  | 0.30  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12  | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| PRESION kg/cm <sup>2</sup> , man      | 10.8  | 10.4  | 10.00 | 9.87  | 8.00  | 8.00  | 8.00  | 7.00  | 38.10 | 38.10 | 34.4  | 34.0  | 33.0  | 33.0  | 32.4  | 32.1  | 32.1  | 32.1  | 31.8  | 30.9  | 30    | 30    | 37.03 | 37.03 | 36.80 | 34.80 | 16.0  | 14.8  | 14.8  | 14.1  | 14.1  | 14.8  | 14.1  | 8.00  | 7.20  | 15.28 | 14.03 | 14.28 | 6.30  | 4.23  | 7.28  | 7.9   | 8.88 | 8.48 | 8.04 |      |



HIDROGENO DE REPOSICION DE PLANTA REGENERADORA No. 1 Y 2

PENTANOS Y HEXANOS DE ALMACENAMIENTO DIA. FB-8433-CM-98

RESERVorios A ALMACENAMIENTO DIA. FB-8433-CM-98

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

MAQUINA DE FLUJO DE PROCESO DE LA PLANTA DE OXIGENACION

LABORATORIO DE PROCESOS Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS

FIGURA No. 8004

SERVICIOS AUXILIARES

| CLAVE      | SERVICIO  |
|------------|---|
| FA-300     | TANQUE DE EQUILIBRIO DE CARGA                         |
| FA-301     | TANQUE DE EQUILIBRIO                                  |
| FA-302     | TANQUE SEPARADOR DE CONDENSADO DE BAJA PRESION        |
| FA-303     | TANQUE SEPARADOR DE CONDENSADO DE ALTA PRESION        |
| FA-304     | TANQUE DE EQUILIBRIO DE BAJA PRESION                  |
| FA-X       | TANQUE ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTACION          |
| EA-300     | CONDENSADOR DE VAPOR                                  |
| EA-300/A   | BOMBAS DE ALIMENTACION PRESUA                         |
| EA-301/A   | BOMBAS DE BAJA CARGATA PRESUA AL UDE DE PRESION       |
| EA-301/B   | BOMBAS DE ALIMENTACION DE GASOLINA DEL TANQUE FA-301  |
| EA-302/A   | BOMBAS DE CONDENSADO                                  |
| EA-302/B   | BOMBAS DE REFRIGERACION DE CONDENSADOS                |
| EA-302/C   | BOMBAS DE REFRIGERACION DE GASOLINA DEL TANQUE FA-301 |
| EA-302/A/B | COMPRESOR DE AIRE DE INSTRUMENTACION                  |
| EA-302/B   | PAQUETE DE AIRE DE INSTRUMENTACION                    |

EQUIPMENT LIST

| ITEM No.   | UOP           | DESCRIPTION                  |
|------------|---------------|------------------------------|
| FA-311     | (300-111)     | SPRINT CALSTIC REDUCING DRUM |
| EA-301 A/B | (300-111 A/B) | CHARGE PUMPS                 |
| EA-302 A/B | (300-111 A/B) | CALORICE TRANSFER PUMP       |
| EA-303 A/B | (300-111 A/B) | CALORICE HEATING PUMP        |
| EA-304 A/B | (300-111 A/B) | CALORICE HEATING PUMP        |
| EA-305 A/B | (300-111 A/B) | CALORICE HEATING PUMP        |
| EA-306     | (300-111)     | SPRINT CALSTIC TRANSFER PUMP |

EQUIPMENT LIST

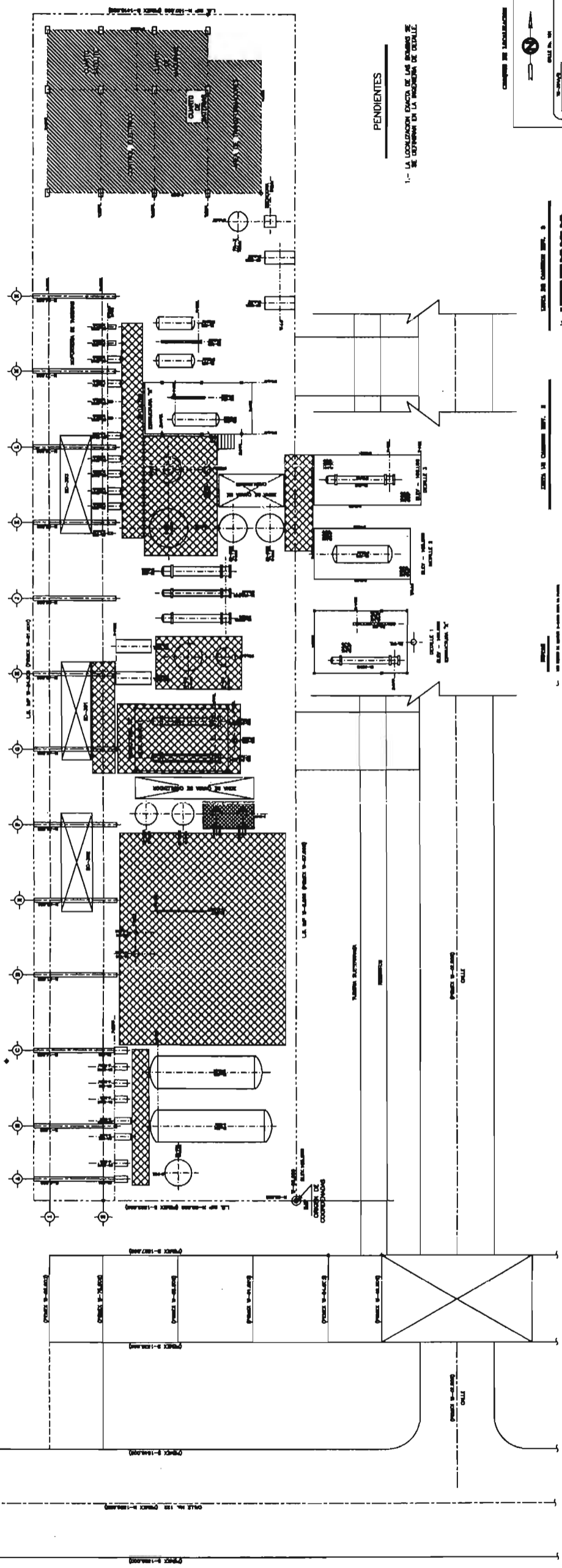
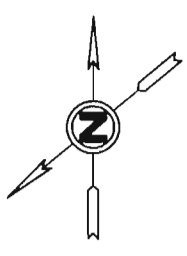
| ITEM No. | UOP       | DESCRIPTION              |
|----------|-----------|--------------------------|
| FA-302   | (300-102) | MIXED GAS PROCESSOR DRUM |
| FA-303   | (300-103) | MIXED GAS DRUM           |
| FA-304   | (300-104) | BUBBLER PROCESSOR DRUM   |
| FA-305   | (300-105) | SULFUR QUANO BED         |
| FA-306   | (300-106) | LIQUID FEED DRUM         |
| FA-307   | (300-107) | LIQUID FEED DRUM         |
| FA-308   | (300-108) | STABILIZER REFINER       |
| FA-310   | (300-110) | STABILIZER REFINER       |

EQUIPMENT LIST

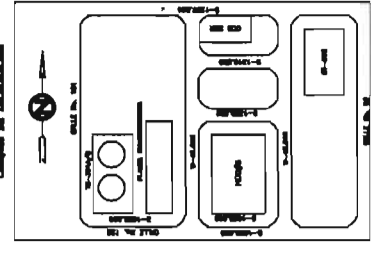
| ITEM No. | UOP       | DESCRIPTION                                |
|----------|-----------|--|
| EA-306   | (300-106) | SULFUR QUANO BED FEED/STILLTIGHT EXCHANGER |
| EA-307   | (300-107) | MIXED GAS EXCHANGER                        |
| EA-308   | (300-108) | COLD COMBINED FEED EXCHANGER               |
| EA-309   | (300-109) | MIX COMBINED FEED EXCHANGER                |
| EA-310   | (300-110) | CHARGE HEATER                              |
| EA-311   | (300-111) | STABILIZER BOTTOM TRIM COOLER              |
| EA-312   | (300-112) | STABILIZER OVERHEAD TRIM CONDENSER         |
| EA-313   | (300-113) | CALSTIC HEATER                             |
| EA-314   | (300-114) | FEED COOLER                                |
| EA-301   | (300-101) | REFRIGERANT CONDENSER                      |
| EA-302   | (300-102) | REFRIGERANT CONDENSER                      |
| EA-303   | (300-103) | STABILIZER OVERHEAD CONDENSER              |

EQUIPMENT LIST

| ITEM No. | UOP       | DESCRIPTION   |
|----------|-----------|---|
| EA-301   | (300-101) | REFRIGERANT SUBCOOLER                               |
| EA-302   | (300-102) | STABILIZER TOWER                                    |
| EA-303   | (300-103) | MIX GAS CALSTIC SCRAMBLER                           |
| EA-304   | (300-104) | REACTOR   |
| EA-305   | (300-105) | MIXER UP GAS COOLER                                 |
| EA-306   | (300-106) | REFRIGERANT WARMER                                  |
| EA-307   | (300-107) | REFRIGERANT CONDENSER                               |
| EA-308   | (300-108) | REFRIGERANT CONDENSER                               |
| EA-309   | (300-109) | SULFUR QUANO BED FEED/STABILIZER BUBBLING EXCHANGER |



PENDIENTES



- NOTAS:
1. EQUIPO QUE SE HAY QUE INSTALAR
  2. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR
  3. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR
  4. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR
  5. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR
  6. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR
  7. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR
  8. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR
  9. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR
  10. EQUIPO QUE SE HAY QUE REVISAR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PLANO DE LOCALIZACION GENERAL

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDIOS Y CARRERAS DE INGENIERIA

ADMINISTRACION DE PROYECTOS

Vol. No. 07

1964



carga en el cual por medio de una bomba es enviada al segundo tanque de balance de carga, antes de ser enviado al segundo tanque de balance de carga la corriente de pentanos y hexanos pasan por dos intercambiadores de calor para aumentar su temperatura. El primer intercambiador de calor utiliza como medio de calentamiento el efluente de la guarda de azufre y el segundo intercambiador utiliza la corriente proveniente de la torre estabilizadora.

Después la corriente de pentanos y hexanos se alimenta a la guarda de azufre cuyo objetivo es proteger al catalizador del azufre que pudiera contener la carga; la guarda de azufre tiene un lecho de adsorbente el cual es un extruido que contiene níquel que se quimiadsorbe al azufre.

La corriente procedente de la guarda de azufre se enfría intercambiando calor con la corriente de alimentación a la guarda de azufre y después pasa por dos enfriadores, el primer enfriador es a contra aire y el segundo es a contra agua de enfriamiento para luego ser enviada a los secadores de carga líquida cuyo objetivo es asegurar que la corriente de pentanos y hexanos se encuentre libre de humedad antes de ser enviada a la sección de reacción.

Los secadores de carga líquida son dos recipientes verticales que trabajan en serie excepto durante el proceso de regeneración de alguno de estos, de los cuales solo uno de ellos opera. La corriente líquida de pentanos y hexanos se alimenta por el fondo del secador pasa a través de las mallas moleculares y sale por la parte superior para alimentar posteriormente al otro secador. La corriente de pentanos y hexanos una vez libre de humedad es enviada al segundo tanque de balance.

El objetivo del segundo tanque de balance de carga es proporcionar la suficiente capacidad volumétrica para la alimentación de hidrocarburos a la sección de reacción, la presión del tanque se controla automáticamente

utilizando gas hidrógeno seco proveniente de los secadores de hidrógeno de reposición.

Por otro lado se recibe hidrógeno de la red de hidrógeno de alta presión de la Refinería, a esta corriente se reduce la presión en forma automática antes de pasar por el intercambiador de calor en donde se enfría contra agua de enfriamiento para después pasar a un tanque separador en donde se retiene el líquido que pudiera arrastrar. Después esta corriente es enviada a los secadores de hidrógeno de reposición cuyo objetivo al igual que los secadores de carga líquida es asegurar que la corriente de hidrógeno de reposición se encuentre libre de humedad antes de alimentarse a la sección de reacción.

#### *Sección: Reacción*

La sección de pentanos y hexanos que proviene del segundo tanque de balance de carga se mezcla con el hidrógeno de reposición proveniente de los secadores de hidrógeno de reposición y se precalienta con la corriente del efluente del segundo reactor esta operación se lleva a cabo con el intercambiador de carga combinada fría el cual a su vez cuenta con un desvío que puede usarse para regular automáticamente la cantidad de alimentación a precalentar. La mezcla de hidrogeno de reposición y de pentanos/ hexanos nuevamente se precalienta contra la corriente de efluente del primer reactor en el intercambiador de carga combinada caliente a la mezcla efluente de este último equipo, se le dosifica una pequeña cantidad de promotor del catalizador antes de pasar al calentador en donde se eleva su temperatura para alimentar al primer reactor de isomerización.

La corriente de efluente del primer reactor se hace pasar por el intercambiador de carga combinada caliente en donde se remueve parcialmente el calor de las reacciones de isomerización para enfriarse para la cual se alimenta al segundo reactor para completar la conversión deseada.

La corriente de salida del segundo reactor se hace pasar por el intercambiador de carga combinada fría en donde se enfría y se envía con presión controlada a la torre estabilizadora.

#### *Sección: Estabilización y Lavado Cáustico*

El objetivo de la torre estabilizadora es la separación del hidrógeno que no reaccionó, HCL y gases del craqueo ( $C_1$ ,  $C_2$ , y  $C_3$ ) del producto isomerizado.

La corriente del domo de la torre pasa al condensador de la torre estabilizadora y luego a un enfriador con agua para después enviarse al acumulador de reflujo de la torre estabilizadora en donde todo el líquido recibido se refluja mediante bombeo enviándose hacia el plato No. 1 de la torre estabilizadora. Para mantener controlada la presión de la torre se efectúa un envío continuo de gas hacia la torre lavadora cáustica de gas.

Del producto del fondo de la torre una parte se alimenta al rehervidor de la torre que utiliza vapor de media presión como medio de calentamiento para retornar al fondo de la torre y la otra parte se envía hacia almacenamiento de producto isomerizado después de pasar por el intercambiador de alimentación de la guarda de azufre-fondos de la torre estabilizadora en donde se enfría y después pasa por el segundo enfriador de fondos de la torre estabilizadora en donde se enfría más.

Una parte del producto isomerizado que se envía hacia almacenamiento se utiliza para efectuar la regeneración de los secadores tanto de carga líquida como de hidrógeno de reposición.

Por otra parte los gases que provienen del acumulador de reflujo de la torre estabilizadora se alimentan a la torre lavadora cáustica de gas cuyo objetivo es remover el HCL contenido en el gas mediante el lavado de éste a contracorriente con una solución de NaOH al 10% peso. Los gases libres de

HCL salen por el domo de la torre al sistema de gas combustible de la Refinería.

Los gases lavados se analizan para determinar los moles de hidrógeno que salen del sistema para ajustar en forma manual la relación hidrógeno/hidrocarburo en la sección de reacción.

La solución cáustica de reposición se alimenta periódicamente (aproximadamente una vez por semana), a la sección inferior de la torre lavadora. La solución cáustica del fondo de la torre se recircula a la misma mediante bombeo, previo paso por el calentador de solución cáustica en donde se calienta. De la solución cáustica recirculada, una parte se lleva a la sección empacada de la torre y la otra se alimenta a un distribuidor localizado por debajo de la sección empacada. Los flujos de recirculación de solución cáustica a la torre lavadora se ajustan en forma manual.

Cuando se extrae la solución cáustica gastada del fondo de la torre lavadora, esta se envía al tanque de eliminación de gas y donde la solución cáustica agotada se envía hacia la planta de sosas gastadas de la Refinería por medio de la bomba de solución cáustica agotada.

Los equipos de proceso que integran esta planta isomerizadora son los siguientes:

| <b>LISTA DE EQUIPOS</b>        |  |
|--------------------------------|--|
| <b>CLAVE</b>                   | <b>SERVICIO</b>  |
| <b>CALENTADORES</b>            |  |
| BH-301                         | Sobrecalentador de Regenerante   |
| <b>TORRES</b>                  |  |
| DA-301                         | Torre Estabilizadora.  |
| DA-302                         | Torre de Lavado Cáustico de Gas.   |
| <b>REACTORES</b>               |  |
| DC-301 A-B                     | Reactores de Isomerización.  |
| <b>INTERCAMBIADOR DE CALOR</b> |  |
| EA-302                         | Enfriador de Hidrógeno de Reposición.  |
| EA-303                         | Vaporizador de Regenerante.  |
| EA-304                         | Condensador de Regenerante.  |
| EA-305                         | Intercambiador de Alimentación a la Guarda de Azufre-Fondo de la Torre Estabilizadora. |
| EA-306                         | Intercambiador de Alimentación-Efluente de la Guarda de Azufre.                        |
| EA-307 A-B                     | Segundo Enfriador de Carga.  |
| EA-308                         | Intercambiador de Carga Combinada Fría.  |
| EA-309 A-B                     | Intercambiador de Carga Combinada Caliente   |
| EA-310                         | Calentador de Carga  |
| EA-311                         | Segundo Enfriador del Fondo de la  |

|        |  |
|--------|--|
|        | Torre Estabilizadora.                                    |
| EA-312 | Rehervidor de la Torre Estabilizadora.                   |
| EA-313 | Segundo Condensador del Domo de la Torre Estabilizadora. |
| EA-314 | Calentador de Solución Cáustica.                         |

### **AEROENFRIADORES**

|        |   |
|--------|---|
| EC-301 | Primer Enfriador de Carga                               |
| EC-302 | Primer Enfriador del Fondo de la Torre Estabilizadora.  |
| EC-303 | Primer Condensador del Domo de la Torre Estabilizadora. |

### **RECIPIENTES**

|            |   |
|------------|---|
| FA-303     | Separador de Hidrógeno de Reposición.             |
| FA-304 A/B | Secadores de Hidrógeno de Reposición.             |
| FA-306     | Guarda de Azufre.                                 |
| FA-307 A/B | Secadores de Hidrocarburos                        |
| FA-308     | Segundo Tanque de Balance de Carga.               |
| FA-309     | Tanque de Cloruros                                |
| FA-310     | Acumulador de Reflujo de la Torre Estabilizadora. |
| FA-311     | Tanque de Eliminación de Gas.                     |

### **BOMBAS**

|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| GA-301 A/B | Bomba de Carga.                    |
| GA-302     | Bomba de Transferencia de Cloruro. |
| GA-303 A/B | Bomba de Inyección de Cloruro.     |
| GA-304 A/B | Bomba de Reflujo de la Torre       |

|            |  |
|------------|--|
|            | Estabilizadora.                              |
| GA-305 A/B | Bomba de Recirculación de Solución Cáustica. |
| GA-306     | Bomba de Solución Cáustica Agotada.          |
| GA-321 A/B | Bomba de Sosa Cáustica Fresca al 10% peso.   |

### **9.1 Recopilación de información, análisis e identificación de las actividades que se realiza a nivel organizacional y a nivel proyecto.**

Se realiza una investigación documental de los archivos de la organización para conocer como se lleva a cabo la administración de los proyectos, se identifica cuales son las actividades que se realizan a nivel organizacional, las que se realizan a nivel proyecto, cuales son los departamentos que integran la organización, cuales son los documentos que se generan y cuales son los documentos que se entregan al cliente.

También se realizó una recopilación de toda la información generada en el proyecto de construcción de la planta isomerizadora, se realizaron entrevistas al personal que participo en dicho proyecto, con esta información se identifican que actividades se realizaron.

Debido a que la ejecución de este proyecto IPC es un proceso complejo, en el cual se realizan un gran número de actividades, las cuales no es posible abarcarlas en su totalidad en este trabajo de investigación, se vio la necesidad de delimitar el número de actividades para su fácil y apropiado manejo de información.

Dentro la selección realizada se consideró varias actividades que se realizan en cada uno de los procesos de administración de proyectos (inicio-planeación-ejecución-control-cierre) con el objetivo de tratar de cubrir lo más posible este proceso, aunque cabe señalar que existen mucho más actividades de las que se mencionan aquí y en las que se pueden aplicar los conceptos de Constructabilidad.



## **9.2 Implantación de los Conceptos y Definiciones de Constructabilidad en cada una las Actividades del Proyecto.**

### 9.2.1 Proceso de Planeación

Un programa de Constructabilidad contribuye a la realización de un alcance bien definido, a la reducción de costos, reducción del programa de construcción, calidad mejorada, seguridad y a mejora continua. Un programa de Constructabilidad nos ayuda a lograr la integración del proyecto en todas sus etapas.

El utilizar en forma efectiva el conocimiento y la experiencia de construcción es el elemento primordial en el proceso de planeación ya que se determinara como el proyecto va hacer construido en campo, porque entre mas temprana sea la intervención de los expertos mayores serán los ahorros logrados.

De acuerdo con las entradas y salidas del proceso administrativo de proyectos las actividades seleccionadas para aplicar el concepto de Constructabilidad son: Alcance del proyecto (paquete de trabajo), Plan de comunicaciones, Plan general de proyecto, Estructura organizacional del proyecto Programa del proyecto, Plan de procura, Propuesta técnica Financiera y Contrato.

#### *Aplicando los conceptos de Constructabilidad*

Se debe considerar antes que nada la formación de un equipo de Constructabilidad, este equipo debe dar a conocer a todos los participantes del proyecto y de la organización el concepto de Constructabilidad, a través de pláticas, seminarios, cursos. Es importante que estos conocimientos sea un proceso continuo, es decir que siempre exista una retroalimentación y seguimiento para que cada día el concepto de Constructabilidad sea familiar a todos y forme parte de su cultura organizacional. Por otra parte se debe lograr

entre el equipo y los participantes del proyecto una comunicación abierta, eficaz y efectiva, de manera que el ambiente en el proyecto sea un ambiente de tranquilidad y confianza, en el que cada uno pueda externar sus ideas, experiencias, conocimientos al personal involucrado en el proyecto.

#### A) Alcance del Proyecto

La definición del alcance involucra la subdivisión de los entregables mayores del proyecto en componentes que puedan manejarse a fin de mejorar la exactitud del costo, tiempo y recursos estimados, nos define una línea base para el control y medición del desempeño y al mismo tiempo nos facilita la asignación clara de responsabilidades.

En la definición del alcance del proyecto las actividades de Constructabilidad que se propone para que el equipo de Constructabilidad tome en cuenta es lo siguiente:

##### A.1) Programar una junta inicial de Constructabilidad para determinar el alcance del proyecto

Muchos de los conflictos entre la ingeniería y la eficiencia de la construcción se pueden resolver en estas juntas. Ya integrado el equipo de Constructabilidad, el ingeniero de proyecto y los participantes claves del proyecto discutirán los métodos de construcción más convenientes para el proyecto tomando en cuenta la mano de obra disponible, el sitio y las condiciones climatológicas, entre otros, estos puntos tratados se incorporaran mas adelante en los diseños de ingeniería. La reunión será llevada acabo por el líder ya asignado por los integrantes del equipo de Constructabilidad.

El representante del Cliente (que esta ya integrando en el equipo de Constructabilidad) en ese momento dará a conocer o responder cualquier duda

que surja por los demás participantes con respecto a sus requerimientos, se establecerán los objetivos del proyecto y de la Constructabilidad así como la selección de los métodos de construcción principales analizando la viabilidad en cuanto a la disponibilidad económica y mano de obra de construcción, programa y secuencia de trabajo de construcción, consideraciones que se tomarán para el diseño del arreglo de planta y arreglo de equipos, determinando cuáles son los equipos de construcción que se van a utilizar y las instalaciones temporales, si los diseños son por sistemas modulares, prefabricado o ensamblado; se determina los trabajos subterráneos y los trabajos a nivel del suelo, estandarización, se establece la codificación e identificación de los materiales, se determinan los trabajos de concreto, estructuras, edificios; así como cada una de las actividades correspondientes a cada disciplina, entre otras actividades. Cada uno de estos debe ser documentado por escrito.

#### A.2) Definir el Proceso Constructivo

Es de primordial importancia para definir cada una de las actividades que se van a realizar en la ejecución del proyecto, establecer de manera precisa y directa cuál es el proceso constructivo que se deberá llevar a cabo.

Un proceso constructivo está en función del tipo, tamaño y alcance del proyecto de que se trate.

*Un ejemplo típico* de lo que es un proceso constructivo abarca las siguientes actividades cabe mencionar que la realización de estas actividades dependerá de las características del proyecto de que se trate:

1. Solicitud de permisos legales.
2. Análisis de las bases de diseño de todas las especialidades que integran el proyecto.

3. Evaluación de las condiciones de sitio a través de un levantamiento topográfico.
4. Estudios de mecánica de suelos y resistividad del terreno.

#### *Acondicionamiento de Sitio*

5. Actividades de desempalme del sitio, limpieza y en caso de requerirse realizar un reemplazo de flora y fauna.
6. Delimitación del área del terreno a través de un cercado del sitio y haciendo una proyección del arreglo de la planta.
7. Identificación de las áreas de trabajo mediante el uso de la topografía.
8. Trabajos de trazo y nivelación por topografía.
9. Trabajos de movimientos de tierra ya sea de relleno o remoción de volúmenes considerables de tierra.

Una vez terminado y preparado el sitio, cada una de las disciplinas que intervienen en el proyecto entran de acuerdo con el programa del proyecto a realizar, interviniendo de la siguiente manera:

#### *Obra Civil*

10. Sistemas subterráneos como son drenaje químico, drenaje pluvial y drenaje aceitoso.
11. Trabajos subterráneos de ductos eléctricos fuerza, alumbrado.
12. Trabajos subterráneos de tubería de proceso o servicios (cuando se requiera).
13. Edificaciones (trabajos de concreto).
14. Montaje estructuras metálicas de edificios y casas de máquinas.
15. Realización de terracerías.

#### *Obra mecánica*

16. Montaje de equipo (instalación de equipo de proceso, se intercala equipos mayores y misceláneo) y sus respectivas pruebas.
17. Erección e izaje pesado de equipo mayor.

18. Aislamiento de equipos de proceso (térmico).

19. Obra Mecánica: Conformado de torres y/o columnas de proceso-pre-ensamble en suelo.

*Obra civil*

20. Montaje de estructura del rack (acero o concreto).

*Tuberías*

21. Prefabricación de tubería.

22. Montaje de tuberías y válvulas.

23. Montaje de tubería de aleación.

24. Prueba de montaje de tubería.

25. Pruebas Hidrostáticas, soplados y limpieza de ductos.

*Obra eléctrica*

26. Montaje de charolas eléctricas.

27. Subestación eléctrica.

28. Distribución de energía eléctrica.

29. Tubería conduit.

30. Sistema de alumbrado.

31. Pruebas.

*Instrumentos*

32. Estructuras y barandales.

33. Calibración de instrumentos.

34. Montaje de instrumentos en campo.

*Obra civil*

35. Ubicación de área, pisos, banquetas, guarniciones, pavimentaciones y rutas de evacuación.

*Instrumentos*

36. Cableado y conexión de los instrumentos al circuito de control.

37. Pruebas de instrumentos.

*Obra eléctrica*

38. Pruebas de continuidad eléctrica/interconexión de equipo eléctrico.

39. Terminación Eléctrica.
40. Limpieza de la tubería.
41. Terminación mecánica.
42. Pruebas de acondicionamiento (comissioning).
43. Pintura.
44. Aislamiento.
45. Arranque.

A.2) Seleccionar Métodos de Construcción. Es necesario que durante este proceso se seleccionen métodos de construcción adecuados para asegurar que el diseño del proyecto sea consistente con las actividades que se describen.

Los métodos de construcción varían y están en función de lo siguiente:

- ❖ Proceso de que se trate y las condiciones del sitio.
- ❖ Y están en función de los procedimientos (o estándares) establecidos en la organización.

La selección de algún método contribuye al ahorro de tiempo, costo y diseños de equipos con mayor calidad. Otras de las consideraciones que se deben tomar en cuenta en la selección es que equipos se van a utilizar, si se cuenta con mano de obra calificada, la secuencia del trabajo de construcción, entre otras cosas.

Prefabricación:

Es un proceso de fabricación, generalmente utilizado en construcciones especiales en las que varios materiales se unen para formar componentes de instalación final. Estos métodos de prefabricación pueden traslaparse, reconociendo las ventajas de los componentes de fabricación de sistemas controlados la prefabricación se ha convertido en un estándar industrial.

*Por ejemplo:* las tuberías que se conectan en bombas, instrumentos, trampas de vapor entre otras pueden estandarizarse y prefabricarse de la misma manera para las secciones de tuberías bridadas de longitudes largas de acero estructural.

#### Preensamble:

Es un proceso por el cual varios materiales, componentes prefabricados, y/o equipo se unen en una locación remota para después instalarlos como una subunidad en el sitio. Generalmente se enfoca a un sistema. La aplicación general de esta técnica es ensamblar varios componentes cerca de la localización del proyecto para después trasladarlos al sitio donde son requeridos. Esto permite que dos actividades puedan desarrollarse al mismo tiempo lo cual aumenta la productividad.

*Por ejemplo* la torre de destilación es considerada un equipo principal y se puede preensamblar con todos sus accesorios y equipos auxiliares como son: válvulas internas, plataforma y escaleras de acceso, sistema de tubería e instrumentos asociados, entre otros.

También los instrumentos se pueden preensamblar con sus sistemas de tubería y cableado asociado, siempre y cuando las condiciones del proyecto lo permitan.

#### Sistemas Modulares:

Es el uso de sistemas modulares en la construcción los cuales pueden reducir significativamente el costo de mano de obra, así como los problemas de calidad que pueden presentarse. Por ejemplo las plantas industriales grandes se pueden seccionar y construir en sistemas modulares en una localización remota y transportar al sitio como una entidad completa requiriendo poco trabajo en el sitio de construcción. Un sistema modular contiene equipo de acero

estructural, sistema de tuberías, instrumentos, equipo eléctrico, aislamiento y pintura, entre otros. Cada sección completa solo necesita ser colocada y conectada con su módulo adyacente.

Beneficios de la Constructabilidad:

- ❖ Transfiere horas de mano de obra del campo a un área controlada ya que las instalaciones bajo condiciones controladas optimizan la productividad, seguridad y calidad.
- ❖ Reduce la disposición del área y el espacio requerido para recibir y almacenar múltiples piezas pequeñas que se puedan perder por robo o daño.
- ❖ El gran beneficio es en cuanto a los costos de la mano de obra debido a: 1) el sitio comienza en una localización remota donde la mano de obra experta es escasa o no está disponible, 2) las condiciones de trabajo son tales que la productividad del trabajo en campo es extremadamente baja y 3) las condiciones climáticas del sitio sean desfavorable (fríos excesivos, nevadas, vientos altos, calor excesivo, entre otras).
- ❖ Es favorable para plantas más pequeñas, en las cuales hay órdenes repetidas, tales plantas pueden ser estandarizadas y duplicadas.
- ❖ Es favorable cuando las plantas nuevas o ampliaciones están siendo instaladas en un área de operación existente ya que una planta se puede instalar con la interrupción mínima.

Aunque la modularización también tiene sus desventajas es necesario conocerlas al momento de seleccionar una opción:

- ❖ Los sistemas modulares más grandes son más costosos de ser diseñados por el fabricante ya que requieren más esfuerzo y tiempo de ingeniería.



- ❖ El diseño detallado debe estar completo antes de que la fabricación del sistema modular comience.
- ❖ Los dibujos no pueden enviarse al fabricante hasta que todo el equipo, acero estructural, sistemas de tuberías, eléctrica y detalles de instrumentos estén diseñados.
- ❖ Es necesario identificar áreas de fabricación / ensamble.
- ❖ La transportación es más lenta y los costos de transportación serán más altos.
- ❖ El considerar módulos grandes en el sitio de construcción es importante que se cuente con accesos adecuados, la necesidad de construir rutas especiales de accesos temporales para la mano de obra en sitio puede ser costosa.
- ❖ No es favorable para plantas con equipos masivos tal como torres o válvulas grandes. Aquí los problemas asociados con tamaño, reforzamiento temporal y transportación no lo hacen económico contra el izaje en campo.

A.3) Seleccionar el Sitio, la experiencia del personal de la construcción contribuye a entender la importancia que tiene en el momento que se realiza la elección del sitio. En algunas ocasiones esta elección puede impactar en la productividad de la construcción, costo y programa. *Por ejemplo* las condiciones de superficie normalmente exploradas por consultores geotécnicos no siempre son las mejores alternativas para los asuntos de logística como son accesos para equipos pesados, áreas para almacenaje temporal y transportación local para la mano de obra, todo esto no es analizado en forma adecuada, ya que se analiza como una parte individual y no como un proceso de integración total.

A.4) Realizar programas factibles, un programa por si mismo implica muchas consideraciones y riesgos. Un factor de mayor riesgo es la duración general permitida de la construcción. El involucrar al personal de construcción con

conocimientos y experiencias puede contribuir a minimizar el riesgo y suministra información para que el programa sea factible.

Es muy importante en el momento que se está desarrollando el programa considerar la secuencia de las actividades principales de construcción y las actividades de subcontratación, el establecer duraciones realistas de actividades de construcción para prevenir horas extras costosas, aceleración o registro de niveles altos de productividad de los obreros. Establecer un tiempo determinado para la contratación y subcontratación, establecer un tiempo para la movilización en áreas remotas, incluyendo tiempo de reclutamiento y capacitación de obreros. Incluir tiempos guías para la entrega de los equipos mayores bajo diferentes esquemas de procuración; incluir la definición en caso de ser necesario de las “estaciones” de clima ya que estas afectan las actividades de construcción.

A.5) Realizar suposiciones de productividad de la gente de campo (obreros), estas suposiciones deben hacerse cuando se desarrolle el estimado del proyecto, el personal de construcción con experiencia contribuye a revisar los estimados ya que con su conocimientos y experiencias proporcionan información sobre la disponibilidad del personal capacitado, la necesidad de capacitación del personal de campo (apoya con esto en la elaboración de programas de capacitación), los factores de clima adversos son consideraciones que ellos proporcionan y que contribuyen en la suposición de productividad.

A.6) Preparar estimados y presupuestos. La información del personal de construcción es importante para la preparación de los estimados y presupuestos. El personal de construcción proporciona información sobre las suposiciones específicas de los estimados con relación a los métodos de construcción, productividad de los obreros, costos indirectos y las condiciones

únicas del sitio. Esto contribuye a la preparación de un estimado más completo y detallado.

*A.7) Desarrollar una estrategia de subcontratación.* La información del personal de la construcción es muy útil en el momento en que se elige una estrategia de subcontratación. Es muy importante tomar en cuenta la estrategia de subcontratación en el momento en que se desarrollen los programas. En proyectos reembolsables donde la firma de ingeniería que realiza los diseños no es la misma firma que lleva a cabo la construcción, los diseñadores deben considerar las necesidades de construcción en la preparación de sus programas de diseño y procura.

Es importante que desde el proceso de planeación se determine que parte del proyecto va hacer ejecutado por subcontratistas con el propósito de organizar a tiempo los paquetes de trabajo y las bases de concurso para su cotización y tener el tiempo suficiente para evaluar la capacidad de las empresas interesadas para que den cumplimiento de estos trabajos en tiempo, costo y calidad.

Derivado de las revisiones y estudios de Constructabilidad realizados existen algunas actividades que por su naturaleza pueden ser subcontratadas cabe mencionár que estas dependerán del tipo de proyecto de que se trate, estas actividades pueden ser:

#### INGENIERÍA:

- Estudios de mecánica de suelos (geotécnicos).
- Estudios de resistividad eléctrica.
- Estudios topográficos.

#### AMBIENTAL:

- Estudios ambientales.
- Estudio de riesgo.

- Recolección, manejo y disposición final de residuos peligrosos.
- Unidad verificadora eléctrica.
- Unidad verificadora mecánica.
- Perito de obra.
- Monitoreo de emisiones atmosféricas.

**OBRA INDIRECTA:**

- Instalación de casetas provisionales (con ó sin suministro).
- Suministro e instalaciones de mobiliario para oficinas provisionales.
- Obra civil y acabados de arquitectura para oficinas provisionales.
- Estructura para instalaciones provisionales.
- Instalación de malla perimetral.
- Desmantelamiento de instalaciones provisionales.

**OBRA CIVIL Y ARQUITECTÓNICA:**

- Suministro de concreto premezclado.
- Laboratorio de control de calidad (para concretos, terracerías y acero).
- Habilitado de varilla (acero de refuerzo).
- Hincado de pilotes.
- Terracerías, desarrollo de sitio, losas de piso.
- Excavaciones, rellenos, drenajes.
- Acarreo de materiales.
- Suministro e instalación de estructura metálica y soportería (incluye barandales, rejilla irving, escaleras. usualmente incluye galvanizado ó pintura de acabado con su previo "sand-blast" y primario).
- Construcción de edificios civiles y arquitectónicos (subestación, almacén, cuarto de control, comedor, taller mecánico, taller eléctrico, caseta vigilancia, sala de capacitación, o cualquier otro tipo de edificio que se requiera para el proyecto).
- Construcción de ductos y registros eléctricos.
- Pavimentos, calles, banquetas, explanadas, jardinería.
- Suministro e instalación del sistema de aire acondicionado (HVAC).

- Construcción de obras de toma y descarga, muelles, plataformas.
- Suministro e instalación de tubería de concreto y/o tubería de fibra de laminación de cobertizos (edificios estructurales).

#### OBRA MECÁNICA:

- Taller de máquinas herramienta (instalación temporal de taller en la obra para fabricación de anclas y todo tipo de pieza de torno y fresadora).
- Izaje de equipos.
- Revamp's en equipos.
- Suministro y fabricación de tanques de almacenamiento.
- Sistema de detección de humos y alarma contra incendio.
- Sistema de protección contra incendio.
- Pruebas no destructivas (pruebas radiográficas).
- Relevado de esfuerzos.
- Protección mecánica en tuberías.
- Suministro y aplicación de sand-blast y pintura en tuberías y equipos.
- Suministro e instalación de aislamiento térmico en tuberías y equipos.
- Instalación de tee's bipartidas y válvulas.
- Barrenado de tubería (Hot-tappings).
- Limpieza química de equipos.

#### OBRA ELÉCTRICA:

- Protección catódica en tubería y/o equipo.
- Subestación eléctrica.
- Pruebas para equipos de alta/baja potencia/tensión (Hi-Pot).

#### INSTRUMENTACIÓN:

- Calibración de instrumentos.
- Pruebas de lazos de control.
- Conectorización de fibra óptica.
- Sistemas de telecomunicaciones (voz y datos; intercomunicación y voceo; control y acceso; cámaras de televisión de circuito cerrado (CCTV) y protección perimetral; radio troncal y torre de localización).

**SERVICIOS:**

- Transporte de personal obrero.
- Sanitarios portátiles.
- Contenedores de basura.
- Limpieza oficinas técnico-administrativas.
- Comedores (obrero y técnico-administrativo).

A.8) Implantar la Logística del proyecto que se llevará a cabo, es decir determinar en forma conjunta que métodos de envío se van a utilizar, especificar cuáles van a ser las zonas de descarga de los equipos, almacenaje de los materiales y equipos, transporte, requerimientos especiales de izaje y consideraciones de manejo de carga.

A.9) Elaborar el Plan de Seguridad. Uno de los aspectos más importantes que se ven durante el desarrollo del proyecto es el aspecto de seguridad. Es importante que el personal que trabaja tanto en la oficina como en el campo se encuentre en un ambiente de trabajo seguro ya que esta seguridad se reflejará en la calidad del trabajo que realicen. El equipo de Constructabilidad junto con los líderes de disciplinas realizarán un plan de seguridad, dicho plan se utilizará tanto en los documentos de diseño, con el propósito de aplicar todos los elementos para diseñar plantas seguras, se aplicará también durante el desarrollo de la etapa de la construcción e izajes. Durante la construcción y el izaje de equipos existen riesgos que pueden llegar a provocar accidentes que impactan en el costo global del proyecto y en el tiempo; ya que estos accidentes pueden provocar retrasos en las obras de construcción y hasta cobrar vidas estos riesgos pueden ser previsibles, por ello es importante eliminar todo riesgo potencial de accidentes a través de un plan de seguridad bien desarrollado y sustentado por el equipo de Constructabilidad y los conocimientos y experiencias de las disciplinas.

A.10) Elaborar un adecuado Arreglo de Planta y de Equipo estos documentos contribuyen significativamente en la mejora de la Constructabilidad. Un arreglo bien planeado permite espacios adecuados entre los equipos y rutas de acceso apropiadas y no solo mejora la Constructabilidad si no que también la eficiencia del trabajo y da mayor seguridad en la operación y mantenimiento de la planta. Un buen arreglo satisface los requerimientos de la compañía de seguros por tener mayor espaciamiento entre equipos ya que disminuye la probabilidad de accidentes del personal que labora, que con frecuencia ocurren durante el izaje y construcción así como el manejo eficiente de materiales.

A.11) Considerar Equipos e Instalaciones Temporales que se van a usar. El equipo de Constructabilidad deberá tomar en consideración este punto durante el desarrollo del alcance y discutir con las disciplinas el tamaño y tipo de equipo de construcción que se planean utilizar ya que puede afectar el diseño. Por ejemplo debe determinarse claramente la localización y tipo de oreja de izaje en los equipos y de ello dependerá el método de izaje propuesto, los tamaños de las cimentaciones se pueden estandarizar, lo ancho y alto de las separaciones entre equipos se fijan por el equipo de construcción; se determina también que incluye en las instalaciones temporales y donde se encuentra su localización como son oficinas de sitio, almacén, áreas de almacenamiento, taller de fabricación, instalaciones de servicio médico, espacio para el mantenimiento de equipo de construcción, laboratorios de prueba, espacios para entrenamiento, entre otros.

Las instalaciones temporales de construcción debe presentarse en forma conjunta con el arreglo de planta, el movimiento de material, equipo y personal debe ser analizado para minimizar las interferencias y las distancias. Es muy importante asegurarse que se cuente con un clima controlado de almacenamiento de instrumentos de materiales sensibles y delicados así como de los accesorios eléctricos. Además que los materiales y herramientas estén disponibles rápidamente para los trabajadores al sitio de trabajo.

A.12) Considerar los Diseños de Equipo. Lo que es el diseño y la erección de los accesorios de los equipos principales son factores importantes a considerar para el estudio de Constructabilidad durante el desarrollo del alcance. La erección temprana del equipo principal contribuye significativamente a un programa óptimo.

A.13) Considerar los Trabajos Subterráneos. Una pérdida de tiempo de construcción es gastada en trabajos subterráneos en los cuales las condiciones de trabajo son difíciles y la productividad baja, una opción que se puede hacer es hacer la construcción a nivel de piso tan pronto como sea posible. Los diseños subterráneos reducen tiempo gastado por lo que mejora el programa y la Constructabilidad. Dentro de los trabajos subterráneos se incluyen: cimentaciones, agua de enfriamiento, drenajes de agua/aceite contaminada, drenajes de agua superficiales, agua contra incendio, agua potable, cables eléctricos y de instrumentos. Aunque no todos tienen que ser subterráneos por ejemplo las cimentaciones y drenajes deben ser subterráneos, el agua de enfriamiento normalmente es subterránea porque las líneas son grandes y utilizarían demasiado espacio en los racks de tuberías. El agua contra incendio generalmente funciona fuera del área de proceso del arreglo de planta así que no hay problema todos los demás servicios restantes podrían funcionar por arriba del nivel de piso terminado.

## B) Plan de Comunicaciones

Elaborar el plan de comunicaciones del proyecto es uno de los aspectos fundamentales en la Constructabilidad. La comunicación se efectúa desde el inicio del proyecto hasta su cierre. El establecer un plan de comunicación que permita estar constantemente actualizándolo de todos los movimientos que se generen en el desarrollo del proyecto. La comunicación entre el equipo de Constructabilidad y el equipo de proyecto es primordial ya que fundamenta que



cada una de las etapas del proyecto se realice con una integración total y no como partes individuales. La comunicación entre disciplinas es vital para la generación de ideas de Constructabilidad, para el desarrollo de lecciones aprendidas, para generar un ambiente confortable, para analizar los cambios que se produzcan y que impacten en el costo, tiempo, y calidad del proyecto. Para que la comunicación sea efectiva debe tener exactitud de información, la información que se reciba debe ser oportuna para la realización de cambios, debe ser integral, entendida o comprendida, no debe tener ninguna barrera ya que esta interfiere en la comunicación con otros miembros y debe contar con sus procedimientos para establecerla.

### C) Plan del Proyecto

El plan del proyecto es un documento consistente y coherente utilizado para guiar la ejecución y el control del proyecto. Es un documento en el cual se integran cada una de las actividades, las herramientas y metodologías que se van a ejecutar en el proyecto, así como los planes desarrollados en forma conjunta con el equipo de Constructabilidad en base a su experiencia y conocimientos.

### D) Estructura Organizacional del Proyecto:

Una vez que se analiza la solicitud del cliente y el alcance preliminar se determina cuales son las especialidades que participaran en el desarrollo del proyecto, es importante destacar que la selección de la estructura organizacional tiene influencia directa en el proyecto. Uno de los puntos más importantes a considerar es la integración del equipo de Constructabilidad.

D.1) Integración del equipo de Constructabilidad, dependiendo del tamaño del proyecto será el número de representantes. En este caso el equipo estará

integrado por personal con conocimientos y experiencias comprobadas como son: representantes del dueño, de ingeniería, de procura y de construcción, ingeniero de proyecto, administrador del proyecto; siempre y cuando lo permita el proyecto y el tiempo es conveniente y enriquecedor tener la intervención de los proveedores de los equipos principales ya que su opinión y aportación de ideas son de suma importancia. Adicionalmente a los conocimientos y experiencias el equipo de proyectos, debe poseer habilidades para trabajar en equipo, poseer fuertes habilidades de comunicación, habilidades para evaluar objetivamente el diseño, la construcción y tener la capacidad para escuchar y recibir nuevas ideas.

El equipo de proyecto es dirigido por un líder (puede ser el administrador del proyecto y/o construcción o el ingeniero de proyecto, o quien haya sido elegido) quien es responsable del programa de Constructabilidad y se encargará entre otras cosas de transmitir a todos los integrantes del equipo los objetivos, necesidades que requiere el cliente, generar reportes sobre el avance del proyecto, actualizar la base de datos de lecciones aprendidas. El equipo debe con periodicidad (puede ser semanalmente) verificar el seguimiento y cumplimiento del programa de Constructabilidad implementado.

#### E) Programa del Proyecto

Un programa bien realizado hace una gran diferencia en construcción, ya que los requerimientos de horas adicionales es mínimo, pagos o premios para acortar los plazos de entrega de material, uso ineficiente de mano de obra y equipo. Es importante saber que un programa irreal no permite el suficiente tiempo para llevar a cabo las actividades de Constructabilidad óptimos de ingeniería, procura y construcción y en consecuencia el costo de mantenimiento. Un error común es que al momento de programar las actividades las fechas de terminación son poco realistas y en el intento por

cumplir las fechas establecidas, el trabajo empieza fuera de secuencia y muchas actividades inician antes de que haya suficiente información para sustentarse, lo anterior lleva al uso ineficiente de mano de obra y equipo, por lo que la consecuencia estriba en una gran cantidad de retrabajo. Otro error es iniciar el trabajo en campo sin información de dibujos y materiales, dando como resultado el incremento de costo con una productividad baja.

Por otro lado, un programa extenso, con duraciones de trabajo muy holgadas, también ocasiona productividad baja, fomenta más gasto de horas a lo largo del trabajo de ingeniería y construcción.

Por eso, es muy importante la participación del equipo de Constructabilidad en el momento en que se realiza el programa global del proyecto, ya que con la aportación de sus conocimientos a través de los años de experiencia, se convierte en una herramienta fundamental para el desarrollo de un programa óptimo.

Algunos de los puntos que deben de considerarse para la realización de un programa óptimo son los siguientes:

- ❖ Los programas para ingeniería, procura y entrega de equipo deben seguir la secuencia de la construcción para el arreglo de planta.
- ❖ Los equipos o accesorios que tienen tiempos de entrega tardía deben colocarse en lugares donde puedan ser instalados después sin que tenga que interrumpir otros trabajos de construcción que se estén realizando en ese momento.
- ❖ Establecer una secuencia para las tuberías de proceso en el rack de tubería principal para las unidades de proceso, ya que normalmente son las últimas que se emiten por ingeniería, puesto que no pueden ser

terminados hasta que todas las actividades relacionadas al proceso hayan sido concluidas.

- ❖ Las actividades ligadas a edificios, izajes de estructuras, manejo de materiales y de equipos deben continuar si esto ayuda a la construcción.

#### F) Plan de Procura

En el plan de procura se Incluyen los procesos necesarios para adquirir bienes y servicios externos a la organización. En la etapa de procura se ven varios procesos como son: planeación de las adquisiciones, planeación de la licitación, selección de la fuente, administración del contrato y cierre del contrato.

La aplicación del concepto de Constructabilidad propone lo siguiente:

Se debe trabajar en forma conjunta con el equipo de proyecto sobre el producto o servicio que se requiere contratar para el proyecto. Es decir ayudar a definir el alcance, verificar que las especificaciones estén bien definidas, realizar un programa de procura tomando como base el programa global y la lista de requisiciones que demanda la construcción.

Una vez que los proveedores envíen sus cotizaciones el equipo de Constructabilidad apoyará con sus conocimientos y experiencia en el campo en la selección del proveedor en base a su puntualidad y responsabilidad o servicio prestado en proyectos anteriores, capacidad financiera, entre otros de los conceptos a considerar. Por otra parte se debe apoyar en la selección de la mejor oferta, es decir, como se va a entregar el equipo, por partes o completo, en donde se efectuará la entrega y en que condiciones. Es importante que en todo momento exista una buena comunicación y sobre todo confianza entre el equipo de Constructabilidad y los responsables de la procuración.

El equipo de Constructabilidad en forma conjunta con las disciplinas involucradas deberá revisar y analizar cada uno de los planos para aprobación que emiten los proveedores y/o fabricantes ya que la participación de ellos evitará retrabajos. Una vez aprobado los planos, el equipo de Constructabilidad participará en las visitas de inspección junto con el especialista para comprobar que efectivamente se este fabricando lo solicitado, de esta misma manera participara en las pruebas finales de cada equipo y en la inspección de este.

Algunos puntos a considerar en la procuración son las siguientes:

- ❖ Ingeniería y construcción deben revisar los diseños en forma conjunta con el proveedor y/o fabricante, continuar con la inspección de compra para asegurar la conformidad con los requerimientos.
- ❖ El equipo de Constructabilidad deberá verificar que todas las entregas de los equipos especiales tengan las instrucciones y manejo de datos adecuados.
- ❖ Evitar la compra de concretos especiales (al menos que sea necesario) ya que incrementan el costo y tienen tiempos de entrega muy amplios.
- ❖ Mantener los diseños lo más simple posible ya que ahorran tiempo y costo en la compra de materiales.
- ❖ Reducir rangos de los diferentes componentes usados y materiales especificados.
- ❖ Solicitar una protección apropiada de los paquetes y materiales para embarque y solicitar a los proveedores cumplir los requerimientos de codificación e identificación adecuados.
- ❖ Los edificios de acero prefabricados son usualmente más convenientes para entrega y erección rápida.
- ❖ Asegurar que los proveedores que suministren los controles de los paquetes de instrumentos, sean compatibles con el sistema de la planta.
- ❖ Requerir que la pintura del equipo sea adecuada para el sitio y servicio requerido.

- ❖ Verificar la estandarización de los materiales, herramientas y equipos.
- ❖ Definir en base a la secuencia de construcción y a los equipos críticos las órdenes de compra.

### G) Propuesta Técnica Financiera

La información de Constructabilidad que contiene la propuesta es muy importante ya que asegura los puntos esenciales en una cotización tomando en cuenta la perspectiva del cliente y los servicios de pre-construcción. Un proyecto puede ejecutarse de diferentes maneras, pero la Constructabilidad juega un papel importante al momento de asignarle el costo a la propuesta. El personal con conocimientos y experiencia en construcción es parte esencial para el desarrollo de la propuesta, ya que sus consideraciones contribuyen en la determinación de cómo ejecutar el proyecto, por ejemplo las alternativas de erección, el izaje de equipos (como por ejemplo: si los recipientes verticales se va a entregar en secciones o completos), la elección de alguna alternativa impactará en el costo de diseño, de transporte, de ensamble de sitio, entre otras.

Una alternativa bien analizada y sustentada es la que determina que la propuesta sea competitiva en el mercado.

### H) Paquetes de Trabajo

El alcance específico del trabajo da fácil manejabilidad, ya que contiene planos de ingeniería APC (aprobados para construcción), planes de prueba de inspección de calidad, de materiales y plan de ejecución de construcción.

Los beneficios que se obtienen al utilizar los paquetes de trabajo en la ejecución de un proyecto son:

- ❖ Asegurar que se termine todo el trabajo de ingeniería para soportar las actividades de construcción.
- ❖ Asegurar que en la ingeniería, procuración y construcción se esta trabajando en el mismo programa del proyecto.
- ❖ Identificar los problemas potenciales de manera temprana.
- ❖ Mejorar la alineación para la expeditación de materiales con una buena planeación en la fuerza de trabajo.
- ❖ Suministrar lo requerido por cada disciplina para asegurar así la optimización de recursos, administración de construcción ó ejecución directa buscando que todos estén trabajando de acuerdo al plan del proyecto.
- ❖ Asegurar una elevada productividad, basado en el hecho de que el trabajo no sea liberado hasta tener tentativamente el 90% de los planos APC y los materiales estén en sitio.
- ❖ Minimizar los reclamos de los contratistas.
- ❖ Incrementar el control del material mediante la liberación del mismo solo si se encuentra incorporado en los paquetes de trabajo definidos.
- ❖ Asegurar la entrega de materiales lo más cercano a la instalación para reducir las cantidades de materiales mal instalados ó extraviados.
- ❖ Asegurar que los planes de pruebas e inspección de calidad así como cualquier otro método requerido ó establecido estará completo ó cubierto antes del inicio de los trabajos.
- ❖ Asignar paquetes de trabajo para cada isométrico desarrollado para reportar detalladamente las soldaduras mediante su generación vía electrónica. El total de pulgadas diametrales de soldaduras por aplicar así como el total de pulgadas diametrales de soldadura terminadas, pueden generarse a través del paquete electrónico de manera semanal ó diaria incluso. Lo anterior asegura un monitoreo con más detalle de los paquetes de trabajo críticos.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## 9.2.2 Proceso de Ejecución

### A) Entrega de los Documentos Técnicos del Proyecto

Desde la etapa de diseño cada documento que se diseñe debe ser supervisado y aprobado por el equipo de Constructabilidad. Ya que el involucrar al personal de la construcción desde la etapa de diseño disminuirá el número de errores en los diseños, sobre todo se verificará que los diseños sean construibles. Es importante también que el equipo de diseño vaya a campo y verifique que sus diseños están siendo construidos como ellos lo diseñaron. En esta etapa hay una integración completa en la etapa del diseño y la etapa de construcción. En dicho proceso se lleva a cabo una retroalimentación entre todo el personal involucrado en el proyecto.

Existen dos formas en las que se puede involucrar el concepto de Constructabilidad para el desarrollo de la ingeniería:

- ❖ Mediante típicos o estándares (a través de diseños repetidos)
- ❖ Con una visión hacia la ejecución de la construcción (diseños con la construcción en mente)

La primera se enfoca directamente a la ingeniería ya que ahorra horas hombre por medio de trabajos repetitivos haciendo más fácil su desarrollo. En la segunda la ingeniería se enfoca directamente a la construcción.

Ambas opciones apoyan a la construcción, aunque la segunda trabaja directamente para ello.

Es importante que los diseñadores plasmen en los planos lo que se va a hacer en el área, que diseñen con la construcción en mente, su trabajo no debe terminar



con la elaboración de un plano o cualquier otro documento técnico, los diseñadores deben elaborar la información completa que se traduzca en la instalación de una estructura, construcción de un edificio, cimentación, rack de tuberías y cada una de las partes que integran la construcción de la planta, es decir su responsabilidad como tal es hacer que las ideas y diseños plasmados sean absolutamente factibles y que además representen beneficios para el proyecto y asegurarse de que se construyan tal y como lo diseñaron.

### 9.2.3 Proceso de Control

#### A) Control de Órdenes de Cambio

Un proyecto es un proceso complejo y para lograr su desarrollo exitoso la firma requiere contar con un efectivo sistema de control, sobre todo es necesario que sea actualizado constantemente desde el inicio hasta el fin del proyecto. Es un hecho que un proyecto no se lleve a cabo conforme a lo planeado originalmente ya que hay muchos factores sean externos o propios de la firma que originan estos cambios, los cambios son inevitables (pueden ser cambios positivos o negativos) y se debe estar abierto a que en cualquier momento sucedan. En realidad el cambio no es el problema; puede llegar a ser un verdadero problema la capacidad de respuesta que se tenga y su manejo o administración a estos cambios.

Los cambios pueden generarse por diversas causas tales como:

- ❖ Solicitud del cliente.
- ❖ Errores u omisiones.
- ❖ Condiciones inesperadas.
- ❖ Oportunidades de ahorros.

Debido a la importancia que tienen los cambios en los proyectos se considera una oportunidad valiosa la implantación de los conceptos de Constructabilidad.

El equipo de Constructabilidad junto con el equipo de proyecto analizará de manera conjunta la solicitud de cambio que se requiere ya sea interna o externa. Una vez autorizado el cambio el equipo de Constructabilidad verificará que se le de seguimiento al plan actualizado a través de un sistema de control de cambios previamente establecido. La secuencia general que se lleva a cabo durante el proceso de cambio es la siguiente:

- Generación de un cambio que afecta al proyecto, en este punto se especifica la razón por la cual se solicita el cambio., el efecto que produce en el proyecto, la nueva programación con el cambio integrado, los efectos que producen en presupuesto y alcance.
- Elaborar la solicitud de cambio.
- Programar una junta con el equipo de Constructabilidad y el personal clave que involucre el cambio.
- Revisar la justificación a dicho cambio.
- Realizar una evaluación de Constructabilidad del impacto en alcance, tiempo, costo, calidad, riesgo y beneficio. El equipo de Constructabilidad debe evaluar de manera conjunta con el equipo de proyecto el cambio solicitado y al mismo tiempo contribuir con sus opiniones proporcionando criterios y alternativas que enriquecerán el cambio, que no es más que la realización de un plan adicional.
- Solicitar autorización al cliente.
- Actualizar el plan general del proyecto con la integración del plan adicional (o cambio), documentar el cambio y los efectos que produce en las áreas afectadas.

- Actualizar la base de datos de lecciones aprendidas de Constructabilidad sobre el cambio que se solicitó y las decisiones que se tomaran a dicho cambio para que no impacte de manera negativa al proyecto.

#### 9.2.4 Proceso de Cierre Administrativo

##### A) Archivo Maestro del Proyecto

Se genera el *archivo maestro del proyecto*; el cual no es más que el historial de todo el proyecto. En la firma se lleva acabo durante la evaluación de resultados del proyecto un reporte de lecciones aprendidas que se realiza a través de un formato de calidad por escrito de los participantes del proyecto en el cual documenta sus experiencias adquiridas durante el proyecto esta se integra en el archivo maestro del proyecto y pasa ha ser almacenado y consultado más adelante cuando se requiera.

##### *Aplicando el concepto de Constructabilidad:*

Se propone que las lecciones aprendidas de Constructabilidad sean una herramienta que permitan al personal involucrado durante el desarrollo del proyecto a "aprender" a través de la experiencia, tanto de sus logros como de sus errores, para buscar un mejor desempeño en la próxima experiencia.

En las lecciones aprendidas de Constructabilidad no solo se documentan problemas si no también aciertos que permiten utilizar las estrategias aplicadas de proyectos pasados a proyectos futuros.

Las lecciones aprendidas de Constructabilidad se van a desarrollar documentando los parámetros previamente establecidos y capturándolo en una base de datos.

Las lecciones aprendidas incluyen: el criterio de búsqueda efectiva para futuras consultas, tipo de proyecto, la fase o etapa del proyecto, entre otros., la situación presentada (problema o acierto), las consecuencias o los efectos que ocasionó dicha situación, realizando una auto evaluación ¿Que tanto impactó en el proyecto?, haciendo uso de la experiencia se deberá cuestionar con el conocimiento adquirido ¿Qué haría diferente con esta situación que se presenta ahora?, ¿Como se resolvió el problema o el acierto que se presentó en proyectos anteriores?.

Es importante que cada vez que aparezca una desviación o un acierto que impacte tanto en el costo, tiempo y calidad del proyecto, se requiera analizar si se pudo haber previsto, y si así fuera que se pudo haber hecho para evitar el problema que a hora se tiene, en caso de que se trate de un acierto que se puede hacer para obtener estos beneficios nuevamente para los proyectos futuros.

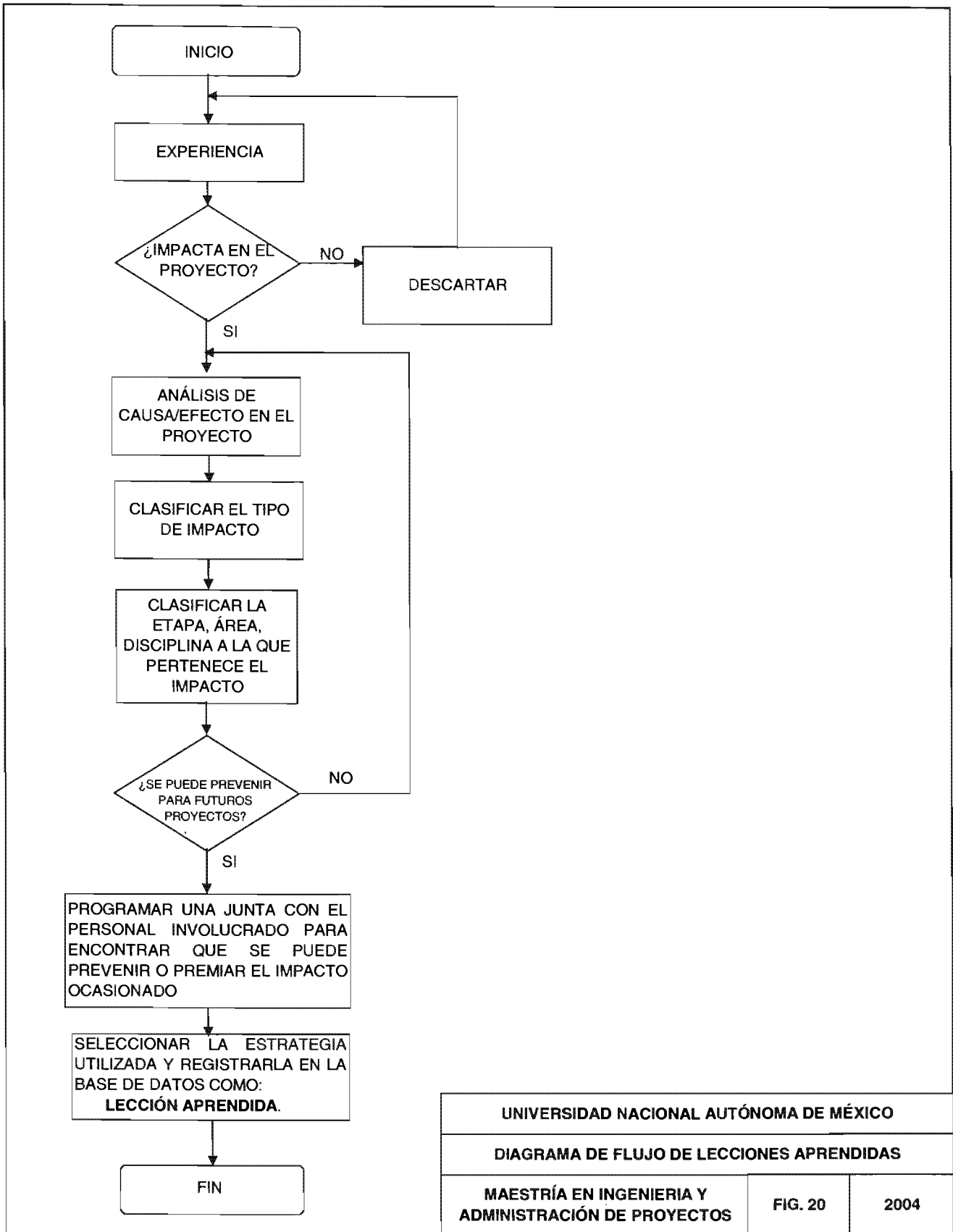
Existen aspectos que pueden aplicarse a las lecciones aprendidas de Constructabilidad:

1. Hacer de las lecciones aprendidas de Constructabilidad una "cultura" que lejos de encontrar y castigar a los culpables de los errores cometidos, sea una cultura en la que cada error que se comenta se tome como una oportunidad de cambio y cada acierto efectuado en el proyecto sea reconocido a través de un programa de reconocimientos.
2. Fomentar a través de platicas de Constructabilidad que el personal implicado directamente se haga responsable de la experiencia vivida de manera que sea utilizada para beneficio del proyecto, con el fin de aplicar los conocimientos que se aprendieron a través de la experiencia, previniendo y compartiendo al mismo tiempo esta experiencia a todos el

personal involucrado o sea convertido en información histórica para futuros proyectos.

3. Determinar de acuerdo al diagrama de flujo (**Ver Fig. 20**) si la experiencia vivida es una lección aprendida de Constructabilidad.
4. Programar una junta con el personal clave del proyecto con el objetivo de analizar a través de métodos como son: diagramas causa/efecto, lluvia de ideas, las estrategias adecuadas a seguir para evitar o prevenir dicha situación.
5. Documentar las lecciones aprendidas de Constructabilidad en cuanto sucedan, pues de otra manera se corre el riesgo de perder el valor de su oportunidad.
6. Diseñar una base de datos de lecciones aprendidas de Constructabilidad de manera que todo el personal involucrado en el proyecto tenga fácil, rápido y seguro acceso de las lecciones aprendidas.

Las lecciones aprendidas de Constructabilidad se clasifican por etapas del proyecto, áreas, disciplinas y actividades.



|  |         |      |
|--|---------|------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO              |         |      |
| DIAGRAMA DE FLUJO DE LECCIONES APRENDIDAS            |         |      |
| MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS | FIG. 20 | 2004 |

### 9.3 Elaboración de la Matriz de Aplicación de Constructabilidad de la Planta Isomerizadora.

Primero que nada puede surgir la siguiente pregunta ¿Porqué utilizar matrices de aplicación en los proyectos? Se puede responder lo siguiente; porque es muy útil para: a) Unir los conceptos de Constructabilidad a las actividades específicas dentro de cada fase del proyecto, b) Es útil como herramienta de planeación para ayudar a los participantes que estén menos experimentados ya que les sirve como guía para la aplicación de Constructabilidad, c) Es útil para determinar el impacto que tiene el concepto de Constructabilidad en cada fase del proyecto.

Por estas razones la matriz de aplicación se considera una herramienta muy útil en el desarrollo de los proyectos, sencilla ya que es fácil de comprenderla, es específica y segura.

La matriz de aplicación de Constructabilidad que se propone para la planta isomerizadora se desarrolla utilizando lo siguiente:

- 1.- Diagrama de flujo (**Ver Fig. 16.**) "*Secuencia de Actividades de la Planta isomerizadora (proyectos IPC)*".
- 2.- Los conceptos principales que propone la metodología propuesta por el CII (Ver información en el marco de referencia).

En la parte izquierda se van a colocar los conceptos de Constructabilidad y en la parte superior central se colocan cada una de las actividades que se desarrolla en la fase del proyecto de que se trata, en este caso de la planta isomerizadora.

Con la primera actividad se analiza cada uno de los conceptos, se selecciona el concepto de Constructabilidad que aplica a dicha actividad; en la línea que cruza el concepto seleccionado con la actividad específica se observa un recuadro mismo que es sombreado, cabe mencionar que en una actividad específica puede aplicarse más de un concepto. Se sigue la misma metodología para todas las actividades de la planta isomerizadora, esto da como resultado el desarrollo de varias matrices de aplicación por cada etapa del proyecto de la planta isomerizadora.

En base a este diagrama se generaron seis matrices de aplicación de Constructabilidad para la planta isomerizadora (**Ver Fig. 21-26.**) que son:

- ❖ Fase de Planeación Conceptual.
- ❖ Fase de Administración y Control.
- ❖ Fase de Ingeniería.
- ❖ Fase de Procura.
- ❖ Fase de Construcción.
- ❖ Fase de Puesta en Marcha.



| ACTIVIDAD EN FASE:                |   | PLANEACIÓN CONCEPTUAL    |                                       |                        |   |                      |
|-----------------------------------|---|--------------------------|---------------------------------------|------------------------|---|----------------------|
| CONCEPTOS DE LA CONSTRUCTABILIDAD |   | ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD | RECONOCIMIENTO PRELIMINAR EN EL SITIO | EVALUACIÓN TECNOLÓGICA | SELECCIÓN Y NEGOCIACIÓN CON LICENCIADORES | ARREGLOS FINANCIEROS |
| ÍNDICE                            | NOMBRE  |                          |                                       |                        |   |                      |
| A                                 | El programa de Constructabilidad es una parte integral del plan de ejecución del proyecto.                  |                          |                                       |                        |   |                      |
| B                                 | La planeación involucra el conocimiento y experiencia de la construcción.                                   |                          |                                       |                        |   |                      |
| C                                 | El involucramiento temprano de la construcción es considerado en el desarrollo del tipo de contratación.    |                          |                                       |                        |   |                      |
| D                                 | Los programas del proyecto son sensibles a la construcción.   |                          |                                       |                        |   |                      |
| E                                 | En las bases de diseño se deben considerar los métodos principales de construcción.                         |                          |                                       |                        |   |                      |
| F                                 | El arreglo general del sitio promueven la construcción eficiente.   |                          |                                       |                        |   |                      |
| G                                 | Los participantes del equipo de proyecto de Constructabilidad deben identificarse al inicio.                |                          |                                       |                        |   |                      |
| H                                 | La información de tecnologías avanzadas es aplicada a lo largo del proyecto.                                |                          |                                       |                        |   |                      |
| I                                 | Los programas de diseño y procuración son sensibles a la construcción.                                      |                          |                                       |                        |   |                      |
| J                                 | Los diseños se habilitan para permitir la construcción eficiente.   |                          |                                       |                        |   |                      |
| K                                 | Los elementos del diseño deben estandarizarse.  |                          |                                       |                        |   |                      |
| L                                 | La eficiencia de la construcción debe considerar el desarrollo de especificaciones.                         |                          |                                       |                        |   |                      |
| M                                 | Los diseños de módulo/preensamble deben prepararse para facilitar la fabricación, transporte e instalación. |                          |                                       |                        |   |                      |
| N                                 | Los diseños promueven la accesibilidad de construcción del personal, materiales y equipo.                   |                          |                                       |                        |   |                      |
| O                                 | Los diseños deben facilitar la construcción bajo condiciones adversas                                       |                          |                                       |                        |   |                      |
| P                                 | La secuencia del diseño y la construcción debe facilitar el sistema de transferencia y arranque.            |                          |                                       |                        |   |                      |
| Q                                 | La constructabilidad es mejorada cuando se utilizan métodos de construcción innovadores.                    |                          |                                       |                        |   |                      |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MATRIZ DE APLICACIÓN  
FASE: PLANEACIÓN CONCEPTUAL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 21

2004

| ACTIVIDAD EN FASE:             |   | ADMINISTRACIÓN Y CONTROL            |                          |                         |  |                                    |                             |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------|
| CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD |   | BASES PARA CONCURSO DE CONTRATISTAS | EVALUACIÓN DE PROPUESTAS | ASIGNACIÓN DEL CONTRATO | PRESUPUESTO Y PROGRAMA GLOBAL DEL PROYECTO | SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO | MANEJO Y CONTROL DE CAMBIOS |
| ÍNDICE                         | NOMBRE  |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| A                              | El programa de Constructabilidad es una parte integral del plan de ejecución del proyecto.                    |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| B                              | La planeación involucra el conocimiento y experiencia de la construcción.                                     |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| C                              | El involucramiento temprano de la construcción es considerado en el desarrollo del tipo de contratación.      |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| D                              | Los programas del proyecto son sensibles a la construcción.   |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| E                              | En las bases de diseño se deben considerar los métodos principales de construcción.                           |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| F                              | El arreglo general del sitio promueven la construcción eficiente.   |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| G                              | Los participantes del equipo de proyecto de Constructabilidad deben identificarse al inicio.                  |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| H                              | La información de tecnologías avanzadas es aplicada a lo largo del proyecto.                                  |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| I                              | Los programas de diseño y procuración son sensibles a la construcción.  |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| J                              | Los diseños se habilitan para permitir la construcción eficiente.   |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| K                              | Los elementos del diseño deben estandarizarse.  |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| L                              | La eficiencia de la construcción debe considerar el desarrollo de especificaciones.                           |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| M                              | Los diseños de módulo/preensamblado deben prepararse para facilitar la fabricación, transporte e instalación. |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| N                              | Los diseños promueven la accesibilidad de construcción del personal, materiales y equipo.                     |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| O                              | Los diseños deben facilitar la construcción bajo condiciones adversas   |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| P                              | La secuencia del diseño y la construcción debe facilitar el sistema de transferencia y arranque.              |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |
| Q                              | La constructabilidad es mejorada cuando se utilizan métodos de construcción innovadores.                      |                                     |                          |                         |  |                                    |                             |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MATRIZ DE APLICACIÓN  
FASE: ADMINISTRACIÓN Y CONTROL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 22

2004

| ACTIVIDAD EN FASE:             |   | INGENIERÍA                                     |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
|--------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|---|---|--|-------------|------------------------|---------------------|
| CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD |   | EMISIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE INGENIERÍA BÁSICA | EMISIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE INGENIERÍA DE DETALLE | PLANOS Y DIBUJOS MECÁNICO DE EQUIPO | PLANOS, DIBUJOS Y DISEÑO DE CADA DISCIPLINA DE INGENIERÍA | MODELO CAD TRIDIMENSIONAL DE INGENIERÍA | LISTA Y ESPECIFICACIONES DE MATERIALES E INSTALOS. | ISOMÉTRICOS | HOJA DE DATOS E ÍNDICE | REVISIÓN DE DIBUJOS |
| ÍNDICE                         | NOMBRE  |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| A                              | El programa de Constructabilidad es una parte integral del plan de ejecución del proyecto.                  |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| B                              | La planeación involucra el conocimiento y experiencia de la construcción.                                   |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| C                              | El involucramiento temprano de la construcción es considerado en el desarrollo del tipo de contratación.    |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| D                              | Los programas del proyecto son sensibles a la construcción.   |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| E                              | En las bases de diseño se deben considerar los métodos principales de construcción.                         |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| F                              | El arreglo general del sitio promueven la construcción eficiente.   |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| G                              | Los participantes del equipo de proyecto de Constructabilidad deben identificarse al inicio.                |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| H                              | La información de tecnologías avanzadas es aplicada a lo largo del proyecto.                                |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| I                              | Los programas de diseño y procuración son sensibles a la construcción.                                      |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| J                              | Los diseños se habilitan para permitir la construcción eficiente.   |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| K                              | Los elementos del diseño deben estandarizarse.  |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| L                              | La eficiencia de la construcción debe considerar el desarrollo de especificaciones.                         |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| M                              | Los diseños de módulo/preensamble deben prepararse para facilitar la fabricación, transporte e instalación. |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| N                              | Los diseños promueven la accesibilidad de construcción del personal, materiales y equipo.                   |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| O                              | Los diseños deben facilitar la construcción bajo condiciones adversas                                       |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| P                              | La secuencia del diseño y la construcción debe facilitar el sistema de transferencia y arranque.            |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |
| Q                              | La constructabilidad es mejorada cuando se utilizan métodos de construcción innovadores.                    |  |  |                                     |   |   |  |             |                        |                     |

| ACTIVIDAD EN FASE:             |   | PROCURA                             |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------|--|------------------------------------|---|--|--|
| CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD |   | PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN DE PROCURA | PREPARACIÓN Y EMISIÓN DE REQUISICIONES | EXPEDICIÓN Y RECEPCIÓN DE COTIZACIONES | EVALUACIÓN TÉCNICA Y COMERCIAL | ORDENES DE COMPRA | EXPEDICIÓN Y RECEPCIÓN DE DIBUJOS DE FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE FABRICACIÓN | SUPERVISIÓN DE EMPACADO Y EMBARQUE | SUPERVISIÓN DE RECEPCIÓN DE EQUIPO MECÁNICO |  |  |
| ÍNDICE                         | NOMBRE  |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| A                              | El programa de Constructabilidad es una parte integral del plan de ejecución del proyecto.                  |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| B                              | La planeación involucra el conocimiento y experiencia de la construcción.                                   |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| C                              | El involucramiento temprano de la construcción es considerado en el desarrollo del tipo de contratación.    |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| D                              | Los programas del proyecto son sensibles a la construcción.   |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| E                              | En las bases de diseño se deben considerar los métodos principales de construcción.                         |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| F                              | El arreglo general del sitio promueven la construcción eficiente.   |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| G                              | Los participantes del equipo de proyecto de Constructabilidad deben identificarse al inicio.                |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| H                              | La información de tecnologías avanzadas es aplicada a lo largo del proyecto.                                |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| I                              | Los programas de diseño y procuración son sensibles a la construcción.                                      |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| J                              | Los diseños se habilitan para permitir la construcción eficiente.   |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| K                              | Los elementos del diseño deben estandarizarse.  |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| L                              | La eficiencia de la construcción debe considerar el desarrollo de especificaciones.                         |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| M                              | Los diseños de módulo/preensamble deben prepararse para facilitar la fabricación, transporte e instalación. |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| N                              | Los diseños promueven la accesibilidad de construcción del personal, materiales y equipo.                   |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| O                              | Los diseños deben facilitar la construcción bajo condiciones adversas                                       |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| P                              | La secuencia del diseño y la construcción debe facilitar el sistema de transferencia y arranque.            |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |
| Q                              | La constructabilidad es mejorada cuando se utilizan métodos de construcción innovadores.                    |                                     |  |  |                                |                   |  |                                    |   |  |  |

| ACTIVIDAD EN FASE:             |   | CONSTRUCCIÓN                  |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
|--------------------------------|---|-------------------------------|---|--------------------------|---|--|--|------------------------|--------------------|--|-----------------------|
| CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD |   | PLANEACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN | PREPARACIÓN DEL SITIO/MOVIMIENTO DE TIERRAS | CIMENTACIONES EN GENERAL | INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS, CONTRAINCENDIO, DRENAJES Y DUCTOS | SOPORTE, ESTRUCTURAS METÁLICAS Y DE CONCRETO | MONTAJE DE EQUIPO, PLATAFORMAS Y ESCALERAS | INSTALACIÓN DE TUBERÍA | CABLEADO DE FUERZA | INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE INSTRUMENTOS | AISLAMIENTO Y PINTURA |
| ÍNDICE                         | NOMBRE  |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| A                              | El programa de Constructabilidad es una parte integral del plan de ejecución del proyecto.                  |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| B                              | La planeación involucra el conocimiento y experiencia de la construcción.                                   |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| C                              | El involucramiento temprano de la construcción es considerado en el desarrollo del tipo de contratación.    |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| D                              | Los programas del proyecto son sensibles a la construcción.   |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| E                              | En las bases de diseño se deben considerar los métodos principales de construcción.                         |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| F                              | El arreglo general del sitio promueven la construcción eficiente.   |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| G                              | Los participantes del equipo de proyecto de Constructabilidad deben identificarse al inicio.                |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| H                              | La información de tecnologías avanzadas es aplicada a lo largo del proyecto.                                |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| I                              | Los programas de diseño y procuración son sensibles a la construcción.                                      |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| J                              | Los diseños se habilitan para permitir la construcción eficiente.   |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| K                              | Los elementos del diseño deben estandarizarse.  |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| L                              | La eficiencia de la construcción debe considerar el desarrollo de especificaciones.                         |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| M                              | Los diseños de módulo/preensamble deben prepararse para facilitar la fabricación, transporte e instalación. |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| N                              | Los diseños promueven la accesibilidad de construcción del personal, materiales y equipo.                   |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| O                              | Los diseños deben facilitar la construcción bajo condiciones adversas                                       |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| P                              | La secuencia del diseño y la construcción debe facilitar el sistema de transferencia y arranque.            |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |
| Q                              | La constructabilidad es mejorada cuando se utilizan métodos de construcción innovadores.                    |                               |   |                          |   |  |  |                        |                    |  |                       |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MATRIZ DE APLICACIÓN  
FASE: CONSTRUCCIÓN

MAESTRÍA EN INGENIERIA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 25

2004

| ACTIVIDAD EN FASE:             |   | PUESTA EN MARCHA                     |  |                                    |                    |  |   |                       |
|--------------------------------|---|--------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------|--|---|-----------------------|
| CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD |   | VERIFICACIÓN FÍSICA DE INSTALACIONES | LIMPIEZA Y PRUEBAS POR EQUIPO/TUBERÍAS | PRUEBAS HIDRÓSTATICAS POR CIRCUITO | PRUEBAS NEUMÁTICAS | CALIBRACION Y VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD | ENTRENAMIENTO DE OPERADORES DEL CLIENTE | ARRANQUE DE LA PLANTA |
| ÍNDICE                         | NOMBRE  |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| A                              | El programa de Constructabilidad es una parte integral del plan de ejecución del proyecto.                  |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| B                              | La planeación involucra el conocimiento y experiencia de la construcción.                                   |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| C                              | El involucramiento temprano de la construcción es considerado en el desarrollo del tipo de contratación.    |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| D                              | Los programas del proyecto son sensibles a la construcción.   |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| E                              | En las bases de diseño se deben considerar los métodos principales de construcción.                         |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| F                              | El arreglo general del sitio promueven la construcción eficiente.   |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| G                              | Los participantes del equipo de proyecto de Constructabilidad deben identificarse al inicio.                |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| H                              | La información de tecnologías avanzadas es aplicada a lo largo del proyecto.                                |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| I                              | Los programas de diseño y procuración son sensibles a la construcción.                                      |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| J                              | Los diseños se habilitan para permitir la construcción eficiente.   |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| K                              | Los elementos del diseño deben estandarizarse.  |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| L                              | La eficiencia de la construcción debe considerar el desarrollo de especificaciones.                         |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| M                              | Los diseños de módulo/preensamble deben prepararse para facilitar la fabricación, transporte e instalación. |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| N                              | Los diseños promueven la accesibilidad de construcción del personal, materiales y equipo.                   |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| O                              | Los diseños deben facilitar la construcción bajo condiciones adversas                                       |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| P                              | La secuencia del diseño y la construcción debe facilitar el sistema de transferencia y arranque.            |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |
| Q                              | La constructabilidad es mejorada cuando se utilizan métodos de construcción innovadores.                    |                                      |  |                                    |                    |  |   |                       |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MATRIZ DE APLICACIÓN  
FASE: PUESTA EN MARCHA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FIG. 26

2004

#### **9.4 Diseño de la Base de Datos de Lecciones Aprendidas de Constructabilidad para la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.**

En este punto se propone el diseño de una base de datos de lecciones aprendidas (**Ver Anexo A**), como se ha observado es una herramienta clave en la Constructabilidad; ya que en ella se registran cada una de las experiencias vividas por los participantes del proyecto y que impactan en el proyecto. Dicha base de datos se realiza a través de un programa llamado Access, en ella se registran en forma detallada las experiencias, que tipo de proyectos aplica, tipo de impacto entre otros puntos, esta base de datos será una herramienta útil para los proyectos futuros.

Para esta base de datos se incluye un instructivo de llenado para que cualquier persona que sea designada para custodiar la base de datos tenga conocimiento de cómo se maneja.

Es importante que la base de datos sea actualizada por una sola persona que sea designada por el equipo de Constructabilidad, de esta manera se mantendrá un control de registro efectivo. Cabe mencionar que el periodo en el cual se va a llevar a cabo el registro de las lecciones aprendidas dependerá de las necesidades de la firma de ingeniería o en su caso de las necesidades del proyecto.

## 9.5 Archivo de Lecciones Aprendidas de Constructabilidad de la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Durante la construcción de la planta isomerizadora el equipo de Constructabilidad recopila, analiza y determina si las experiencias vividas se consideran lecciones aprendidas, si es así se registra en la base de datos.

Como en este caso de estudio es un proyecto ya construido se entrevistó al personal que participó en la construcción de la planta isomerizadora para tener una visión general de las condiciones en que se llevó a cabo la ejecución de este proyecto, la forma en que se fue integrando cada una de las etapas del proyecto (planeación-ingeniería-procura-construcción-arranque de planta), como se efectuó la comunicación entre las diferentes disciplinas que participaron, como se efectuó la comunicación con los proveedores, supervisores, cliente, etc., los aciertos y los errores surgidos, como se manejó la experiencia y los conocimientos adquiridos por el personal involucrado durante el desarrollo del proyecto.

Con base a la información obtenida, los documentos técnicos y los equipos de proceso que integran la planta se generó un archivo de Lecciones Aprendidas como se muestra en el (**Anexo B**).

Estas lecciones aprendidas tienen como objetivo que el personal interesado en desarrollar un proyecto exitoso pueda tener un fácil acceso a la base de datos de lecciones aprendidas y aplicarlas de acuerdo con las necesidades propias del proyecto para optimizar aspectos de costo, tiempo y calidad en su proyecto.

Las lecciones aprendidas se pueden utilizar como material para la capacitación del nuevo personal que se integre al proyecto o a la firma y también ser usada como herramienta de retroalimentación para el personal que ya labora en ella.



Otro aspecto importante que tiene el archivo de lecciones aprendidas es que al registrar los conocimientos y experiencias adquiridas a través del tiempo se fomenta en el personal involucrado una nueva actitud compartir y participar activamente durante el desarrollo del proyecto proporcionando un valor agregado de la firma.

## 9.6 Desarrollo de Listas de Verificación de Constructabilidad de la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Con los resultados obtenidos de las lecciones aprendidas de Constructabilidad en la planta isomerizadora se clasificó por equipo de proceso y se integró la información en un formato para ser convertidas en listas de verificación, las cuales son una herramienta muy valiosa que sirve para confirmar el desempeño de los factores incluidos en el desarrollo del diseño o factores que se deben tomar en cuenta en la construcción, estas listas también pueden ser utilizada con fines preventivos.

Las listas de verificación se generan durante el ciclo de vida del proyecto a través de muchos años de experiencias sirven como guía para futuros proyectos para asegurar que se están incorporando al diseño, ingeniería, procura y construcción los conceptos de Constructabilidad y que al mismo tiempo se están utilizando las mejores prácticas de construcción en el diseño.

Las listas de verificación propuestas para la planta isomerizadora (**Ver Anexo C**) es un listado de conceptos, criterios, puntos de vista que se deben tomar en cuenta en el desarrollo de diseños y al momento de desarrollar la construcción, dicha lista es respondida a través de una respuesta afirmativa o negativa y plasma alguna observación adicional en caso de que exista. Cabe mencionar que dicha lista de verificación debe enriquecerse a través del tiempo y de años de experiencia que se tengan al participar en la ejecución de los proyectos.

Las listas de verificación generadas corresponden a los equipos de proceso que integran la planta como son:

- Lista de verificación para el arreglo de planta y de equipo.
- Lista de verificación para columnas (torres):

- Lista de verificación para bombas.
- Lista de verificación para intercambiadores de calor.
- Lista de verificación para recipientes.
- Lista de verificación para tuberías.

## 10.0 RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente el proyecto de la planta isomerizadora de pentanos y hexanos es un proyecto ya construido y por este motivo para validar la metodología propuesta se llevaron a cabo las actividades señaladas a continuación.

1.- Se localizó al personal experto que participó en la construcción de la planta isomerizadora de pentanos y hexanos, se realizaron entrevistas para evaluar el grado de conocimiento o la familiaridad que se tiene acerca de los conceptos de Constructabilidad, se les proporcionó la información contenida en el trabajo de tesis también se les entregó las listas de verificación por equipo de proceso generadas para la planta (**Ver Anexo C**). El objetivo de dicha actividad es saber si se aplicaron o no los conceptos de Constructabilidad en su momento, en caso de no ser así que impacto tuvieron al no aplicarlos.

2.- Se realizaron entrevistas a 20 expertos de las distintas área de conocimiento (proceso, sistemas, tuberías, recipientes, mecánica, eléctrica, telecomunicaciones, civil, arquitectura, diseño estructural, administradores y jefes de proyectos) que intervienen en la firma que desarrolla la ingeniería así como también entrevistó a 6 expertos de una empresa que se dedica a la construcción.

Una vez realizadas las entrevistas al personal experto se le entregó un cuestionario de Constructabilidad (**Ver Anexo D**). Dicho cuestionario esta dividido en dos secciones, la primera sección es de información general del entrevistado como son: nombre, puesto, empresa. La segunda sección consta de preguntas referentes a la Constructabilidad y esta estructurado de la siguiente manera:

1. **Seleccione grado de conocimiento que tenga acerca de la Constructabilidad:** Esta información proporciona el punto de vista personal de los involucrados en los proyectos, nos muestra el interés y el nivel de comprensión, la familiarización acerca del concepto de Constructabilidad y al mismo tiempo monitorea la efectividad de la capacitación en la empresa acerca de dicho concepto.
2. **Seleccione la frecuencia con que ocurren estos elementos para implantar la Constructabilidad en la empresa.** Esta información evalúa el esfuerzo para difundir los conceptos de Constructabilidad, como se lleva a cabo, que recursos se utilizan para ello, como se logra la participación del personal involucrado, es decir da a conocer el nivel de formalidad del programa de Constructabilidad.
3. **Seleccione como evalúa los elementos que forma parte de la Constructabilidad dentro de la empresa.** Esta sección proporciona información sobre el aspecto humano en cuanto a las relaciones laborales, capacidad de integración y comunicación para trabajar como equipo, como se valora y se registra el nivel de conocimiento del personal experimentado.
4. **Seleccione con que frecuencia en las etapas del proyecto aplica el concepto de Constructabilidad.** Esta información determina de acuerdo al puesto que desempeña el entrevistado y a las actividades que realiza si se están considerando y con que frecuencia la aplicación de los conceptos de Constructabilidad en cada uno de las etapas del proyecto.
5. **Seleccione con que frecuencia estos elementos ocurren cuando el personal de construcción se involucra tempranamente en el proyecto.** Esta información muestra un panorama general acerca de que sucede, que cambios ocurren cuando son aplicados los conceptos de Constructabilidad, cómo impactan ya sea positiva o negativamente al aplicarlos, actividades que se desarrollan tomando en cuenta la Constructabilidad.

6. **Seleccione con que frecuencia ha logrado beneficios al aplicar el concepto de Constructabilidad.** Esta información determina específicamente que tipos de beneficios han logrado durante el proyecto como empresa al aplicar los conceptos de Constructabilidad.
  7. **Seleccione el grado de satisfacción lograda al aplicar los conceptos de Constructabilidad.** Esta información proporciona el tipo de impacto que se logra con la aplicación de los conceptos de Constructabilidad ya sean positivos o negativos como individuo, como profesionista y en las relaciones laborales.
- De acuerdo con la información registrada en las listas de verificación por equipo de proceso, respondidas por el personal que participó en la construcción de la planta isomerizadora se efectuó un análisis y para su fácil manejo los resultados se vaciaron en un formato (**Ver Anexo E**) que contiene cuatro columnas, la primera columna se encuentra el nombre de la lista de verificación del equipo de proceso al que corresponde (arreglo de planta/equipo, torres, secadores, recipientes, bombas, tubería), en la segunda columna se muestra el porcentaje correspondiente del número total de las lecciones aprendidas que contienen las listas de verificación las cuales fueron aplicadas durante el desarrollo del proyecto, cabe mencionar que éstas se aplicaron de forma empírica y no se implementó la Constructabilidad de manera formal, dichas experiencias y conocimientos adquiridos no fueron registrados en una base de datos y esto provoca que para proyectos futuros se invierta tiempo adicional de los expertos en la formación de nuevos profesionistas para participar en los proyectos. En la tercera columna se especifica el grado de impacto que tiene cada equipo o arreglo al aplicar cada lección contenida en la lista de verificación, este grado se divide en impacto alto, moderado y bajo. Y por último en la tercera columna se describe los comentarios adicionales que surgieron y que se consideran relevantes durante la construcción de la planta isomerizadora.

Con base a los resultados obtenidos de la lista de verificación por equipo de proceso se observa que se aplicaron en el proyecto de construcción de la planta isomerizadora el 100 % del las lecciones aprendidas contenidas en ellas, pero cabe recalcar que fueron aplicadas de forma empírica, no fueron registradas en ninguna base de datos.

Algunas de las situaciones que se presentaron en este proyecto se mencionan a continuación:

- Consideraciones oportunas de algunas instalaciones subterráneas, aunque algunas otras no se consideraron oportunamente.
- Se consideró solamente la prefabricación de líneas mayores a 3" y no se consideraron otras opciones a prefabricar.
- Se consideró oportunamente la planeación de layout de edificios, aunque la disposición final dependió en gran parte de la disponibilidad de espacios que proporcionó el Cliente.
- Con respecto a los drenajes temporales se llevó a cabo la limpieza del terreno, nivelación y compactación y posteriormente se desarrollaron las instalaciones subterráneas. Habría sido mejor prever estas instalaciones antes de concluir la compactación para lograr un ahorro adicional.
- Se previeron oportunamente accesos adecuados para carga y descarga del catalizador pero para el área de secadores no se hizo oportunamente lo que provocó que esa área estuviera bastante congestionada.
- Se consideraron los accesos dentro de la planta pero no se consideraron accesos adecuados para llegar a ella.
- No se consideró adecuadamente el peso para la torre estabilizadora por lo que se presentaron problemas de izaje.
- No se invitó a participar activamente al personal de operación de refinería para la revisión de los diseños, ya que el hacerlo sería una experiencia enriquecedora para el proyecto.

- No se planeó oportunamente una buena ubicación de los controles en el área de operación de las válvulas de los secadores ya que quedo sumamente congestionada.
- No se reforzó los riesgos en las instalaciones a través de un estudio "HAZOP".
- Se realizó una planeación inadecuada de los accesos para retirar equipos críticos para su reemplazo y mantenimiento, como el caso del cambiador ya que se observa el área bastante congestionada.
- No se invitó oportunamente al personal experto en izajes o maniobrista en la revisión de los diseños ya que esto habría sido de gran utilidad.
- No se consideró adecuadamente en el diseño los espacios para la tubería e instrumentación con respecto al área de secadores el cual quedó sumamente congestionada.
- No se consideró en el diseño la reorientación del arreglo de planta/equipo tras la cancelación de los compresores de hidrógeno.
- No se consideró las contingencias pertinentes por el retraso en el izaje de la torre DA-301 debido a la entrega tardía de la torre DA-302, lo cual provocó serios problemas en el costo.
- Se consideró de manera parcial en el diseño el empleo de paquetes de secadores al dividir la compra de válvulas.
- No se detectó oportunamente tuberías subterráneas existentes que dieron origen a la realización de cambios importantes.
- No se maximizó la construcción a nivel de suelo ya que debido a esto surgieron problemas en la localización y diseño de mochetas por falta de topografía en el terreno.
- No se contó con diversas rutas de evacuación adecuadas para emergencias ya que solo se contó con un acceso a las instalaciones en la zona sur.



- No se consideró en los diseños montajes de equipos, ya que éste se limitó a la disponibilidad de espacios proporcionados por el cliente, aunque se negoció un área adicional al norte de la planta para cumplir con el espacio mínimo.
- No se previó una buena ubicación de los ductos con respecto a las tuberías debido a esto durante su instalación se presentaron problemas de interferencia.
- No se planeó oportunamente las consideraciones de energía ya que el cliente proporcionó un nivel de voltaje bastante elevado por lo que hubo necesidad de incorporar equipo para trabajar el nivel de voltaje, provocando esto un costo adicional al proyecto.
- No se consideró en el diseño un sistema de tierras existente por lo que fue necesario modificar el diseño que ya estaba considerado.
- No se consideró oportunamente el derecho de vía ya que los mayores problemas se presentaron en trincheras existentes.

Algunas de estas situaciones mencionadas anteriormente se resaltaron a través de secciones achuradas en el plano de localización general para su fácil identificación (**Ver Fig. 27**).

➤ Una vez obtenido los resultados del “*Cuestionario de Evaluación Acerca de la Constructabilidad en los Proyectos*” se procedió a graficar cada pregunta (**Ver Anexo F**) de manera que se tenga un fácil manejo de la información para efectuar el análisis el cual muestra los siguientes resultados:

Los *expertos dedicados a desarrollar ingeniería* comentan que en su empresa no se ha implementado el concepto de Constructabilidad por lo tanto no cuentan con programas formales para ello, el grado de conocimientos que tienen sobre la Constructabilidad es regular ya que lo han adquirido por

EQUIPMENT LIST

| ITEM No.   | UOP           | DESCRIPTION  |
|------------|---------------|--|
| BA-301     | (330-112)     | RESERVOIR SUPPLEMENT                               |
| DA-301     | (330-177)     | STABILIZER TOWER                                   |
| DA-302     | (330-146)     | NET GAS CAUSTIC SORBENT                            |
| DC-301 A/B | (330-141 A/B) | REACTORS   |
| EA-302     | (330-115)     | WAKE UP GAS COOLER                                 |
| EA-303     | (330-111)     | RESERVOIR WAPORIZER                                |
| EA-304     | (330-113)     | RESERVOIR CONDENSER                                |
| EA-305     | (330-117)     | RESERVOIR CONDENSER                                |
| EA-303     | (330-127)     | SULFUR GUARD BED FEED/STABILIZER BLOWING EXCHANGER |

EQUIPMENT LIST

| ITEM No.   | UOP       | DESCRIPTION                                |
|------------|-----------|--|
| EA-306     | (330-123) | SULFUR GUARD BED FEED/STABILIZER EXCHANGER |
| EA-307 A/B | (330-143) | FEED TRIM COOLER                           |
| EA-308     | (330-160) | COLD COMBINED FEED EXCHANGER               |
| EA-309 A/B | (330-159) | HOT COMBINED FEED EXCHANGER                |
| EA-310     | (330-171) | CHANGE HEATER                              |
| EA-311     | (330-172) | STABILIZER REHEATER                        |
| EA-312     | (330-183) | STABILIZER OVERHEAD TRIM CONDENSER         |
| EA-313     | (330-174) | CAUSTIC HEATER                             |
| EA-314     | (330-174) | FEED COOLER                                |
| EA-301     | (330-161) | FEED COOLER                                |
| EA-302     | (330-162) | STABILIZER OVERHEAD CONDENSER              |

EQUIPMENT LIST

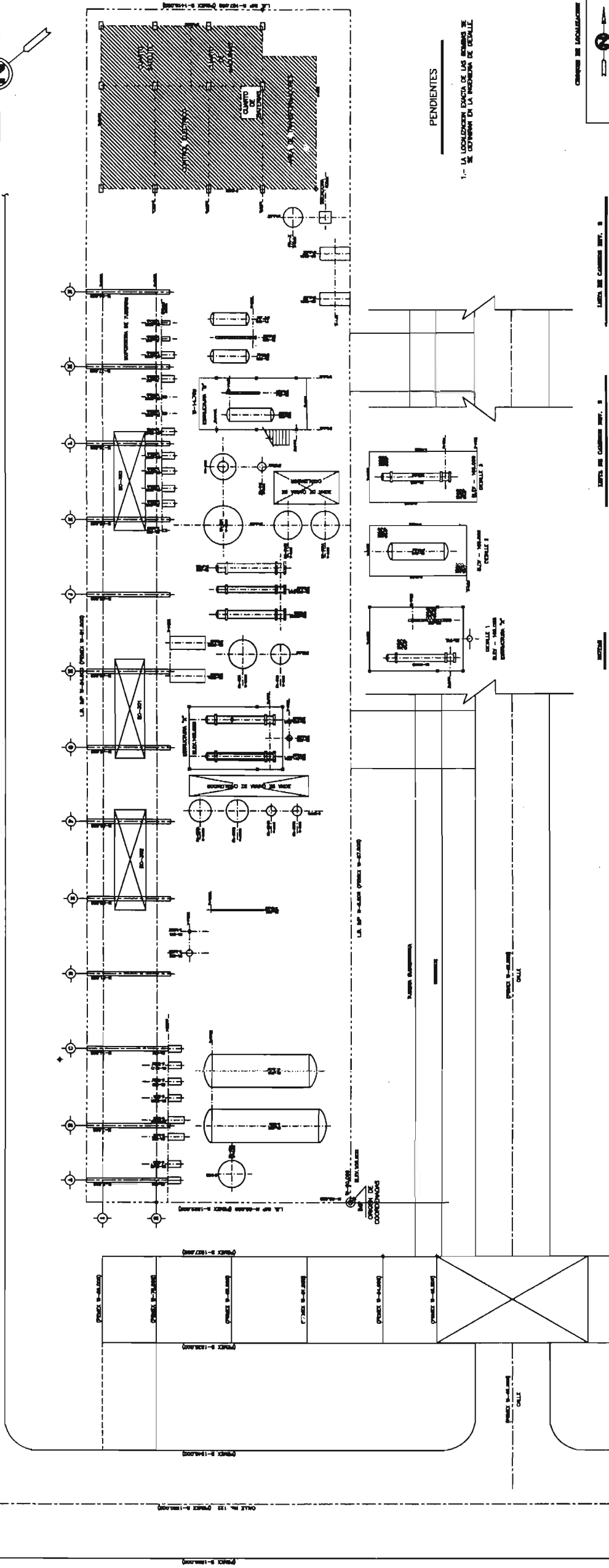
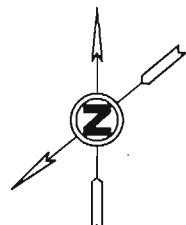
| ITEM No.   | UOP           | DESCRIPTION              |
|------------|---------------|--------------------------|
| FA-303     | (330-152)     | WAKEUP GAS DROUGHT DRAIN |
| FA-304 A/B | (330-153 A/B) | BLEEDER INDOUGHT DRAIN   |
| FA-305     | (330-144)     | SULFUR GUARD BED         |
| FA-306 A/B | (330-165 A/B) | LIQUID FEED DROUGHT      |
| FA-307     | (330-166)     | CAUSTIC BLEEDER DRAIN    |
| FA-308     | (330-167)     | STABILIZER REHEATER      |

EQUIPMENT LIST

| ITEM No.   | UOP           | DESCRIPTION                   |
|------------|---------------|-------------------------------|
| FA-311     | (330-171)     | SPRINT CAUSTIC DRAINING DRAIN |
| GA-301 A/B | (330-181 A/B) | CHARGE PUMPS                  |
| GA-302     | (330-182)     | CHARGE TRANSFER PUMP          |
| GA-303 A/B | (330-183 A/B) | CHARGE REHEATER PUMPS         |
| GA-304 A/B | (330-184 A/B) | CAUSTIC CIRCULATION PUMPS     |
| GA-305     | (330-185)     | SPRINT CAUSTIC TRANSFER PUMP  |

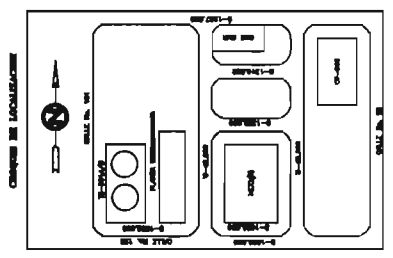
SERVICIOS AUXILIARES

| CLAVE    | SERVICIO  |
|----------|---|
| PA-300   | TANQUE DE BALANCE DE CARGA                            |
| PA-301   | TANQUE DE DESFOQUE                                    |
| PA-302   | CONDENSADOR DE BAJA PRESION                           |
| PA-303   | TANQUE REFORMADOR DE BAJA PRESION                     |
| PA-304   | TANQUE DE DESFOQUE DE BAJA PRESION                    |
| PA-X     | TANQUE ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTACION          |
| CA-300   | CONDENSADOR DE VAPOR                                  |
| GA-301/A | BOMBAS DE ALIMENTACION FRESCA                         |
| GA-302/A | BOMBAS DE ALIMENTACION FRESCA                         |
| GA-303/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-304/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-305/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-306/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-307/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-308/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-309/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-310/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-311/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-312/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-313/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-314/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-315/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-316/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-317/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-318/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-319/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-320/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-321/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-322/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-323/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-324/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-325/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-326/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-327/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-328/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-329/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-330/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-331/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-332/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-333/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-334/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-335/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-336/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-337/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-338/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-339/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-340/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-341/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-342/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-343/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-344/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-345/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-346/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-347/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-348/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-349/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-350/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-351/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-352/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-353/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-354/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-355/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-356/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-357/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-358/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-359/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-360/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-361/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-362/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-363/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-364/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-365/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-366/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-367/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-368/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-369/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-370/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-371/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-372/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-373/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-374/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-375/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-376/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-377/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-378/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-379/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-380/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-381/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-382/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-383/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-384/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-385/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-386/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-387/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-388/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-389/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-390/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-391/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-392/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-393/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-394/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-395/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-396/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-397/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-398/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-399/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |
| GA-400/A | BOMBAS DE REEFRESCACION DE CAUSTICA DEL TANQUE PA-301 |



PENDIENTES

- 1- LA LOCALIZACION DE LAS BOMBAS DE REEFRESCACION DE LA INDUSTRIA DE RESULT.



- LEYENDA DE CANTIDAD INT. 1**
- 1- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CAUSTICO
  - 2- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA
  - 3- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE
  - 4- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE VAPOR
  - 5- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO
  - 6- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUO
  - 7- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 8- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 9- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 10- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 11- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 12- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 13- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 14- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 15- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 16- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 17- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 18- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 19- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 20- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
- LEYENDA DE CANTIDAD INT. 2**
- 1- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CAUSTICO
  - 2- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA
  - 3- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE
  - 4- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE VAPOR
  - 5- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO
  - 6- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUO
  - 7- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 8- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 9- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 10- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 11- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 12- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 13- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 14- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 15- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 16- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 17- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 18- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES
  - 19- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIXIVIA
  - 20- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASES

iniciativa propia con el afán de conocer nuevas herramientas para optimizar sus proyectos.

Si conocen y están concientes de la importancia que tiene el aplicar el concepto de Constructabilidad de hecho lo han aplicado de manera empírica aunque no frecuentemente, y mencionan haber experimentado cambios importantes en las diferentes actividades que realizan.

Los expertos están convencidos e interesados en utilizar esta herramienta; ellos han decidido promoverla para que se aplique formalmente en la empresa porque están concientes de que este concepto maximiza los beneficios en los proyectos; contribuye en establecer claramente las metas y los objetivos del proyecto, efectuando una revisión periódica más profunda de los diseños que se generan con la construcción en mente, se logra una mayor integración y comunicación con cada una de las etapas del proyecto y del personal involucrado, los diseños generados son más realistas y a bajo costo debido a que existen menos retrabajos y reducción de horas-hombre adicionales, entre otros beneficios importantes que se obtienen.

Los resultados obtenidos con los *expertos de la constructora* comentan que el concepto de Constructabilidad ya se ha implementado como una herramienta en la empresa, se cuenta con un programa formal, con una base de datos de lecciones aprendidas que se actualiza periódicamente, con programas de reconocimientos que promueven al personal que labora en la empresa participe aportando ideas, sugerencias, que una vez analizadas, son convertidas en lecciones aprendidas, cabe aclarar que al principio se encontraron muchas de las barreras que se mencionan en este trabajo pero que poco a poco se han ido eliminando, sobre todo porque al principio los beneficios eran intangibles es decir no se podía cuantificar con facilidad, estaban renuentes al concepto porque consideraban que los recursos horas-hombre/económicos y destinados

a la Constructabilidad eran recurso inútiles, pero conforme el concepto fue dándose a conocer a través de pláticas, talleres e implementándose a nivel empresa y a nivel proyecto la forma de pensar fue cambiando dado que los beneficios ya no solo eran solamente intangibles si no beneficios tangibles tanto en costo, tiempo y calidad.

Referente al ambiente laboral los expertos opinan que es más agradable porque existe mayor integración entre los departamentos, la comunicación es mayor y de mejor calidad ya que existe la mentalidad de compartir la experiencia y los conocimientos con los demás, aparte de registrarse éstas en la base de datos; para ello se realizan pláticas de retroalimentación al final de cada proyecto.

En cuanto a nivel personal, el concepto de Constructabilidad ha contribuido en el proceso de aprendizaje continuo que se ha logrado a través de las pláticas de retroalimentación, lo cual a nivel profesional se ha logrando ascensos dentro de la empresa y/o incentivos y prestaciones debido a que la entrega de los proyectos se ha llevado dentro los tiempos acordados y con la satisfacción del cliente.

En la actualidad el concepto de Constructabilidad se ha ido implantando en cada uno de los departamentos y aplicados en cada una de las etapas de proyecto, aunque se han presentado problemas y contratiempos durante el proceso de la implantación han sido corregidos a tiempo debido a que la misión de la empresa es que la Constructabilidad forme parte de la cultura organizacional.

Tanto la firma de ingeniería como la constructora identifican a la Constructabilidad con las siguientes palabras claves:

- Eficacia de construcción.

- Conocimientos y Experiencias compartidas.
- Diseños construibles.
- Diseños realistas.
- Diseños con la construcción en mente.
- Optimización.
- Integración total de las etapas del proyecto.
- Lecciones aprendidas.
- Diseños más seguros.
- Trabajo de equipo.

## 11.0 CONCLUSIONES

Se puede concluir con el presente trabajo que el uso de una metodología de Constructabilidad en los proyectos proporciona a las empresas que lo aplican un valor agregado, ya que permite hacer uso de los conocimientos y experiencias que se va adquiriendo a través del tiempo, registrarlas y utilizarlas. Estos conocimientos y experiencias también pueden ser utilizados para la formación y/o capacitación de personal de nuevo ingreso en la empresa, es decir, lo que en otros tiempos, el hecho de que la empresa perdiera a un experto ya sea por razones personales o profesionales el formar nuevos expertos costaba tiempo, esfuerzo y dinero adicional.

Por otro lado la metodología de Constructabilidad fomenta la actitud de compartir, de trabajar en equipo para mejorar la comunicación, debido a que permite la integración total y oportuna de todas las etapas del proyecto y cada una de las disciplinas que intervienen, el invitar a participar activamente al cliente, proveedores y/o fabricantes de equipos principales de proceso, personal de operación es un logro muy importante ya que esta integración es uno de los aspectos más difíciles de lograr durante el desarrollo del proyecto.

La metodología de Constructabilidad debe ser implantada y tomada como una nueva cultura organizacional en las que cada uno de los participantes comparten con los demás los aciertos logrados; y al mismo tiempo se responsabilizan de errores generados durante su participación, no para señalar culpables sino con el fin de lograr un proceso de aprendizaje a través del desarrollo de nuevas estrategias.

La metodología de Constructabilidad también ayuda a prevenir o al mismo tiempo detectar problemas que puedan presentarse en el futuro y ser corregidos oportunamente.

La implantación de la metodología de Constructabilidad en el proyecto debe ser tomada como un compromiso personal, en el cual cada uno de los integrantes que participen, estén convencidos de que esta herramienta es útil para lograr grandes beneficios. Y a través de la experiencia en el uso de la metodología se verifique estos beneficios en los resultados finales.

El emplear la metodología de Constructabilidad al proyecto de construcción de una planta isomerizadora de pentanos y hexanos ya instalada, permite comprobar a través de los resultados de las listas de verificación de equipos de proceso generada para este proyecto en particular, que su uso juega un papel importante en su ejecución, aunque para esta planta el 100% de las actividades fueron aplicadas empíricamente, se observó que muchas de las actividades realizadas en el proyecto pudieron haberse optimizado o ser consideradas oportunamente en los diseños si se hubiese implementado formalmente la metodología de Constructabilidad propuesta y muchos de los errores presentados pudieron haberse eliminado o prevenido en su momento.

En otras palabras la aplicación de los conceptos de Constructabilidad no es otra cosa que el uso de las mejores prácticas de diseño y procura con el objetivo de eficientar la construcción, puesta en servicio, operación y mantenimiento de la planta.

En este caso de estudio se comprueba que efectivamente los beneficios mencionados en el marco teórico de este trabajo de investigación se pueden lograr al aplicar las mejores prácticas.

Estos beneficios que se pueden lograr se mencionan nuevamente:

- Consideración oportuna para identificar trabajos por sistemas modulares, prefabricación, preensamble e instrumentos prefabricados.

- Planeación temprana del arreglo de planta final con la participación oportuna del personal de operación, planeación de layout de edificios.
- Aportaciones al diseño de los conocimientos del proveedor de equipos principales, expertos de izajes.
- Distribución adecuada y oportuna de las áreas de fabricación con respecto a las áreas de trabajo.
- Ubicación oportuna de las oficinas permanentes, temporales de servicios, adecuadas zonas de riesgo, estaciones de servicios que contara el área de producción y espacios para almacenamiento temporal de piezas preensambladas así como las áreas de carga y descarga.
- Consideraciones oportunas en el diseño del uso de drenajes temporales, su elevación y pendientes de estos así como el uso de trincheras adecuadas para tuberías y colocación de válvulas.
- Accesos adecuados para los trabajos de construcción, para mantenimiento, para puertas para la movilización de grúas, grúas para equipos pesados, para retirar equipos críticos para su reemplazo
- Uso de manerales y tomas contra incendio, de plataformas para cada equipo para realizar su mantenimiento.
- Evitar la colocación de bombas o equipos por debajo de las líneas de tuberías así como la colocación de bombas o equipos en áreas de acceso restringido.
- Consideración oportuna de la altura, ancho, longitud para las rutas de acceso de equipos pesados, para escaleras armadas para acceder a todas las áreas requeridas, agrupar los equipos eléctricos en las áreas de peligro.
- Mejora en la ubicación de los controles con respecto a las áreas de operación así como el uso de paneles de techumbre removibles, grúas, elevadores y secciones de pared removibles, áreas de descarga a nivel para motores y otro equipo removido para motores.



- Consideraciones oportunas para de corredores subterráneos, módulos o skids paquetes con un programa modular, terminaciones de racks de tuberías abiertas, maximizar la construcción a nivel de suelo, entre otros.

Otros beneficios que se producen al utilizar la metodología de Constructabilidad se encuentran en las listas de verificación de arreglo de planta/equipo, torres, recipientes, bombas, intercambiadores y tuberías anexas en este trabajo.

En conclusión se puede comprobar a través de los resultados obtenidos en el caso de este caso de estudio en particular y por medio de las entrevistas realizadas a expertos en proyectos que la hipótesis que identifica este trabajo de tesis el cual refiere que "Aplicando los conceptos de la Constructabilidad en la ejecución del proyecto de una Planta isomerizadora de Pentanos y Hexanos a través de una metodología, se lograrán beneficios en reducción de costo, plazo de ejecución e incremento en la calidad, ya que es factible minimizar retrabajos, estandarizar el proceso constructivo y facilitar su terminación oportuna".

Es importante mencionar que este trabajo de investigación queda abierto para cualquier persona que tenga la oportunidad de aplicarlo a un proyecto en ejecución.

## 12.0 GLOSARIO DE TÉRMINOS

### **Administración de las Actividades de la Construcción**

Son las Responsabilidades directivas para el éxito de la terminación del proyecto incluyendo estimación de costo y programa, administración del contrato, coordinación y resolución de conflicto entre el equipo de proyecto; monitoreo y control de la construcción. La Constructabilidad es considerada a menudo como un subconjunto de actividades de administración de la construcción.

### **Administrador de Proyecto**

Persona asignada por la organización o por el contratista que tiene la autoridad y responsabilidad para la ejecución global del proyecto.

### **Administrador Profesional de la Construcción**

Organización con conocimientos en la construcción que proporciona servicios específicos al dueño. Estos servicios incluyen levantamiento de Constructabilidad emitido, ayudando en el desarrollo del documento del contrato, prepara programas, actúa como consultor en la coordinación para las actividades de procura del dueño y de la administración de contratos de la construcción.

### **Ahorros Documentados**

Son los ahorros estimados, ya sea en términos monetarios, ideas identificadas, generadas por la aplicación de la Constructabilidad, se pueden estimar con métodos tradicionales normalmente usados. Un estimado de orden de magnitud puede ser usado para determinar el monto de ahorros.

### **Archivo de Lecciones Aprendidas**

- ❖ Herramienta que permite al equipo aprender de sus logros y de sus errores para buscar un mejor desempeño en la próxima experiencia.
- ❖ Colección organizada de los conocimientos y experiencias de la construcción ganadas en el diseño de proyectos pasados que se guardan, actualizan y son accesibles para incorporarlos dentro del programa de Constructabilidad.

### **Arreglo Tradicional**

Arreglo contractual donde el dueño ha separado los contratos con una firma de diseño/ingeniería y otra del constructor. Generalmente, el trabajo de la construcción se ofrece competitivamente después de que los documentos de diseño definan claramente el alcance.

### **Barrera de Constructabilidad**

Inhibidor significativo que previene la implantación efectiva del programa de Constructabilidad

### **Cierre**

Paro planeado o accidental en las operaciones de una instalación.

### **Cierre del Contrato**

Terminación y arreglo del contrato, incluye resolución de algunos artículos abiertos.

### **Cláusula del Contrato**

Cualquier método por el cual las partes del contrato obtienen la experiencia en Constructabilidad. Tal método incluye propuestas, demandas y contestaciones así como las referencias hechas a la Constructabilidad en los documentos del contrato.

### **Comisionamiento**

Prueba de un sistema de líneas de operación normal de líquidos, gas de una planta. Después del comisionamiento la planta esta lista para la iniciar el arranque.

### **Constructabilidad**

Uso óptimo del conocimiento en construcción y experiencia en planeación, diseño, ingeniería, procuración y operaciones en campo para lograr los objetivos globales del proyecto.

### **Constructor o Contratista**

Organización responsable contractualmente para construcción de la instalación.

### **Consultor de Constructabilidad**

Firma o individuo, de otra manera el ingeniero/arquitecto o consultor contratado por el dueño para proporcionar el conocimiento en construcción y experiencia durante la planeación, diseño y actividades de procura.

### **Contrato**

Es un arreglo obligatorio mutuo que obliga al vendedor proporcionar el producto especificado y obliga al comprador a pagar por esto.

### **Coordinador de Constructabilidad**

Individuo designado para vigilar y facilitar el programa de implantación de Constructabilidad a nivel proyecto. Las responsabilidades típicas incluyen: arreglo de reuniones, solicitar comentarios de Constructabilidad del personal de campo, mantener un archivo de lecciones aprendidas y rastrear el ahorro atribuible al programa de Constructabilidad si es requerido.

**Costo de la Entrada de Constructabilidad**

Costo de todas las actividades relacionadas al esfuerzo de la Constructabilidad tal como salarios del personal de Constructabilidad (ejemplo, coordinador de la Constructabilidad y otros participantes), fuera del centro de los gastos propios de proyecto requeridos por el involucramiento temprano, y otros costos requeridos para el apoyo del programa de Constructabilidad.

**Diagrama Causa/Efecto**

Identifica todas las actividades necesarias para lograr satisfacer los requerimientos de calidad establecidos. La declaración del alcance, así como durante el desarrollo del diseño. También se usa para identificar las causas fundamentales de problemas de calidad y así llevar a cabo la acción correctiva necesaria para la mejora continua.

**Disciplinas**

Grupos clasificados de diseño por el tipo de trabajo, es decir, civil estructural, mecánica, eléctrica, tubería e instrumentación, entre otros.

**Dueño**

Organización que proporciona el financiamiento necesario del proyecto, aprobación y aceptación final.

**Dueño-Constructor**

Arreglo del contrato donde el dueño asume el riesgo en la instalación de la construcción. El dueño usualmente tiene en la oficina al personal de la construcción, maneja o realiza la construcción de la instalación.

**Entregable**

Cualquier resultado medible, tangible, comprobable o artículo que deben producir para completar un proyecto o parte de un proyecto. A menudo usado

mas estrechamente en la referencia de un entregable externo, el cual ese entregable está sujeto para aprobación por el patrocinador del proyecto o el cliente.

### **Esfuerzo Gastado en la Constructabilidad**

Número total de horas gastadas en el esfuerzo de Constructabilidad. Basado en los estimados de tiempo gastado de los participantes del proyecto en las actividades relacionadas a la Constructabilidad. Estas estimaciones pueden incluir una parte del tiempo gastado de unos participantes en la Constructabilidad y además de otros deberes asignados.

### **Estandarización**

Intento para diseñar elementos de una instalación de una manera consistente en semejanza al camino para promover la repetición, incrementa de productividad y reduce errores en campo.

### **Evaluación del Contratista**

Proceso en el cual el dueño aplica los criterios para elegir a los contratistas, para determinar su competencia en cuanto al desempeño de su trabajo, para determinar si se otorga o no el contrato. Los programas de la Constructabilidad de las organizaciones es un factor que se considera en esta evaluación.

### **Fase de Diseño Detallado**

Diseño actualizado y desarrollo de planos de la construcción y especificaciones.

### **Fase de Diseño Pre-Detallado**

Actividades realizadas antes del diseño detallado. Ejemplo de las actividades incluye: 1) Planeación Conceptual 2) Diseño de Proceso, 3) Ingeniería Preliminar 4) Diseño Conceptual, 5) Diseño Pre-esquemático, 6) Diseño Esquemático y 7) Sub-fases del desarrollo del diseño.

### **Fase de Ejecución**

Etapa de una duración del proyecto el cual diseño/ingeniería, procuración y construcción son logrados.

### **Fase de Planeación Conceptual**

Fase de un proyecto durante la cual se desarrolla la definición y el alcance del proyecto. En general, esta definición incluye la selección del sitio/instalaciones de layout, planeación del programa global del proyecto, factibilidad del costo y una definición detallada del diseño y pautas de construcción para el proyecto. La fase termina con el inicio del diseño detallado.

### **Ingeniería de Valor**

- ❖ Técnica para lograr identificar, organizar y crear los costos innecesarios en el producto o servicio, tomando en cuenta el ciclo de vida del proyecto. Consideramos costos innecesarios aquellos que no aportan calidad, uso, garantía, apariencia o características establecidas por el cliente. El objetivo de la ingeniería de valor es reducir costos, manteniendo o mejorando el valor del material o sistema.
- ❖ Rama de la ingeniería cuyo objetivo es efectuar la economía en el costo de la construcción de un proyecto. Evaluando cualquier función del objeto y mejorando el objeto en términos de costo medido en términos monetarios y cubriendo los objetivos funcionales.
- ❖ Es un acercamiento usado para optimizar el costo del ciclo de vida, ahorra tiempo, incrementa beneficios, mejora calidad, distribuye la expansión del mercado, soluciona problemas y/o usa recursos eficazmente.

### **Ingeniería-Procurement-Construction (IPC)**

Arreglo del contrato donde un dueño contrata una firma ingeniería/constructora para terminar el diseño y construir una instalación.

## **Involucrado**

Se define a organizaciones y personas que serán afectadas o beneficiadas por el desarrollo del proyecto.

## **Arreglo de Equipos del Proyecto Conceptual**

Planos preliminares para la localización de instalaciones permanentes y temporales que deben incluir la consideración de accesibilidad de sitio, establecer áreas y planos de drenaje/desagüe así como también una evaluación económica de la instalación del plano de localización general.

## **Lista de Verificación de Constructabilidad**

- ❖ Es la lista de lecciones aprendidas de Constructabilidad que se aplican en el proceso de diseño con el objetivo contribuir al logro de los objetivos del proyecto.
- ❖ Herramienta que sirve para confirmar efectivamente el desempeño de los factores incluidos en el diagrama causa/efecto, con fines preventivos.
- ❖ Listado de posibles riesgos que puedan ocurrir en un proyecto. Es usada como una herramienta en el proceso de identificación de riesgos que han sido encontrados antes de los proyecto.

## **Llave en Mano**

Arreglo del proyecto donde una sola organización realiza la ingeniería, procuración y construcción (IPC).

## **Mantenibilidad**

Uso óptimo del conocimiento y experiencia del mantenimiento de la instalación en el diseño/ingeniería de una instalación.



### **Método del Camino Crítico (CPM)**

Técnica de planeación y programación que usa las duraciones de la actividad de la construcción y sus relaciones precedentes y sucesoras para determinar esas actividades, afectando la duración total del proyecto.

### **Modularización**

- ❖ Uso de módulos en la construcción los cuales pueden reducir significativamente el costo de mano de obra, así como los problemas de calidad que puedan presentarse.
- ❖ División de una instalación en sistemas modulares que son ensamblados en una localización remota y es transportada para el sitio como una unidad para ser integrada en la instalación final construida.

### **Operabilidad**

Uso óptimo de conocimiento y experiencia de la operación en el diseño/ingeniería de una instalación.

### **Paquete de Trabajo**

- ❖ División lógica bien definida de tareas de construcción basada en los especialistas de construcción, localización dentro del sitio del proyecto, la fácil administración del contrato y “habilidad de la oferta” de contratos.
- ❖ Un entregable a nivel más bajo del WBS (Work Breakdown Structure), cuando ese entregable puede asignarse a otro administrador de proyecto para planear y ejecutar. Esto puede lograrse a través del uso de un subproyecto donde el paquete de trabajo puede descomponerse en actividades.

### **Paro**

- ❖ Tiempo u ocurrencia cuando una instalación no está en servicio.

- ❖ Término usado en el proceso y las industrias de fabricación para un cierre planeado de una instalación existente para realizar la prueba, reparación y/o reemplazo de la instalación de componentes, o añadir nuevos componentes.

### **Plan de Ejecución del Proyecto**

Programa integrado y coordinado para completar todas las actividades del proyecto y lograr todos los objetivos del proyecto. En orden a ser efectivo, semejante a un plan debe ser preparado por el dueño o su representante durante la fase de planeación conceptual del proyecto.

### **Planta Isomerizadora**

Planta en la cual se efectúa un proceso en el que se emplea como materia prima la gasolina producto de la destilación primaria y desulfurizada por la hidrodesulfurización. En este proceso también son arreglados o reacomodados los hidrocarburos de la gasolina, en presencia de un catalizador de platino o de cloruro de aluminio. El producto es la gasolina de alto octano y gas combustible.

### **Preensamble**

- ❖ Proceso por el cual varios materiales, componentes prefabricados, y/o equipos se unen en una locación remota para después instalarlos como una subunidad en el sitio; generalmente se enfoca a un sistema.
- ❖ Aplicación general de esta técnica es ensamblar varios componentes cerca de la localización del proyecto para después trasladarlos al sitio donde son requeridos. Esto permite que dos actividades puedan desarrollarse al mismo tiempo lo cual aumenta la productividad.

### **Prefabricación**

Proceso de fabricación, generalmente utilizado en construcciones especiales en las que varios materiales se unen para formar un componente de la instalación final (ejemplo, concreto precast, interruptor de equipos, válvulas de escape).

Los métodos de prefabricación pueden traslaparse. Reconociendo las ventajas de los componentes de fabricación de sistemas controlados, la prefabricación se ha convertido en un estándar industrial.

Encontramos componentes tales como acero estructural, muros de panel, vigas para las losas y pisos, ventanas y algunas veces los sistemas mecánicos y eléctricos del edificio, etc.

### **Procura**

Proceso de oferta, evaluación, compra de servicios, equipo y material necesario para completar un proyecto. Dependiendo del arreglo del contrato, el dueño del proyecto, arquitecto/ingeniero o constructor pueden ser responsables para las actividades de la procura.

### **Programa Asociado**

Programa a través del cual los dueños, profesionales del diseño, constructores y proveedores se enfocan en desarrollar una relación de administración del contrato que crea un equipo de proyecto de "Stakeholders" unido por una misión y objetivo común. Así la comunicación es reforzada y las relaciones adversas eliminadas. Las relaciones pueden ser en un término largo o bases de proyecto por proyecto.

### **Programa de Constructabilidad**

Documento en el cual se integra de manera sistemática el desarrollo y aplicación actividades de Constructabilidad .

### **Programa Formal de Constructabilidad**

Programa de Constructabilidad usado durante la planeación, diseño, procura del proyecto y actividades en campo que incluyen pautas escritas designadas a

los implantadores y proporciona los mecanismos de retroalimentación para facilitar el mejoramiento del programa.

### **Programa Sensible de la Construcción**

Practica de programación que establece una fecha final para la construcción y procedimientos secuenciales anteriores para determinar la duración disponible de cada actividad antes de la terminación de la construcción. Este procedimiento frecuentemente permite al programa de la construcción dictar los programas de diseño y procuración.

### **Rastreo Rápido**

Estrategia de ejecución del proyecto por el cual las actividades del diseño y de la construcción son realizadas concurrentemente.

### **Retrabajo**

- ❖ Esfuerzo extenso para rediseñar o reconstruir partes del proyecto debido al cambio de alcance, error de diseño y/o de campo.
- ❖ Acción tomada para traer un producto defectuoso o de no conformidad dentro de la complacencia con requerimientos o especificaciones.

### **Retroalimentación de la Construcción**

Proceso en el cual los resultados de acciones específicas realizadas en el campo son sistemáticamente reportados al dueño y/o arquitecto/ingeniero para mejorar la Constructabilidad de proyectos actuales y futuros.

### **Retrofit (Remodelado)**

Proyecto que involucra adiciones o modificaciones a instalaciones existentes.

### **Revisión de Constructabilidad**

Proceso de revisión continúa de documentos de diseño concurrentes con las actividades del diseño. Este proceso define el estado de implantación de la Constructabilidad, las áreas de mejora, las fortalezas y debilidades que se presentan en el proyecto con respecto a la Constructabilidad.

### **Stakeholders**

Individuos y organizaciones que están activamente involucrados en el proyecto y cuyos intereses pueden ser afectados en forma positiva o negativa por el éxito o fracaso del proyecto.

### **Subcontratista**

Contratista especializado que realiza una tarea bien definida que es parte de las primeras responsabilidades del contratista como es especificado bajo contrato con el primer contratista.

### **Vendedor y/o proveedor**

Individuo u organización que provee materiales, suministra y/o equipo fabricado. Los vendedores y/o proveedores pueden diseñar o fabricar materiales o equipos que requiera en el proyecto.

## Bibliografía

A Young James III, "*Constructability in the Design Firm*", 1996. AACE Transactions, pp V&C 2.1.

Chaumoun Nicolás Juan Yamal, "*Administración Profesional de Proyectos. La Guía*", 2002, Ian ediciones, México.

Geile PE Robert J. "*Constructability, the Stretch Versión*", Monsanto Co., AACE Transactions, 1996, pp 6.1-6.5.

González Álvarez José Antonio, "*Construcción por Paquetes de Trabajo*", 2002 junio.

Institute Industry Construction, "*Guía de Implementation*", Publication 34-1, 1993 Mayo, The University of Houston, Texas.

Institute Industry Construction "*Preview of Constructability Implementation*", Bureau of Engineering Research the University of Texas at Austin, Publication 34-2, 1993 February.

Institute Industry Construction, "*Summaries of ECI Value Enhancement Practices*", 1999 March, The University of Houston, Texas.

Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, "*Aplicación de PIMS en refinerías*", Vol. 11-12, ISSN 0188-7319, 1995 Noviembre-Diciembre, p.p.41

Kerridge Arthur E. "*Part 1. Plan for Constructability*", Hydrocarbon Processing, Houston, 1993 January, pp 135 -145.

Kerridge Arthur E. "*Part 2. Plan for Constructability*", Hydrocarbon Processing, Houston, 1993 February, pp 151 -158.

Leticia Lozano Ríos "*Apuntes del Curso de Gerencia de Proyectos*", 2002, Maestría en Ingeniería, Facultad de Química, UNAM.

López Ramos Manuel, "*Apuntes de la clase de Ingeniería de Costos*", 2002 Maestría en Ingeniería, Facultad de Química, UNAM.

Petróleos Mexicanos, "*Propósito, Visión y Organización de PEMEX*", 2003, Página de internet: <http://www.pemex.com>.

Petróleos Mexicanos, "*Carta del Director General, Raúl Muñoz Leos*", 2000, Página de internet: <http://www.pemex.com>.

Petróleos Mexicanos, "*Comparaciones Internacionales*", 2003, Pagina de internet: <http://www.pemex.com>.

Petróleos Mexicanos, "*PEMEX Internacional*", 2003, Pagina de internet: <http://www.pemex.com>.

Petróleos Mexicanos, "*PEMEX Refinación*", 2003, Pagina de internet: <http://www.pemex.com>.

Petróleos Mexicanos, "*Plan Estratégico 2001-2010*", Pagina de internet: <http://www.pemex.com>.

Proyect Management Institute "*A Guide to the Proyect Management Body of Knowledge. PMBOK Guide*", 2000, Pennsylvania.

Torres Robles Rafael, Castro Arellano J. Javier, "*Análisis y Simulación de Procesos de Refinación del Petróleo*", 2002, Instituto Politécnico Nacional, Alfa omega, México.

## ANEXOS



| ESPACIO                                 | DATOS IMPRESOS                | DESCRIPCIÓN   |
|---|-------------------------------|---|
| <b>INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b> |                               |   |
| <b>DATOS DEL PROYECTO</b>               |                               |   |
| 1                                       | PROYECTO No.                  | ANOTAR EL NÚMERO ASIGNADO AL PROYECTO.  |
| 2                                       | DESCRIPCIÓN                   | ANOTAR EN FORMA BREVE EN QUE CONSISTE EL PROYECTO, CUAL ES EL OBJETIVO QUE SE PERSIGUE AL REALIZARLO.   |
| 3                                       | LOCALIZACIÓN                  | ANOTAR EL LUGAR DE UBICACIÓN DONDE SE EJECUTA EL PROYECTO.  |
| 4                                       | CLIENTE                       | ANOTAR EL NOMBRE DEL CLIENTE.   |
| <b>DATOS DE DISCIPLINA</b>              |                               |   |
| 5                                       | CLAVE                         | ANOTAR LA CLAVE QUE IDENTIFICA A LA DISCIPLINA.   |
| 6                                       | DESCRIPCIÓN                   | ANOTAR EL NOMBRE DE LA DISCIPLINA.  |
| <b>INFORMACION DE CONSTRUCTABILIDAD</b> |                               |   |
| 7                                       | EXPERIENCIA NO.               | ANOTAR EL NÚMERO DE EXPERIENCIA SEGÚN CORRESPONDA.  |
| 8                                       | FECHA                         | ANOTAR LA FECHA EN LA QUE SE REGISTRA LA EXPERIENCIA.   |
| 9                                       | TITULO                        | ANOTAR LA PALABRA CLAVE QUE IDENTIFIQUE A LA EXPERIENCIA.   |
| 10                                      | DESCRIPCIÓN DETALLADA         | EXPLICAR EN FORMA DETALLADA EN QUE CONSISTE LA EXPERIENCIA.   |
| 11                                      | ETAPA                         | SELECCIONAR LA (S) ETAPA (S) DEL PROYECTO AL CUAL CORRESPONDE LA EXPERIENCIA.   |
| <b>IMPACTO ASOCIADO</b>                 |                               |   |
| 12                                      | OTROS                         | ANOTAR OTROS ASPECTOS QUE IMPACTARON EN EL PROYECTO Y QUE NO CORRESPONDEN A LAS ALTERNATIVAS DEL PUNTO 13. COMO SON MEJORA EN LAS COMUNICACIONES, MEJORA EN LAS RELACIONES DE TRABAJO, ENTRE OTRAS. |
| 13                                      |                               | SELECCIONAR EN EL RECUADRO EL (LOS) IMPACTO (S) QUE SE ASOCIA (N) LA EXPERIENCIA (S).   |
| 14                                      | COSTO/BENEFICIO               | EXPLICAR EN FORMA DETALLADA CUAL ES EL COSTO/BENEFICIO QUE SE LOGRA APLICANDO LA EXPERIENCIA.   |
| 15                                      | OBSERVACIONES                 | ANOTAR ALGÚN COMENTARIO ADICIONAL CORRESPONDIENTE A LA EXPERIENCIA, COMO PUEDEN SER BARRERAS ENCONTRADAS, INCENTIVOS O RECONOCIMIENTOS OTORGADOS, ENTRE OTROS.                                      |
| 16                                      | TIPOS DE PROYECTOS QUE APLICA | ANOTAR EN QUE TIPOS DE PROYECTOS ES APLICABLE LA EXPERIENCIA.   |
| 17                                      | REFERENCIAS                   | ANOTAR ALGUNA REFERENCIA BIBLIOGRAFICA O INFORMACIÓN TÉCNICA EN LA QUE SE APOYA LA EXPERIENCIA, NORMAS APLICABLES, CODIGOS, ESTANDARES, PROVEEDORES RECOMENDADOS, ENTRE OTROS.                      |
| 18                                      | REGISTRO                      | ANOTAR EL NÚMERO CONSECUTIVO DEL REGISTRO UNA VEZ QUE SE HAYAN LLENADO COMPLETAMENTE LA BASE DE DATOS.  |

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**INSTRUCTIVO DE LLENADO DE LA BASE DE DATOS DE  
LECCIONES APRENDIDAS**

**MAESTRÍA EN INGENIERIA Y  
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

**ANEXO A**

**2004**

Catalogo : Formulario

## Información General de Proyectos y Disciplinas

Datos del Proyecto | Datos Disciplina

PROYECTO:

DESCRIPCION:

LOCALIZACION:

CLIENTE:

Registro: 14 |  |  de 1

Salir

(1)

(2)

(3)

(4)

(17)

|   |         |      |
|---|---------|------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO   |         |      |
| INFORMACIÓN GENERAL (DATOS DEL PROYECTO) CONTENIDA<br>EN LA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS |         |      |
| MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y<br>ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS   | ANEXO A | 2004 |

(5)

Catálogo - Formulario

### Información General de Proyectos y Disciplinas

Datos del Proyecto   Datos Disciplina

CLAVE:

DESCRIPCION: INGENIERIA DE PROCESOS

Registros: 14 |  | 1 | 11 | 14 de 14

Salir

(6)

(17)

|  |         |      |
|--|---------|------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  |         |      |
| INFORMACIÓN GENERAL (DATOS DE LA DISCIPLINA)<br>CONTENIDA EN LA BASE DE DATOS DE LECCIONES |         |      |
| MAESTRÍA EN INGENIERIA Y<br>ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS                                    | ANEXO A | 2004 |



## LECCIONES APRENDIDAS DE CONSTRUCTABILIDAD

### INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO:

PROYECTO No.

LOCALIZACIÓN:

NOMBRE:

CLIENTE:

### INFORMACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD:

EXPERIENCIA No.

FECHA:

DESCRIPCIÓN DETALLADA:

TÍTULO:

DISCIPLINA:

### ETAPA:

Ingeniería Conceptual:

Procura:

Ingeniería Básica:

Construcción:

Ingeniería de Detalle:

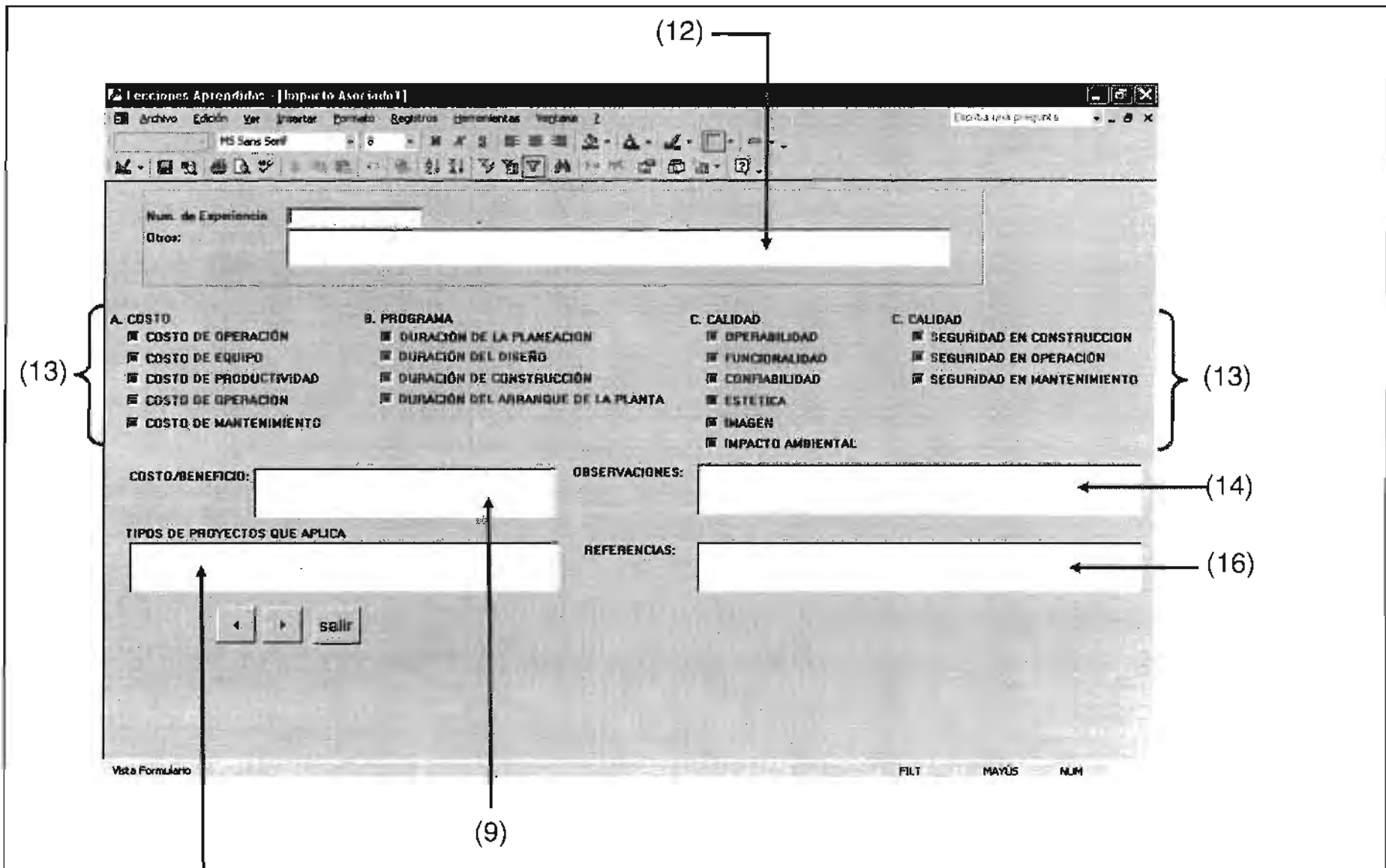
Arranque en Planta:

IMPACTO ASOCIADO:

Registro:   1 de 1

(17)

|  |         |      |
|--|---------|------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  |         |      |
| INFORMACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD (EXPERIENCIA APLICADA) CONTENIDA EN LA BASE DE DATOS DE LECCIONES |         |      |
| MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS   | ANEXO A | 2004 |



|  |         |      |
|--|---------|------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO                                |         |      |
| IMPACTO ASOCIADO CONTENIDA EN LA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS |         |      |
| MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS                   | ANEXO A | 2004 |

Lecciones Aprendidas - [Datos de Disciplina]

Archivo Edición Ver Herramientas Verdana ?

Escribe una primitiva

UNAM POSGRADO Universidad Nacional Autónoma de México

Lista de Verificación de Confiabilidad

| Nombre | Experiencia | Costo/Beneficio |
|--------|-------------|-----------------|
|        |             |                 |

UNAM AMBUSTAR@UNAM Junio, 10 de Septiembre de 2004

Página: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

|   |         |      |
|---|---------|------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO                             |         |      |
| HOJA DE REPORTE QUE GENERA LA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS |         |      |
| MAESTRÍA EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS                | ANEXO A | 2004 |

## ARCHIVO DE LECCIONES APRENDIDAS DE CONSTRUCTABILIDAD

### ARREGLO DE EQUIPO O PLOT PLAN GENERAL

| LECCIÓN APRENDIDA   | IMPLEMENTACION DE LA CONSTRUCTABILIDAD COSTO / BENEFICIO   |
|---|--|
| Decidir de manera temprana modularizar ya sea de manera parcial o a escala completa.  | Reduce costos y mejora el programa constructivo.   |
| Decidir un Plot plan final o arreglo de equipos de manera temprana y mantener en espera para planear. Cuando sea posible, obtener información del proveedor del equipo durante su desarrollo. | Minimiza el incremento de costos.  |
| Establecer una cerca permanente en el sitio que puede bien ser utilizada también como seguridad durante la construcción.  | Localizar en el Plot plan la cerca para su temprana colocación. Reduce la necesidad de instalar una cerca temporal de seguridad. |

### OFICINAS TEMPORALES

|   |  |
|---|--|
| Suministrar Layout de edificios y equipo para acomodar las áreas de prefabricación adyacentes a las áreas de trabajo y/o desarrollarlo en la misma área general.  | Mejora el programa de construcción y la productividad de los obreros y provee áreas para mantenimiento y entregas futuras. |
| Desarrollar el Plot plan para ubicar las oficinas temporales de servicios (áreas de descarga, estacionamientos, talleres de fabricación y oficinas) así como para oficinas permanentes (almacenes, caminos, estacionamientos, talleres de mantenimiento). | Reduce costos indirectos de construcción, mejora la productividad y apoya con los requerimientos de mantenimiento.         |
| Elevar y hacer pendientes en el Plot plan para facilitar el drenaje de aguas durante la construcción y en las oficinas permanentes. Considerar la utilización de drenaje temporal.  | Reduce el costo debido a que hay menos bombeo, socavación y trabajos de rellenado.   |
| Suministrar espacio de almacenamiento temporal para guardar piezas pre-ensambladas en sitio como parte de chimeneas y plataformas.  | Reduce el costo y mejora el programa de Construcción.  |

### CONCRETO Y CIVIL

|  |   |
|--|---|
| Agrupar equipo de tal forma que las masas de excavación puedan ser minimizadas y los trabajos de movimientos de tierra pueda ser equilibrado.      | Mejora la productividad y reduce el costo por desperdicios en materiales. |
| Agrupar equipo de tal forma que las plantillas o bases de cimentaciones largas o grandes puedan ser utilizadas en común, siempre que sea práctico. | Reduce el costo de construcción.  |

### GENERAL

|   |  |
|---|--|
| Desarrollar el Plot plan y el arreglo de equipos para permitir accesos adecuados para la construcción y el mantenimiento. Suministrar caminos anchos y puertas para la movilización de grúas. Suministrar el acceso de grúas para equipos pesados. Hacer trincheras más anchas de lo requerido para tuberías y la colocación de válvulas, así como para manerales y tomas contra incendio. Evitar la colocación de bombas o equipos debajo de líneas de tubería o en áreas de acceso restringido. | Reduce los costos de izaje y de mantenimiento y mejora la accesibilidad. |
| Verificar que el arreglo de equipos o Plot plan y la secuencia de construcción no cerrará rutas para equipo pesado ya sea por la altura, el ancho, la longitud o el peso en materia de restricciones. Orientar equipos para acomodar rutas de transporte de los equipos pesados.  | Reduce los costos de transportación pesada.                              |
| Suministrar escaleras amadas (no de aluminio o de   | Reduce los costos de mantenimiento y mejora                              |

|   |  |
|---|--|
| madera de un solo plano) para acceder a todas las áreas requeridas y para mantenimiento. Suministrar acceso en lo mayormente posible.   | la accesibilidad.  |
| Arreglar los equipos para apoyar las operaciones como sigue: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar layout propuestos con personal de operaciones para suministrar el arreglo más eficiente.</li> <li>• Determinar la mejor ubicación de los controles para embonar con las áreas de operación y suministrar una vista del equipo.</li> <li>• Considerar donde puedan existir emergencias, estaciones de servicio localizadas a lo largo del área de producción.</li> <li>• Mejorar medidores de aceite para facilitar el acceso de operación.</li> <li>• Arreglar el equipo lo más cerrado o cercano de acuerdo al diagrama de flujo de operación lógico lo más posible por medio de la agrupación de equipo por proceso.</li> <li>• Diseño de estaciones dentro de áreas de producción de multi-proceso para reducir la sensibilidad y lograr exactamente los rangos de producción de la planta.</li> <li>• Suministrar plataformas de interconexión entre equipo lo más amplio posible.</li> </ul> | Reduce el número requerido de operadores y baja en tiempo de equipos parados, mejora la seguridad y el tiempo de respuesta del operador. |
| Revisar el acceso para retirar equipo crítico para reemplazo especialmente para equipos grandes que no pueden ser manipulados de forma manual. Considerar paneles de techumbre removibles, grúas, elevadores, y secciones de pared removibles. Suministrar áreas de descarga a nivel para motores y otro equipo removido para mantenimiento. Considerar la instalación de equipo de repuesto o usado.   | Reduce el tiempo perdido de equipos y costos de mantenimiento.   |
| Considere el tamaño del equipo para mantenimiento existente cuando se establezcan alturas de colocación de equipos y cuando se localizan los equipos arriba de nivel de piso. Establecer pasillos lo suficientemente largos y grandes para la utilización de mini grúas.  | Reduce los costos de mantenimiento.  |
| Permitir espacio para la expansión de oficinas temporales o permanentes funcionalmente para minimizar los requerimientos de demolición.   | Minimiza las interrupciones operacionales.   |
| <b>ACCESABILIDAD PARA EQUIPOS</b>   |  |
| Hacer que un especialista de izajes revise el Plot plan o arreglo de equipos para asegurar que los izajes pesados puedan ser realizados.  | Reduce el costo de izajes y construcción; mejora la seguridad.   |
| Ubicar corredores de servicios subterráneos de tal forma que trabajos subterráneos no afecten la construcción ni las cimentaciones de gran profundidad.   | Mejora los accesos requeridos para instalación.  |
| Permitir espacio para tubería e instrumentación cercana a equipos.  | Reduce costos de izajes.   |
| Considerar la máxima utilización de equipos grandes de construcción para juegos grandes de recipientes desde una ubicación mediante la reubicación de recipientes para que estén dentro de los límites de utilización de las tablas de capacidad de las grúas.  | Reduce los costos de izajes (grúas).   |
| Suministrar plataformas en equipos para facilitar el mantenimiento de rutina.   | Reduce los costos de mantenimiento.  |
| Considerar los requerimientos de mantenimiento cuando   | Mejora la accesibilidad y reduce los costos de   |



|  |                |
|--|----------------|
| se este diseñando pasillos o corredores permanentes, escaleras planas, escaleras convencionales, plataformas y elevadores. | mantenimiento. |
|--|----------------|

### SERVICIOS

|  |                |
|--|----------------|
| Agrupar los equipos eléctricos en las áreas de peligro. Reducir los rangos de riesgos en los equipos y en los alrededores.   | Reduce costos. |
| Orientar el Plot plan o arreglo de equipo para la mejor utilización de la infraestructura existente y para minimizar las trayectorias de tubería y cableado eléctrico. | Reduce costos. |
| Considere instalaciones subterráneas en equipo que se encuentre por encima del nivel del suelo. También considerar el impacto en el equipo de construcción.            | Reduce costos  |

### SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN

|  |   |
|--|---|
| Arreglar la distribución del equipo para facilitar la secuencia de construcción.   | Mejora el programa de construcción  |
| Asegurarse de que el Plot plan y el arreglo de los equipos como contingencia permita la entrega tardía de equipos pesados o grandes de tal forma que otros trabajos puedan continuar y el arribo tardío de los equipos pueda ser realizado sin problema. Arreglar el Plot plan y la consistencia del equipo mediante el empleo de módulos o skids paquetes con un programa modular completo o parcial. | Mejora el programa de construcción, reduce los costos de instalación y previene el retrabajo. |
| Ubicar corredores de servicios subterráneos de tal forma que trabajos subterráneos no afecten la construcción ni las cimentaciones de gran profundidad.  | Mejora el programa de construcción  |
| Utilizar un Software como por ejemplo: el Programa CRANE para estudios de izaje.   | Incrementa la productividad. Ahorra horas de trabajo de campo = ahorros en costos.            |

### OFICINAS TEMPORALES

|   |   |
|---|---|
| Dejar terminaciones de racks de tuberías abiertas. Diseñar tubería en secuencia de tal forma que pueda ser instalada junto con los puentes estructurales. | Mejora el programa de construcción.   |
| Arreglar equipo para reducir la longitud de los racks de tubería.   | Hacer arreglos para reducir las configuraciones "T", etc. que requieren más racks de tubería. Reduce costo. |

### CONCRETO Y CIVIL

|  |  |
|--|--|
| <p>Suministrar Layout/arreglo de equipos para apoyar las siguientes consideraciones de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximizar la construcción a nivel de suelo en lo más posible.</li> <li>• Proveer accesos directos y pasillos para minimizar el congestionamiento y sus riesgos y hacer rutas de evacuación para emergencias.</li> <li>• Localizar el equipo nuevo lejos de equipo existente para minimizar el uso de permisos de trabajo en caliente.</li> <li>• Separar las cimentaciones nuevas de las unidades existentes para minimizar los requerimientos de colocación de pilotes.</li> <li>• Consolidar las áreas de protección auditiva.</li> <li>• Suministrar localidades para regaderas de Seguridad y lavabos de ojos.</li> <li>• Localizar materiales peligrosos dentro de una demarcación con línea amarilla en algún lugar alejado dentro del proyecto.</li> </ul> | Mejora de manera general la seguridad durante la construcción y la operación de las instalaciones. |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizar equipo de tal forma que pueda ser monitoreado por pantallas en caso de incendio y que los equipos de bomberos puedan acceder libremente.</li> <li>• Suministrar acceso para visitantes separado del acceso de operaciones.</li> <li>• Localizar o separar equipo de tal forma que se minimicen los requerimientos de protección contra fuego de los equipos.</li> </ul> |  |
|--|--|

### MISCELANEOS

|  |  |
|--|--|
| Suministrar espacio adecuado para regaderas, casilleros, y lugares para cambiarse de ropa y en general instalaciones de servicios de baños para el personal si es requerido. | Previene cambios costosos después de haberse dado cuenta de que se requerirán. |
| Localizar fosas de tiraderos de basura cerca de las orillas del Plot plan del proyecto.  | Reduce los costos de operación.  |
| Orientar las instalaciones para contar con la mejor vista placentera de la gente.  | Promueve buenas relaciones laborales.  |

### CIVIL

#### ESCAVACIONES Y RELLENOS

|   |   |
|---|---|
| Evitar excavaciones abajo del nivel de manto frático cuando sea posible. Investigar alternativas de esquemas de cimentaciones.                  | Reduce los requerimientos de drenado de agua.   |
| Especificar los diferentes requerimientos concernientes al relleno y compactación para áreas de tráfico, áreas de no-tráfico y áreas de izajes. | Requerir el reporte de resistencia de suelo para divulgar esta información.<br>Eliminar compactaciones innecesarias en áreas no estructurales y en áreas de no-tráfico.       |
| Utilizar material granula o de fabricación geotérmica, entarimados o concreto en las bases de las excavaciones.                                 | Técnica de Construcción.<br>Suministra áreas de trabajo secas: también<br>Áreas niveladas para la colocación de estructuras, acero de refuerzo o piezas con formas definidas. |
| Evitar la utilización de pilotes cuando sea necesario.  | Ahorro en tiempo y en operaciones.  |
| Establecer las mínimas elevaciones para excavación. Si es posible excavar en masa.  | Cimentaciones múltiples que pueden ser colocadas en un área que puede ser abarcada por una sola máquina. Reduce el uso de trincheras.   |

#### CAMINOS Y ÁREAS

|   |   |
|---|---|
| Suministrar agua y corredores de agua para la construcción.   | Un diseño temprano de drenaje e instalaciones de recolección. Reduce requerimientos de drenado de agua; suministra mejores condiciones de trabajo.          |
| Asegurar que el trabajo en sitio de corte y relleno sea balanceado.   | Evita la necesidad de importar o exportar materiales. Ahorra los recursos naturales.  |
| Asegurarse de que los bancos de materiales han sido ya identificados antes de que se asigne el contrato civil.  | El mejor método es cuando se cuenta con ello en sitio y con un área de tiradero de sobrante. Ahorra programa y costo.                                       |
| Ser precavido de que el relleno para lograr el nivel final del proyecto se haga cerca de la finalización del mismo. Algunos sitios requieren de esto antes. | Se requiere direccionar una especificación de rellenos finos para nivelación final en este aspecto. Elimina disputas de que quién hizo, qué y en que sitio. |
| Identificar localidades para acceso para agua para construcción en sitios de trabajos secos.  | Considerar la existencia en sitio de hidrantes o pipas. Evita dañar las calles de la ciudad o del estado por el equipo de construcción pesado.              |
| Utilice caminos permanentes y drenajes para suministrar buenos accesos y movilidad durante la construcción.   | Diseño de caminos y drenaje en una etapa suficientemente temprana para permitir su utilización en sitio. Incrementa la                                      |

|  |   |
|--|---|
|  | productividad, seguridad y la utilización del equipo. |
|--|---|

### **TUBERÍA ENTERRADA E INSTALACIONES**

|  |   |
|--|---|
| Asegúrese que los planos típicos muestran los requerimientos de materiales para instalaciones bajo tierra.   | Mejora la procuración de material.  |
| Coordinar todo trabajo de tubería enterrada.   | Desarrollar un Plan de Trabajos Subterráneos el cuál es una herramienta excelente para la planeación y reduce la posibilidad de interferencias, sirve como controlador de operaciones también.          |
| Suministrar un programa de excavaciones; Considerar tubería galvanizada o con protección anticorrosiva.  | Esto hará que el proyecto pueda comprar por mayoreo esos materiales. Ahorro en costos.  |
| Maximizar el uso de piezas de concreto precolado.  | Hacer una lista sugerida de piezas de concreto precolado que puedan ser empleados en el sitio desde el inicio de diseño. Reduce la cantidad de realización de colados en sitio.                         |
| Diseñar y coordinar los trabajos subterráneos mediante su contemplación en el programa de construcción.  | Incrementa la productividad. Ahorra horas de trabajo = ahorro en costos.  |
| Utilizar trincheras de excavación comunes para tubería enterrada donde sea posible utilice bancos de cables.   | Minimiza la disrupción del sitio en periodos pico de trabajo.   |
| Desarrollar un plano compuesto para todas las actividades subterráneas (cimentaciones, tubería y eléctrico), ya sean temporales, nuevos y existentes.  | Integrar el diseño de trabajos subterráneos con las instalaciones existentes. Suministra una herramienta excelente de planeación y también reduce la posibilidad de interferencia.                      |
| Diseñar tubería enterrada, bancos de ductos y trabajos de ductos de manera temprana de tal forma que puedan ser instalados durante el trabajo de cimentaciones en el proyecto.                 | Diseñar los trabajos subterráneos en la fase civil del proyecto. Minimiza la disrupción del sitio durante periodos pico de trabajo y suministra un trayecto o corredor para el jalado del primer cable. |
| Especificar qué líneas enterradas requiere de material de soporte y que puede ser utilizado en los requerimientos de compactación también. Mostrar una selección de planos típicos.            | Auxilia la construcción y su planeación y al mismo tiempo se asegura que el material apropiado es ordenado.   |
| Coordinar el montaje de instalaciones subterráneas. Desarrollar un plan para asegurar que los trabajos de tubería subterránea se completen antes de que inicien los trabajos de pavimentación. | Utilizar trincheras de manera común y movimientos de material a grandes masas. Reduce el tiempo en que las trincheras deben estar abiertas y el general el número total de trincheras.                  |

### **LAYOUT DEL SITIO Y TOPOGRAFÍA**

|   |   |
|---|---|
| Emitir planes de colocación de un cercado de manera temprana para utilizarlo en la planeación de la seguridad.  | Incrementar la productividad. Ahorra horas hombre de trabajo = ahorro en costos   |
| Planear el Layout para ganar maximizar la utilización de equipo de compactación de auto propulsión.   | Permitir la máxima distancia entre cimentaciones para la utilización de equipo de compactación. Reduce la cantidad de trabajo manual.                         |
| Establecer un control de topografía permanente de tal forma que las estructuras pueden ser colocadas y los equipos de topografía estén listos colocados en sitio. | El involucramiento temprano de ingenieros de sitio elimina la necesidad de restablecer el control básico de topografía y la inherente posibilidad de errores. |

### **CONCRETO**

#### **DISEÑO DE CIMENTACIONES**

|  |  |
|--|--|
| Incorporar cimentaciones pequeñas en el diseño de áreas de plantillas que las puedan recibir.            | Elimina el alto costo de tener cimentaciones pequeñas.                           |
| Diseñar cimentaciones en áreas congestionadas con plantillas de concreto a la misma elevación utilizando | Ayuda al Layout, elimina excavaciones detalladas, reduce el costo de plantillas. |

|   |   |
|---|---|
| plantillas comunes siempre que sea posible.   |   |
| Extender las dimensiones de la losa 4" cuando se coloquen muros por encima de ella para dar espacio desde afuera de la losa.  | Provee una superficie de trabajo sonante para el Layout y para la forma de colocación.  |
| En cimentaciones de equipos grandes, colocar un ancla 2" más o menos arriba para que actúe como guía cuando se coloque el equipo.   | Reduce equipo y herramientas requeridas para la colocación del equipo.  |
| Diseñar cimentaciones en losas a nivel de suelo sin banquetas.  | Requiere menos Layout, excavación detallada y varilla.  |
| Utilizar formas rectas y planas en superficies en vez de secciones salidas u otras complicadas de concreto.   | Simplifica el Layout, trabajo de habilitado y armado de acero de refuerzo; reduce las posibilidades de error.   |
| Estandarizar las dimensiones entre columnas de acero.   | Maximiza la utilización de elementos estandarizados.  |
| Evitar las cimentaciones circulares para equipos que sean mayores a 4 pies en diámetro, la cimentación debe ser octagonal o de otra forma fácil de construir por el uso de formas estándares. | Elimina la necesidad de sistemas costosos de cimbra.  |
| Estandarizar los tamaños de las cimentaciones para bombas, racks de tubería, estructuras y otros soportes misceláneos.  | Toma ventaja de la curva de aprendizaje más el factor de rehúso.  |
| Dimensionar el tamaño de las cimentaciones de concreto y estructuras para hacer una máxima utilización de formas y tamaños comerciales.   | Utilizar elementos de 6" en incremento para cimentaciones y de 2" para superestructuras. Reduce la necesidad de utilizar cimbra hecha en específico para cada caso. |
| Hacer cimentaciones de manera temprana en el programa de construcción para permitir la colocación fácil del concreto. Tubería subsecuente y ductos eliminarán los accesos libres.             | Programarlos de forma secuenciada o relacionada. Reduce el retrabajo.   |

#### **PILOTES**

|   |  |
|---|--|
| Investigar el costo de cimentaciones a diferentes profundidades; por ejemplo: cajones de aire comprimidos, pilotes H o pilotes de concreto. | Reduce el costo y mejora el programa constructivo. |
|---|--|

#### **CONCRETO PRECOLADO**

|   |  |
|---|--|
| Estandarizar el uso de registros prefabricados, cajas de jalar y otros elementos misceláneos de concreto.                                     | Reduce la cantidad en sitio de colar en el lugar preciso.  |
| Diseñar estructuras de concreto para permitir la construcción de pre-colados donde sea posible el ahorro en costo o en programa constructivo. | Cuando los diseños sean posibles los ahorros se debe incorporar detalles para el ensamble después del precolado. |

#### **VARILLA O ACERO DE REFUERZO**

|  |   |
|--|---|
| Eliminar el uso de diferentes grados de varilla de acero de refuerzo.  | Reduce las oportunidades de instalar acero de refuerzo erróneo. |
| Reducir el número de varillas (acero de refuerzos) en un lugar de colocación de concreto mediante la utilización tamaños grandes de varillas (acero de refuerzo) mediante el incremento del espacio requerido. | Reduce los costos de las horas de trabajo.                      |

#### **CAMINOS Y PAVIMENTACIÓN**

|   |   |
|---|---|
| Utilizar materiales de fabricación Geotécnica en la construcción de caminos o en caminos permanentes para asentar la base, también en áreas bajas.  | Técnica de construcción para reducir el espesor de la base. Reduce el retrabajo de mantenimiento y reduce la construcción.                                    |
| Incluir caminos permanentes en la planta y áreas pavimentadas en la vecindad de corredores de tubería y en áreas de tráfico pesado en el paquete de Preparación del Sitio para una construcción temprana. | Especialmente, en caminos de asfalto y en encintados. Evita daños a las calles del estado o de la ciudad debido al tránsito de equipo pesado de construcción. |
| Detallar y suministrar entradas, laterales y caminos de concreto especialmente a la entrada del sitio, incluir esto en el paquete de Preparación del Sitio.   | Especialmente, en caminos de asfalto y encintados. Evita el daño a la ciudad o estado en sus calles para el tránsito de equipo pesado de construcción.        |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Utilizar elementos de acero o metálicos en vez de elementos de madera como moldes o cimbra en las uniones de áreas pavimentadas. | Reduce costos de formado. |
|--|---------------------------|

### **ANCLAS Y EMBEBIDOS**

|  |  |
|--|--|
| <p>Cuando sea práctico, estandarizar las anclas como sigue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificar material consistente, longitud y tratamientos requeridos.</li> <li>• Minimizar el uso de diferentes diámetros (Utilice incrementos mínimos de ¼" cuando se requieran diámetros diferentes)</li> <li>• Especificar rondana y tuerca con relación al ancla "J"</li> </ul> | Reduce la oportunidad de instalar anclas equivocadas y el tiempo requerido para manejar y ordenar tornillos. |
| Emitir listas de anclas de manera temprana, especialmente si existen requerimientos de acero aleado especial o de galvanizado en caliente.   | Reduce el tiempo de entrega de las anclas y apoya en el programa de construcción.                            |
| Utilice camisas para anclas para anclas en cimentaciones de equipos.   | Permite movimientos menores de las anclas durante la colocación del concreto.                                |
| Diseñar embebidos con cara de concreto.  | Facilita el formado.   |
| Suministrar embebidos adecuados en superficies de concreto para aditamentos misceláneos como marcos de puertas, extinguidores de fuego y rieles.   | Elimina la necesidad de utilizar sostenedores mecánicos para sujetar elementos estructurales.                |
| Los embebidos deben ser diseñados para ser embutidos en la cara del concreto. Los claros para anclas y elementos embebidos deben ser identificados en los planos.  | Si es necesario, el remanente del objeto puede ser soldado. Facilita el formado.                             |

### **LAYOUT DEL SITIO Y TOPOGRAFIA**

|   |  |
|---|--|
| Utilice camisas para anclas para anclas en cimentaciones de equipos.  | Permite movimientos menores de las anclas durante la colocación del concreto.  |
| Considerar de manera temprana en el proyecto si la cantidad de concreto en el proyecto garantiza el empleo de una planta de concreto en sitio. Desempeñar una inspección apropiada si es requerido. | Se acorta el tiempo de traslados de concreto y el uso de camiones revolvedores. Ahorra dólares en costos de concreto y el tiempo de entrega se reduce. Programando el concreto esta en el control del sitio. |

### **GROUT**

|  |   |
|--|---|
| Suministrar "Agujeros de Drenaje" con salidas o bolsas de grout de tal forma que el agua pueda escapar.  | Previene de daño a la columna de acero si el agua se libera antes de que se coloque el grout.   |
| Revisar el uso de grouts epóxicos.   | Utilizar solamente cuando sea necesario por especificaciones de vendedores y por requerimientos. <b>Costo y trabajo prohibitivo.</b>                  |
| Revisar especificaciones del tipo de grout, preparación de superficie, instalación y almacenamiento.   | Obtener una lista de las preferencias del cliente en el tipo de grout requerido. Permite la requisición de materiales a tiempo; elimina el retrabajo. |
| Claramente definir responsabilidades para la colocación de grout.  | Claramente definir líneas de responsabilidad en los paquetes de alcance de trabajo de contratistas. Evita la confusión y duplicación en esfuerzos.    |
| Establecer espesores de grout para acero estructural y para los soportes de los equipos entre 1" y 2" máximo.  | Promueve una instalación uniforme.  |
| Obtener una lista de las preferencias del cliente acerca de los tipos de grout y sus proveedores o fabricantes.  | Permite la requisición a tiempo del material y elimina el retrabajo.  |
| Eliminar la colocación de grout en equipos siempre que sea posible. Diseñar el montaje de equipos de tal forma que permita una remoción fácil y una reinstalación durante los procesos de mantenimiento. | Reduce el tiempo perdido y los costos de mantenimiento.   |

## ESCALERAS, ESCALONES Y PLATAFORMAS

|   |   |
|---|---|
| Diseñar y erigir escalones permanentes, plataformas, y escaleras planas tan pronto como sea práctica.   | Reduce la necesidad de accesos temporales y del uso de andamiaje y mejora la seguridad en sitio.              |
| Suministrar escaleras planas, escalones y plataformas para operadores y mantenimiento adecuados todos para que el personal accese para desarrollar trabajos requeridos en equipo de producción. El diseño debe incluir consideración para herramientas, materiales, refacciones y demás requerimientos de reparación de los equipos | Mejora la seguridad y la productividad.   |
| Pre-ensamble en taller, a las extensiones mayores posibles, escaleras planas, escalones, pasos de gato y plataformas misceláneas.   | Reduce el ensamble en campo y el tiempo de erección.  |
| Investigar el uso de varios sistemas de manufactura para pasamanos, barandales y plataformas de descanso. Realizar escaleras pre-ingenieradas de torres.  | Reduce las horas de instalación en sitio.   |
| Corte y limpie en el taller los barrenos requeridos en emparrillados para penetraciones de tubos.   | Reduce el trabajo de campo  |
| Maximizar el uso de sistemas de emparrillado para pisos en vez de piso a base de placa, siempre que sea posible.  | Reduce costos.  |
| Estandarizar tamaños de barrenos en emparrillados para penetración de tuberías.   | Cortar y limpiar barrenos en el taller como son requeridos para su estandarización. Reduce la labor de campo. |

## PRE-ENSAMBLE

|  |  |
|--|--|
| Detallar bahías altas de acero en una manera que permita la fabricación de sistemas de techumbre a nivel de suelo.   | Seguro en su instalación y acelera el programa.                                |
| Ingeniería deberá suministrar Planos de Racks Cargados para instalación o erección de racks de tubería y para planeación de Modularización.  | Iniciación temprana en la colocación de racks de tubería. Procuración/Erección |
| La Modularización de racks de tubería requiere la revisión de la capacidad práctica de fabricación en longitudes hasta 30 metros e instalación con racks de tubería a base de acero, como sean instalados los niveles de los racks (Incluyendo la ruta de arroyo). | Reduce las soldaduras en sitio. Baja el costo e incrementa la productividad.   |

## FABRICACIÓN

|   |   |
|---|---|
| Obtener información de construcción para establecer la secuencia de entregas.   | Mejora el programa de construcción.   |
| Revisar la secuencia de entregas. Concentrar esfuerzos para la emisión de planos de acuerdo con las prioridades acordadas con construcción. Detallar acero ejecutable.  | Mejoramiento del programa de construcción y la instalación.                       |
| Checar elementos misceláneos para trabajos de acero, así como bastidores de equipos, arquitectónicos, etc. que no aparecen en los planos estructurales. Asegurar que esos elementos están incluidos en el alcance del proveedor, paquetes de contratos u ordenes de compra. | Incrementa la productividad. Ahorra horas de trabajo de campo = ahorro en costos. |

## DISEÑO DE ESTRUCTURAS

|   |   |
|---|---|
| Diseñar acero estructural con conexiones por tornillos en campo en vez de conexiones soldadas.          | Reduce la necesidad de soldadores de acero estructural y reduce el periodo de ensamble. |
| Minimizar el uso de miembros pequeños ya que para ello se requiere mucha mano de obra para instalar.    | Reduce los costos de instalación.   |
| Estandarizar los niveles de piso, si es posible, y localizar plataformas en incrementos estándares.     | Permite el detallamiento repetitivo, fabricación e instalación.                         |
| Revisar las alturas de los puentes de tubería con construcción, mantenimiento y personal de operaciones | Mantiene un acceso adecuado.  |

|   |  |
|---|--|
| para verificar los accesos de las grúas.  |  |
| En el diseño de acero estructural, utilizar una cantidad mínima de diferentes tamaños de miembros como sea posible, y evite la fabricación de piezas especiales o difíciles de fabricar. "Mantener lo más Simple" | Incrementa la productividad. Ahorra horas de trabajo = ahorros de costos.  |
| Estandarizar especificaciones, dimensiones y conexiones de campo.   | Revisar las dimensiones de la protección contra fuego del fabricante. Reduce los costos de fabricación /instalación. |

### UNIÓN POR TORNILLO

|   |   |
|---|---|
| Todo requerimiento de atiesadores para una estructura debe ser entregado antes de la primera entrega de estructura y debe ser acompañada de una lista de descripción, tamaño, calidad e identificación. | Incrementa la productividad. Ahorra horas de trabajo = ahorros de costos. |
| Especificar un procedimiento simple para cumplir con los requerimientos mínimos de torque que sea útil para los obreros.  | Incrementa la productividad. Ahorra horas de trabajo = ahorros de costos. |

## EDIFICACIÓN

### APERTURA DE MUROS

|   |   |
|---|---|
| Desarrollar una especificación y solicitar marcos, puertas y materiales de manera temprana.   | Reduce los retrasos en el programa y la necesidad de material temporal.                 |
| Coordinar la unidad de albañilería con la unidad de estructura, HVAC, tubería y detalles eléctricos.  | Minimiza errores en apertura de muros, detalles de chapas y largueros.                  |
| Considerar el ancho y la altura de puertas interiores para el tránsito de equipo móvil.   | Reduce los costos de mantenimiento y de pérdidas de tiempo.                             |
| Identificar, de forma temprana en diseño los requerimientos de accesos para proceso, para eléctrico y algún otro equipo que es de dimensiones mayores.  | Minimiza el daño a las instalaciones y al equipo y apoya en el programa de instalación. |
| Considerar requerimientos para mantenimientos futuros durante el diseño de estructuras, especialmente cuartos a prueba de fuego y muros; por ejemplo: utilizar paquetes o juegos de cables o tubos para penetración de muros; y paneles de acceso y boquillas de puertas para la remoción y reemplazo de equipos. | Reduce tiempo perdido y costos de mantenimiento.  |
| Asegurar que las aperturas de las puertas son suficientemente grandes para lograr meter y sacar equipo.   | Reduce el retrabajo.  |
| Indique en planos y detalle todas las penetraciones para los pisos de servicio y muros que deben ser mostrados en los planos Civiles y Arquitectónicos.   | Reduce el retrabajo.  |
| Revisar requerimientos de bloqueo y asegure la localización correcta del bus eléctrico y la localización de los ductos.   | Reduce el retrabajo de bloqueos de buses o ductos.                                      |

### RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS

|   |   |
|---|---|
| Estandarizar los sistemas de pintura arquitectónica – estructural, arquitectura, equipo y tubería.                      | Mejora la productividad y reduce el retrabajo.                        |
| Estandarizar los acabados – techos acústicos, cubiertas de muros, pintura, mosaicos de cerámica o vinyl.                | Minimiza el almacenamiento y mejora la productividad.                 |
| Diseñe los esquemas de colores de manera temprana – edificación, equipo, y tubería.                                     | Previene la instalación tardía y ayuda a la terminación del programa. |
| Seleccione un sólo color para pintura de tubería y utilice las etiquetas para identificar la utilización de la tubería. | Mejora la productividad y reduce costos.                              |
| Identifique recubrimientos especiales que requieren ser colocados antes de la instalación del equipo.                   | Reduce la confusión y retrabajo requerido.                            |

### PROGRAMA

|  |                     |
|--|---------------------|
| Instalar los pisos del cuarto de control y cuarto de racks de manera temprana para ayudar con la instalación de sistemas y consolas. | Mejora el programa. |
|--|---------------------|

|  |  |
|--|--|
| Hacer trabajos de albañilería y acabados de manera temprana para permitir que otros inicien de manera temprana.  | Minimiza el daño y reduce el retrabajo.  |
| Instalar regaderas, ductos y eléctrico antes de la instalación de techos suspendidos.  | Minimiza el daño y reduce el retrabajo.  |
| Ordenar e instalar chapas lo más pronto posible para ayudar a mantener el edificio seco.   | Mejora la productividad y reduce el costo.   |
| Instalación del techo tan pronto como sea práctico.  | Mejora la productividad reduce costos.   |
| Ordene los elementos que se incluyen en los tocadores y baños debido a sus largos periodos de entrega.   | Ayuda en el programa de instalación.   |
| Desarrollar una especificación y ordenar el elevador de manera temprana.   | Reduce costos por retrasos.  |
| Desarrollar una especificación y ordenar elementos de los baños como muebles de manera temprana.   | Reduce costos por retrasos.  |
| HVAC y los sistemas de detección de humo son sistemas de la ruta crítica que deben ser completados para permitir la instalación de equipos de control. Revise la responsabilidad de quién lo compra, de manera temprana. | Incrementa la productividad. Ahorra en horas de trabajo de campo = ahorro en costos.                 |
| Comprar guarnición para montaje de cubiertas del techo de manera temprana para permitir su instalación antes de la instalación total del techo.  | Reduce el riesgo de dañar el techo y previene de retrasos con el contratista del techo.              |
| Considerar métodos de diseños que permitan la instalación de las paredes del cuarto de equipo después de la colocación de equipo pesado.   | Reduce costos y los retrasos en el programa.   |
| Establecer con información de Construcción referente a secuencia de instalación, prioridades para la fabricación de ductos en talleres externos.   | Permite un mejor control de programa y mejora la productividad de los obreros.                       |
| Proponer secuencias firmes para la fabricación de ductos y mantener procedimientos que requiera el fabricante para seguir el programa.   | Asegura que el ducto este disponible para su instalación y apoya en los requerimientos del programa. |
| Identificar, para una fabricación temprana, necesidades de ductos largos o grandes para ser instalados antes que corredores de tubería o eléctricos.   | Previene de retrasos en programa.  |

#### **DISEÑO Y CONSIDERACIONES**

|   |   |
|---|---|
| Maximizar el uso de sistemas de emparrillado para suelos.   | Elimina placas o platos del piso y suspende losas cuando es posible. Reduce costos.   |
| Estandarizar bahías.  | Repetición de dimensiones. Maximiza el uso de formas escuadradas en vigas de gradas, muros de cortinas y entre contrafuertes o pilares. |
| Investigar la utilización de sellos para puertas magnéticas en vez del tipo de ajuste atomillado.   | Incrementa productividad. Ahorra horas de trabajo de campo = ahorro en costos.  |
| Asegurar que la elevación del piso para computadoras (donde sea aplicable) es adecuada para permitir hacer uniones de cables dentro del equipo.   | Incrementa productividad. Ahorra horas de trabajo de campo = ahorro en costos.  |
| Cuando haya códigos de referencia, asegúrese de citar específicos en vez del código completo.   | Reduce confusión.   |
| Establecer información concisa de la ubicación de ductos en los planos para evitar interferencias con la tubería contra incendio y los rociadores.  | Mejora la productividad y reduce el retrabajo.  |
| Estandarizar los niveles de los pisos.  | Ubicación de plataformas con incrementos de 20-pies. Detallamiento repetitivo, fabricación e instalación.                               |
| Ubicar las unidades de manejo de aire para acomodar los serpentines vapor o de agua-fría. (Suministrar espacio adecuado entre la unidad y los muros o diseñar muros removibles de paneles para permitir la remoción | Reduce los costos de mantenimiento.   |



|  |  |
|--|--|
| de la protección o del recubrimiento.  |  |
| Revisar los planos de los ductos contra los planos de tubería o de eléctrico para evitar interferencias en el campo.   | Reduce el retrabajo y los retrasos en el programa.     |
| Las penetraciones para ductos de HVAC, tubería/conduit y acero estructural seguido resultan en fugas o goteras futuras requiriendo reparaciones costosas. Considerar métodos de diseño para minimizar problemas futuros. | Reduce costos de mantenimiento y costos de reparación. |
| Revisar los requerimientos de antibloqueo para asegurar la ubicación correcta para el bus eléctrico y la localización de su ducto.   | Reduce retrabajos de bloqueos o buses de ductos.       |

## **EQUIPO MECÁNICO INTERCAMBIADORES**

|   |  |
|---|--|
| Cuando se requieran bases deslizables, como en los soportes de los Intercambiadores, diseñarlos y procurarlos para que coincidan con el programa de instalación de la cimentación.  | Mejora el programa   |
| Cuando sea posible, modular las piezas grandes de equipo como son los hornos y calderas.  | Mejora la calidad y el programa y abate costos en el campo.                    |
| Asegurarse que el área requerida para la eliminación de las asas de tuberías esté claramente indicada en los planos de distribución de equipo, mecánicos y de tuberías y que las tuberías de agua de circulación y otras se hayan diseñado para que se les eliminen las asas en dicha área. | Mejora la seguridad y reduce costos de mantenimiento.                          |
| Coordinar la compra de material refractario para que se utilicen materiales frescos. Seguir las instrucciones del proveedor para su instalación.  | Minimizar costos de recalificación.  |
| Evaluar los materiales de la torre de enfriamiento, tales como madera tratada, concreto, fibra de vidrio, acero galvanizado y cerámica para optimizar costos de materiales, mano de obra y mantenimiento.   | Mejora los costos de ciclo de vida.  |
| Diseñar de modo que los intercambiadores y cabezales removibles tengan orejas para izado y que se hayan instalado en fábrica.   | Mejora las operaciones de andamiaje en la construcción y las de mantenimiento. |

## **BOMBAS, COMPRESORES Y EQUIPO ROTATORIO**

|  |   |
|--|---|
| Maximizar el uso de bombas en línea cuando el proceso y las especificaciones permitan su uso.  | Reduce costos, puesto que son fáciles de instalar.                            |
| Cuando sea posible montar en fábrica las bombas y motores acoplados directamente.  | Reduce mano de obra y costos de campo.  |
| Establecer requerimientos de la asistencia técnica de proveedores para la erección, el arranque y corridas de equipo e incluir los requerimientos en las órdenes de compra.  | Especifica los requerimientos y establece responsabilidades.                  |
| Tomar en cuenta requerimientos de mantenimiento al diseñar distribución de equipo. Permitir que haya espacio adecuado para aislar alguna pieza de equipo con fines de mantenimiento mientras que el equipo cercano permanezca en servicio. Algunas áreas de operación peligrosa requieren de un diseño especial, como son las bridas de bloque doble y purga (bridas duales de tubería ciega) adicionalmente a las válvulas normales en la tubería de compresores. | Reduce tiempo de interrupción de servicio y costos de mantenimiento.          |
| Embarcar los tornillos, empaques, etc. junto con el equipo, no solamente para la construcción, sino enviar refacciones para las pruebas de comisionamiento y arranque.   | Mejor control en el campo. Reduce la posibilidad de que se pierdan artículos. |

|   |  |
|---|--|
| Asegurarse que las placas base cuente con un número y tamaño adecuado de orificios para una lechada adecuada. | Mejora la productividad en el campo.   |
| Definir claramente en los planos todas las tolerancias de alineación, en frío y caliente, donde se requiera.  | Mayor productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos. |

### RECIPIENTES

|  |  |
|--|--|
| Maximizar el uso de bombas en línea cuando el proceso y las especificaciones permitan su uso.  | Reduce costos debido a su facilidad de instalación.  |
| Analizar los requerimientos especiales para el embarque de recipientes. Proveer de flejes de anillo u otro tipo de sostén, cuando se requiera.   | Reduce daños en el embarque y erección, así como el retrabajo resultante.  |
| Indicar las temperaturas mínimas de presurización (ambiente, de recipiente y de agua) para las pruebas hidrostáticas.  | Mejora la seguridad y la productividad y barata los costos del campo.  |
| Considerar el pre-ensamblar equipo previo a la instalación. Por ejemplo, instalar barandales, plataformas y aplicar pintura. Diseñar las chimeneas con conexiones bridadas, cuando sea posible.  | Mejora la seguridad y la productividad y baja costos de campo.   |
| Utilizar plantillas de tornillos de anclas/placas base del fabricante del recipiente (para recipientes de 48" y mayores) para facilitar una colocación adecuada.   | Técnica de Construcción. Asegura que la plantilla de los tornillos de ancla cumpla con los requerimientos de la placa base del recipiente. Elimina el re-trabajo en placas base. |
| Si es posible, los recipientes con centrífuga deben diseñarse para ser erigidos con las centrífugas instaladas en el cabezal antes de izarlos, para que se erijan completamente ensamblados.   | Mejora la calidad y seguridad y baja los costos en el campo.   |
| Verificar que las tolerancias de dimensiones para las charolas y sus partes internas se especifiquen y se fabriquen correctamente.   | Reduce la posibilidad de retrabajo en el campo y reduce costos de mantenimiento.   |
| Realizar un análisis de costos antes de especificar los tanques de acero al carbón con recubrimiento interior.   | Las aleaciones pueden mejorar la calidad y bajar los costos de mantenimiento.  |
| Proporcionar barra rebordeada instalada en fábrica para soporte del aislamiento en el piso y en la base.   | Simplifica la instalación y reduce costos.   |
| Revisar los requerimientos de aislamiento contra fuego en el interior de los recipientes. Eliminar por medio de tener una sola abertura en la base.  | Reduce costos  |
| Permitir suficiente espacio entre elementos como son las chaquetas de aislamiento, las plataformas, escaleras y guías de tubería.  | Elimina la necesidad de hacer ajustes en el campo y reduce costos.   |
| Proveer lengüetas de tierra a todos los tanques y equipo para instalar cables de tierra en el campo, en especial aquellos elementos que estén recubiertos. Orientar el equipo y las lengüetas para un terminado de conexión a tierra embebida. | Reduce la posibilidad de que se dañe el recubrimiento en el campo y mejora costos y programa.  |
| Desarrollar planos de escaleras y plataformas al inicio de la etapa de diseño para apoyar la instalación antes de erigir el recipiente. Fabricar las plataformas de recipientes lo más posible.  | Mejora la seguridad y calidad y reduce costos de campo.  |
| Instalar los dispositivos contra incendio y de aislamiento en fábrica, puesto que el proveedor puede soldar en el recipiente, lo que no puede hacerse en el campo.   | Mejora la calidad y baja costos.   |
| Proveer requerimientos de pruebas para todos los recipientes a presión sin fuego (hidráulico o neumático) para los fabricantes en taller y de campo. Probar los recipientes en fábrica.  | Puede reducir pruebas en el campo y costos.  |

### EQUIPO MONTADO EN PATINES

|                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Asegurar que se haya incluido en | Reduce re-trabajo en campo. |
|----------------------------------|-----------------------------|

|  |   |
|--|---|
| planos/especificaciones de diseño el sistema de drenaje para el equipo montado en patines.   |   |
| Especificar patines para equipo mayor, como son las turbinas con sistemas de aceite de lubricación integrados como parte del patín para que el lavado con aceite pueda realizarse en el taller.  | Baja los costos de campo y apoya un mejor arranque del equipo.  |
| Asegurar que el equipo montado en patines esté bien empacado para prevenir daños durante el embarque.  | Mejora la calidad y reduce el re-trabajo.   |
| <b>TRANSPORTACIÓN, IZAJE Y MANEJO</b>  |   |
| En las especificaciones de la oferta requerir que el proveedor diseñe y provea vigas especiales para el equipo y componentes que requieren izado como son los condensadores, turbinas y secadoras. Requerir que precedan el embarque de dichos componentes.  | Mejora programa y costos.<br>Refleja el costo general de cada pieza de equipo.  |
| Proporcionar herramientas permanentes de manejo de equipo como son monorrieles elevados y grúas puente, grúas de brazo pivotado, y anillos de izado de cadena para el movimiento y reposición de componentes de maquinaria pesada. Considerar especialmente el dar suficiente espacio para desmontar elementos especialmente largos como son los haces de tuberías y las flechas de los agitadores. Considerar el solicitar asas y orejas para levantar cubiertas como parte del nuevo equipo. | Reduce tiempo de arranque y costos de mantenimiento durante el primer año.  |
| Tan pronto sea posible, el Ingeniero debe proporcionar la siguiente información para formular un Plan Maestro de Izado Preliminar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lista de equipo con pesos y dimensiones</li> <li>• Planos ploteados</li> <li>• Planos de equipo</li> <li>• El modo de transportación propuesto y el programa de entrega.</li> </ul>  | Permite que el Proyecto establezca las siguientes "Decisiones Preliminares": Ahorro en costos y mejor control del programa del proyecto.                      |
| Requerir que los proveedores entreguen procedimientos de erección para compresores, bombas, chimeneas o cualquier requerimiento especial de izado.   | Mayor productividad. Ahorra horas trabajo en el campo = ahorro en costos  |
| Las requisiciones de materiales deben incluir la obligación del proveedor de entregar procedimientos escritos para cualquier requerimientos de izado especial.   | Mayor productividad. Ahorra horas trabajo en el campo = ahorro en costos  |
| Especificar puntos y orejas de izaje para que puedan utilizarse trailers no hidráulicos.   | Mayor productividad. Ahorra horas trabajo en el campo = ahorro en costos  |
| Embarcar los recipientes con orejas de izado para que no tengan que rodarse o reorientarse. Tomar en cuenta el espesor del aislamiento y el peso para el diseño de las orejas de izado para que el equipo esté aislado en posición horizontal previo a su colocación. Especificar en planos el plan de remoción de las orejas de izado, si lo hay.   | Mayor productividad. Ahorra horas trabajo en el campo = ahorro en costos  |
| Si se revisa la colocación del equipo y ocurren otras revisiones que afecten los planes de izado, asegurarse que el flujo de información entre diseño y construcción se ejecute expeditamente.   | Esto mantendrá a ambas partes conscientes de los cambios requeridos en el plan de izado y ayudará a evitar sorpresas. También es un beneficio costo/programa. |
| Estudiar el efecto de los movimientos de grúas y de otro equipo en la densidad de trabajadores permitida en áreas congestionadas y planear el trabajo de los turnos para evitar problemas de sobrecarga, ya sea de gente o de equipo.  | Proporciona un mejor control en el campo. Menos costos, mejor calidad y productividad y seguridad.  |
| Especificar que TODOS los dispositivos de embarque y temporales estén debidamente marcados (pintados de  | Mayor productividad. Ahorra horas trabajo en el campo = ahorro en costos.   |

|   |  |
|---|--|
| naranja) para que sean removidos después de la erección.  |  |
| <b>SEGURIDAD</b>  |  |
| Determinar los requerimientos de seguridad de todo el equipo: esto es, engranes, cadenas, bandas, equipo caliente, humos tóxicos y radioactividad. (Las guardas deben desmontarse fácilmente para mantenimiento). Estudiar los documentos del proveedor y consultar profesionales en seguridad.   | Mejora la seguridad general.   |
| Considerar la necesidad de equipo y ropa de protección especial. Estudiar los requerimientos de los documentos del proveedor.   | Mejora las operaciones de seguridad.   |
| Referirse a las especificaciones de operación del fabricante y definir los límites máximo/mínimo de desempeño del equipo.   | Asegura una utilización segura y eficiente del equipo.                                     |
| Determinar qué equipo y/o procesos puede ser operado más allá de los límites de diseño. Instalar dispositivos de limitación a prueba de fallas.   | Mejora las operaciones seguras.  |
| Diseñar guardas detalladas de equipo para el equipo rotatorio de gran magnitud.   | Permite la procuración de equipo con guardas de seguridad.                                 |
| <b>ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO</b>   |  |
| Proveer procedimientos para mantenimiento preventivo de artículos almacenados, así como para los que estén instalados previo al arranque.   | Mejora la calidad y reduce los costos de reposición.                                       |
| Emitir un programa completo de aceite de lubricación previo a que el primer equipo rotatorio llegue al sitio de trabajo. Considerar su emisión preliminar, si se requiere. Asegurarse también que se incluyan los requerimientos del propietario.   | Permite tiempo suficiente para pedir los materiales de lubricación.                        |
| Ingeniería debe expedir los manuales de operación, instalación y mantenimiento del proveedor para sistemas de paquete, bombas, compresores, agitadores y otro equipo rotatorio para asegurar su disponibilidad previa a la recepción del equipo.  | Permite la entrega oportuna de información del proveedor y apoya el programa del proyecto. |
| Asegurar que se protejan las bridas durante el embarque, almacenamiento e instalación de todos los recipientes.   | Mantiene las bridas en buenas condiciones y reduce el retrabajo.                           |
| Considerar en los planos finales que haya fácil acceso para mantenimiento de todo el equipo y accesorios, como son los gabinetes de control, válvulas, unidades de fuerza y filtros.  | Reduce costos de mantenimiento.  |
| Realizar un análisis de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad al equipo.   | Permite planear los esfuerzos de mantenimiento previos al arranque.                        |
| Tomar en cuenta los costos de reparación a largo plazo y el tiempo potencial de interrupción del equipo al aprobar las especificaciones del equipo de la planta; esto es, sistemas de lubricación integrados, motores a prueba de agua en lugar de los estándar, materiales de aleación en lugar de recubrimientos, materiales resistentes a la corrosión en áreas de flujo y materiales de aislamiento "non-friable" en áreas de alto calor. | Reduce los costos de mantenimiento y de ciclo de vida.                                     |
| <b>COORDINACIÓN Y PROGRAMACIÓN</b>  |  |
| Verificar que toda la tubería coincida con la ubicación final de las boquillas.   | Mejora la calidad y reduce el re-trabajo.  |
| Cuando se requieran bases deslizables como en los soportes de los intercambiadores, diseñarlas y procurarlas para que coincidan con el programa de cimentación.   | Mejora el programa   |

|  |  |
|--|--|
| Identificar las partes del trabajo mecánico que pueden trabajarse al principio para liberar el trabajo de tuberías, eléctrico y de instrumentación, evitando así picos críticos en la carga de mano de obra posteriormente.  | Mejora la productividad y apoya el programa del proyecto.  |
| Programar las entregas de equipo y materiales sensibles a la intemperie dentro de períodos razonables de necesidades de la construcción.   | Minimiza los requerimientos de mantenimiento y protección y abarata los costos del campo.                          |
| Las líneas de transferencia mayores, las válvulas deslizables y equipo similar deben diseñarse y fabricarse para instalarse incrementalmente con lo estructural y recipientes.   | Optimización del tiempo de izado y del trabajo secuenciado. Seguridad, menos trabajo de instalación = menor costo. |
| Dar prioridad a los sistemas de rocío de aceite para que el equipo rotatorio pueda correrse previo a la terminación mecánica y eléctrica, si se requiere.  | Reduce costos y apoya un arranque anticipado.  |
| Cuando se requieran superficies esmeriladas en un elemento, Revisar con Ingeniería antes de soldar dichos elementos. Especificar la calidad o grado de esmerilado de la superficie en los planos correspondientes. También indicar si el esmerilado se hará después de la fabricación. | Elimina raspaduras por soldadura en superficies que requieren precisión.   |

### **PROCURACIÓN Y EXPEDITACIÓN**

|   |  |
|---|--|
| Proporcionar criterios de inspección en taller y en el campo para todo el equipo de proceso.  | Mejora la calidad y reduce costos de reparación.   |
| Algunos permisos ambientales requieren una garantía y periodos de servicio ampliados para equipo de control de la contaminación. Determinar cómo incluirlos en la orden de compra original o de manera alternativa. Hacer una declaración general para aquellos elementos en que se requiera o desee una garantía ampliada.   | Reduce los costos de ciclo de vida del proyecto.   |
| Seleccionar el equipo basándose en el costo total instalado y no solamente en el precio inicial de compra.  | Reduce costos generales.   |
| Debe haber ingeniería en las instalaciones del proveedor cuando se requiera para asegurar que las aprobaciones de fabricación, órdenes de materiales y programas de fabricación no se obstaculicen.   | Asegura mejor control del programa y reduce retrasos en entregas.                                  |
| Identificar y especificar las marcas para los materiales internos de recipientes como son bolas, broches, charolas y compartimentos. Dar instrucciones a los fabricantes y a inspección para que empaquen, instalen, envíen y de otra manera, mantengan dichos materiales separados.  | Proporciona mayor control de material y baja costos en el campo.                                   |
| Establecer un programa para expeditar, recibir, catalogar, archivar y distribuir toda la documentación requerida durante el proyecto. Los retrasos se negociarán con los proveedores de equipo para asegurar que se cumpla con los requisitos de documentación. Después del arranque y la entrega, debe transmitirse formalmente al cliente uno o más juegos maestros completos de información. | Mejora la coordinación de la construcción y arranque en el sitio. Reduce la pérdida de documentos. |

### **COORDINACIÓN Y EXPEDITACIÓN**

|   |  |
|---|--|
| Acordar un sistema maestro de numeración del equipo antes de ordenar el equipo de la planta. El proveedor (o la fábrica) deben ser responsables de etiquetar todo el equipo. Toda la documentación relacionada del proveedor debe hacer referencia al número de la Lista Maestra de Equipo. | Reduce costos de mantenimiento.  |
| Hacer corridas de prueba en fábrica a todo el equipo nuevo cuando sea posible. Los resultados de las pruebas deben convertirse en parte permanente de la  | Reduce el tiempo de arranque y los costos de mantenimiento del primer año. |

|  |  |
|--|--|
| documentación del proveedor.   |  |
| Ingeniería debe trabajar con construcción para establecer los requerimientos de asistencia técnica de los proveedores para la erección, capacitación, arranque y corridas.   | Estos requerimientos pueden incorporarse a la orden de compra formal. Las Órdenes de Compra no requerirán revisiones costosas. |
| Emitir las especificaciones del proyecto para la nivelación/alineación de recipientes al inicio del proyecto (estos es, nivelar con charolas en el taller).  | Aumenta la productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos.  |
| Cada pieza de equipo seleccionada para un proyecto debe revisarse para que reúna los siguientes requerimientos de mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con documentación del proveedor completa: lista de partes, refacciones recomendadas, especificaciones predictivas de mantenimiento, manuales de reparación y especificaciones de diseño.</li> <li>• Política de refacciones de la fábrica.</li> <li>• Política de refacciones de proveedores locales</li> <li>• Comprar refacciones de comisionamiento y de operación inicial al comprar el equipo original.</li> <li>• Garantías ampliadas hasta por 12 meses después del arranque, cuando sea posible.</li> </ul> | Reduce costos de mantenimiento y de ciclo de vida.   |
| Revisar cada pieza de equipo en el TALLER para asegurar que se haya hecho el mayor trabajo posible por el proveedor (por ejemplo: partes internas en recipientes, pre-ensamblado, etc.).   | Mayor productividad. Ahorra horas de trabajo de campo = ahorro en costos.  |

#### **PLANOS Y ESPECIFICACIONES**

|   |   |
|---|---|
| Incluir toda la información requerida en las especificaciones de equipo. NO referirse con los proveedores en relación a las especificaciones generales, especificaciones de aislamiento o de pintura. | Mejora el programa y reduce la posibilidad de error.        |
| Asegurar que la lista de equipo incluya los requerimientos de pintura, aislamiento y protección contra incendio del equipo.   | Reduce la posibilidad de error y proporciona mejor control. |
| Asegurar que las impresiones del proveedor reproducidas de sepas estén claras y legibles antes de transmitirse al campo.  | Mejora la productividad y reduce la posibilidad de error.   |

#### **MISCELÁNEOS**

|  |   |
|--|---|
| Estimular que haya requerimientos para el ensamblado en taller, marcas de igualación y desmantelamiento de equipo que pueda presentar problemas de ajuste.   | Reduce el re-trabajo y baja costos.                                 |
| Mantener la instrumentación y válvulas de operación fuera de recintos con ruido.   | Mejora la seguridad.  |
| Proporcionar oportunamente los requerimientos para la limpieza química.  | Reduce costos y proporciona mejor control.                          |
| Revisar los lineamientos para prevenir la contaminación cruzada.   | Reduce la cantidad de producto perdido o fuera de especificaciones. |
| La estandarización de equipo en un proyecto es crítica. El equipo mayor muchas veces no se presta a ello, pero el equipo menor sí, por ejemplo, controles, componentes eléctricos, válvulas, conexiones, bombas pequeñas, motores hidráulicas y coples. Nota: La estandarización reduce los requerimientos de refacciones y la capacitación del personal de mantenimiento. | Reduce costos de mantenimiento y mejora la productividad.           |

#### **ASLAMIENTO Y RECUBRIMIENTO**

|  |  |
|--|--|
| Asegurar que el acabado de pintura en recipientes y equipo de haga en fábrica. | Mejora productividad. Ahorra horas de trabajo en campo = ahorro en costos. |
| Aplicar en fábrica el acabado contra   | Compresión del programa de construcción.                                   |

|   |  |
|---|--|
| fuego/pintura/recubrimiento interior cuando se práctico.  |  |
| Proveer suficiente espacio entre las chaquetas de aislamiento y las plataformas, escaleras, guías de tuberías, etc. | Reduce la necesidad de ajustes en el campo. Ahorra costos.       |
| La lista de equipo debe incluir los requerimientos de pintura, aislamiento y tratamiento contra fuego.              | Mejora al control del proyecto. Reduce cambios debido a errores. |

## TUBERÍAS

### PLANOS, ESPECIFICACIONES Y MODELOS ELECTRÓNICOS

|   |   |
|---|---|
| Ingeniería debe establecer coordenadas claras en los planos de diseño de tuberías y eléctricos para la tubería y rociadores contra incendio.  | Evita la confusión y el retrabajo.  |
| Las especificaciones de tubería deben incluir toda la información necesaria en un documento. No referir a los proveedores a especificaciones generales, de aislamiento, pintura, entre otros.   | Reduce la posibilidad de error.   |
| Los isométricos de tubería y los planos ortogonales debe incluir todas las ventilas y drenajes de pruebas hidrostáticas y de proceso.   | Reduce la posibilidad de errores en fábrica y en campo.   |
| Todos los isométricos deben tener una nota de materiales detallada. Dicha nota debe hacer una diferencia entre la fabricación en taller y en el campo y debe emitirse con el isométrico.  | Esto ayudará a tener un mayor control de los materiales.  |
| Detallar todas las tuberías que penetren en estructuras elevadas.   | Las soldaduras de campo deben hacerse arriba del nivel del suelo y pueden hacerse sin necesidad de andamiaje. Seguridad y reducción en costos.    |
| Deben hacerse isométricos para toda la tubería, incluyendo cambios en elevación y dirección y circuitos de expansión. Estos isométricos debe estar completamente dimensionados con coordenadas.   | Reduce las horas de trabajo en el campo. Permite que el proyecto utilice fabricación fuera del sitio.   |
| Debe minimizarse el número de clases de líneas.   | Ahorro en costos  |
| Revisar doblemente que todas las notas de los DTI's se incorporen a los isométricos.  | Mayor productividad. Ahorra horas de trabajo en campo = ahorro en costos.   |
| Modelar la tubería de orificios pequeños (2" y menores) y la de orificios mayores en PDS (maquetas electrónicas) para minimizar el re-trabajo.  | Aumentar la productividad en el campo y al programa. Ahorra horas de trabajo.   |
| La orientación de las manijas de las válvulas debe mostrarse en los isométricos/ortogonales.  | Eliminará la reorientación de válvulas instaladas – muy costoso si están soldadas.  |
| Marcar las soldaduras de campo en los isométricos antes de que salgan de ingeniería.  | Mejor manejo de los materiales. Baja los costos instalados.   |
| Ingeniería de diseño debe proporcionar los esquemas de las rutas de las tuberías de enfriamiento, sello y lubricación.  | Reduce la posibilidad de errores en el campo.   |
| Todos los isométricos deben contener lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento al Calor posterior a la soldadura</li> <li>• Trabajo y límites de códigos de calderas</li> <li>• Soldaduras bimetal y de campo anotadas</li> <li>• Cartelas o anclaje especial</li> <li>• Perforación de orificios para tornillos de levantado</li> <li>• Requerimientos de pintura y aislamiento</li> <li>• Requerimientos de soportes dinámicos en lugares específicos</li> <li>• Análisis de esfuerzos sin revisión</li> <li>• Sistema de numeración</li> <li>• Aleación (si es aplicable)</li> <li>• Medio/Presiones de prueba</li> </ul> | Reduce errores y tiempo de fabricación del proveedor y de personal de fabricación/erección en el campo al no tener que analizar tantos documentos |
| La lista de tuberías debe incluir el tamaño de la tubería,  | Reduce costos y posibilidad de errores en   |

|  |  |
|--|--|
| <p>su especificación, así como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimientos de aislamiento (espesor /tipo)</li> <li>• Especificación de pintura</li> <li>• Tamaño y número de rastreadores de vapor y eléctricos</li> <li>• Referencia del sistema de entrega</li> <li>• Referencia del Paquete de Pruebas</li> <li>• Referencia "De" y "Para"</li> <li>• Referencia de DTI</li> <li>• Presión/medio de pruebas</li> </ul> | fábrica y taller.                              |
| Proveer detalles de agua de sello para el equipo de proceso  | Permite una instalación más fácil en el campo. |

### **MATERIALES**

|   |  |
|---|--|
| Si se requiere algún trabajo de código en el proyecto, la tubería a granel debe comprarse con documentos de "prueba de forja"   | Requerimiento de código  |
| Hacer un análisis de costos para utilizar tubería de acero inoxidable para todo el sistema de aceite de lubricación. Definir claramente el procedimiento de limpieza. Evitar conexiones en la parte inferior.                                   | Eliminar picado y reducir los requerimientos de limpieza. Mejor calidad.   |
| Diseñar y ordenar válvulas al inicio ya sea por tiempo de entrega o por diámetro. Evaluar el riesgo de ordenar las válvulas basándose en los DTI's previo a la Rev. 0 en comparación con retrasos potenciales al programa.                      | Previene problemas por entregas retrasadas e impacto negativo a la construcción. Ahorra tiempo y costos.                                       |
| Las válvulas que tengan extremos para soldar y sellos o partes internas suaves que pueden sufrir daño o destruirse por medio de soldadura en el campo debe tener nipples de 6" colocados por el vendedor o desarrollar otro plan de protección. | Mejora la calidad y hace que la instalación sea más sencilla. Ahorra tiempo.   |
| Revisar con cuidado las especificaciones de orillas de válvulas, tornillos, empaque, y caras de bridas antes de pedir las válvulas.   | Reduce el número de válvulas incorrectas recibidas en el campo. Baja el material sobrante. Reduce el retrabajo y por ende, el costo instalado. |
| Asegurarse que los fabricantes de válvulas proporcionen procedimientos de cuidado y protección para los empaques de glándula, sellos suaves, entre otros.   | Mayor productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos.   |
| Ingeniería debe identificar la necesidad de pedir mallas o cribas temporales.   | Mejora el programa. Protege el equipo durante el arranque.   |
| Proporcionar especificaciones para los requerimientos de mantenimiento preventivo y de almacenamiento de artículos especializados.  | Reduce costos en el campo al prevenir daños durante la recepción y almacenamiento. Mejora la calidad.  |
| Utilizar un sistema máximo/mínimo para materiales de tubería de orificios pequeños, tornillos y empaques.   | Reduce tiempo perdido al esperar materiales.   |
| Utilizar a ingenieros de campo para elaborar la lista de materiales en la oficina central.  | Proporciona experiencia desde una perspectiva distinta o una lista de materiales más precisa.  |

### **TUBERÍA ENTERRADA**

|   |  |
|---|--|
| Cuando sea factible, la tubería enterrada debe localizarse de manera que pueda haber instalación múltiple con una sola excavación, particularmente en cruces con caminos. | En los cruces de caminos generalmente se requiere apuntalamiento. Ahorra horas de trabajo en el campo. Minimiza zanjas abiertas. |
| Especificar drenajes ajustables, cuando sea posible.  | Permite una instalación en el campo más fácil. Previene retrabajo.   |
| La tubería y conduit eléctrico deben ir por un nivel consistente en zonas, cuando sea posible.  | Reduce costos en el campo y mejora la seguridad y el programa.   |
| Proporcionar un adecuado acceso para limpieza de toda la tubería de drenaje. (Asumir que toda la tubería de drenaje se tapaná en algún momento.)                          | Reduce costos de mantenimiento y de interrupción de equipo.  |
| Ingeniería de campo debe mantener con precisión las   | Reduce discrepancias futuras de diseño y   |



|  |  |
|--|--|
| dimensiones y coordenadas AS Built para la tubería y componentes instalados bajo tierra.   | potenciales accidentes de excavación.  |
| <b>PROGRAMACIÓN</b>  |  |
| Emitir al inicio los tipos de metales/aleaciones a usar y las Cédulas de Espesor de Pared.   | Permite que construcción establezca los procedimientos respectivos aprobados de soldadura previa al inicio de las pruebas y calificación de soldadores. Ahorra tiempo. |
| Ingeniería, con apoyo de Construcción, debe proveer la curva de pronóstico de emisión de isométricos.  | Reduce costos de tubería de fábrica y ayuda a la programación de la fuerza de trabajo.   |
| Al inicio del programa, finalizar el diseño y liberar para construcción todas las líneas grandes. Las tuberías menores pueden seguir después en etapas acordadas.  | Mayor productividad en la etapa inicial del proyecto. Las necesidades de las líneas grandes se instalan antes.   |
| Estimular la preparación y emisión temprana de los planos de los colgadores y soportes de tuberías para que las cuadrillas especializadas puedan instalar los soportes antes de las cuadrillas de erección.  | Mayor productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos.   |
| Diseñar los sistemas de tuberías que se colocan a mayor profundidad.   | Mayor productividad. Ahorra horas de trabajo en campo = ahorro en costos.  |
| Las prioridades para la tubería fabricada fuera del sitio deben tomar en cuenta a Construcción.  | Mejora el programa y la productividad.   |
| Comprometer con el fabricante secuencias firmes en cuanto a la fabricación y entrega de carretes y mantener procedimientos para exigirles que sigan el programa, aunque esto signifique que no puedan hacer todos los elementos iguales juntos o trabajar de otra manera para sostener la eficiencia en la fábrica a expensas de que haya ineficiencia en el campo. Cuando sea necesario, puede designarse un programador/expeditador especial a la fábrica. Hacer visitas de inspección a la fábrica. | Mejora la calidad y la productividad y reduce los costos en el campo.  |
| Identificar, para su fabricación temprana, los carretes que deben colocarse en sótanos, túneles u otras áreas, previo a la construcción de los techos. Estos carretes pueden colocarse en el piso para erigirse después.   | Reduce retrasos al programa que resultan por entrega retrasada.  |
| Revisar las tuberías mayores y establecer secuencias para colocar las tuberías en su posición en un programa coordinado con la erección de elementos estructurales.  | Reduce la necesidad de cortes y soldaduras en el campo.  |
| Diseñar al inicio los drenajes de techos y pisos.  | Expedita la construcción.  |
| <b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</b>   |  |
| Diseño debe revisar los planos del equipo del proveedor en los puntos donde el equipo hace interfaz con la tubería. Los aspectos a considerar son el diámetro de la tubería, programa, materiales y localización de la conexión.   | Asegura la compatibilidad de las soldaduras de interfaz y las conexiones de bridas.  |
| Estar alerta con las líneas de flujo de dos fases –revisar que no haya vibraciones y que estén bien soportadas. Asegurar las diversas interfaces con Ingeniería Estructural.   | Mejora la calidad y seguridad.   |
| Revisar la tubería de los sistemas caliente y frío en cuanto a flexibilidad y apoyo.   | Reduce re-trabajo.   |
| Planear el uso de las redes de tuberías permanentes en la planta como sea práctico para las líneas de construcción, aunque esto signifique cambiar los servicios y los fluidos temporalmente y conectarse a líneas temporales.   | Reduce los requerimientos de los sistemas de tubería para construcción.  |
| Las juntas de expansión para las tuberías en racks deben agruparse en un lugar común, cuando sea posible.  | Esto permite que varias juntas estén soportadas en un punto en común. Baja costos de campo.  |
| Estandarizar los dispositivos de tuberías como son:  | Mayor productividad. Ahorra tiempo de trabajo  |

|   |  |
|---|--|
| trampas de vapor, estaciones de servicios, puntos de muestreo, estaciones de válvulas de control, entre otros. Para que puedan pre-fabricarse.  | en campo = ahorro en costos.   |
| Realizar chequeos adecuados en los soportes de tuberías del equipo rotatorio para asegurar que no se imponga carga a las boquillas durante la construcción o la operación que afecte la alineación.   | Mayor productividad. Ahorra tiempo de trabajo en campo = ahorro de costos.   |
| Ver si el reducir las válvulas de bloqueo en las bombas es económicamente factible.   | Dejar del mismo tamaño que la línea si no se ahorra costos. Buenas prácticas.  |
| Revisar que los orificios para los tornillos de las bridas estén correctamente orientados con la línea central. Revisar el equipo en las instalaciones del proveedor antes de su embarque. Hacer un suave ajuste en la brida al conectar al recipiente – soldar en el campo para asegurar una orientación correcta. | Permite una instalación más fácil en el campo. Previene el re-trabajo.   |
| No utilizar tubería roscada en ningún sistema mayor a 2".   | Elimina problemas y la necesidad de una máquina roscadora mayor.   |
| Instalar válvulas para tubería de servicio a intervalos de 20', 40' y 60'   | Reduce los cortes y soldaduras en tuberías de longitud estándar.   |
| Detallar toda la penetración de tuberías en estructuras elevadas para mostrar las soldaduras de campo arriba del nivel de piso (4" arriba preferiblemente) para minimizar andamios.   | Reduce el andamiaje, reduce el riesgo de trabajar en plataformas elevadas, reduce la densidad en el área de trabajo. |
| Instalar uniones/bridas cerca de todas las válvulas críticas para facilitar su remoción y reposición para mantenimiento.  | Reduce costos de mantenimiento y tiempo de interrupción de equipo.   |

### CONEXIONES DE TUBERÍAS

|  |  |
|--|--|
| Mantener la operación de un sistema después de haber hecho una conexión y antes del arranque de un sistema nuevo. Proveer una válvula de bloqueo para aislar el nuevo sistema del sistema existente. | Permite una mejor planeación y programación de las interconexiones. También favorece respuestas rápidas para aprovechar las condiciones de operación de la planta. |
| Identificar y priorizar el material para interconexiones en los órdenes de compra.   | Permite una mejor programación de interconexiones y expedita este material al campo.   |
| Verificar y revisar en el campo la calidad de la tubería para interconexión antes del diseño y fabricación finales, revisando su integridad, especificaciones de material e interferencias.          | Permite una mejor planeación y programación de interconexiones. Minimiza los errores de fabricación y de materiales.   |

### SISTEMAS DE ENTREGA

|  |   |
|--|---|
| Desarrollar un juego de DTI's de Límite de Sistema, con código de color por sistema de entrega. Al inicio del diseño, incorporar bases de datos con un campo para identificación de sistemas que incluya listas de líneas, de equipo e índices de instrumentos, etc. | Ayuda a la programación de campo de ingeniería, a construcción y al personal del cliente a entender la definición y alcance de cada sistema en secuencia. |
| Iniciar tratos con el grupo de arranque y comisionamiento al principio del programa para que las secuencias requeridas de los sistemas finales puedan incluirse en la planeación inicial.  | Proporciona un mejor programa del proyecto y mejora la productividad.   |
| Proveer al cliente un juego maestro de especificaciones de tuberías y procedimientos de soldadura al final del proyecto. Deben incluir todos los reportes de datos y los documentos de calidad.  | Reduce tiempo de interrupción por mantenimiento para detección y solución de problemas y mejora la seguridad.   |

### PRUEBA Y LIMPIEZA

|   |  |
|---|--|
| Establecer parámetros claros de requerimientos de pruebas para válvulas de interconexión y otras válvulas de cierre. Especificar los requerimientos de tasa de fugas y hacer que el proveedor pruebe las válvulas previo a su embarque. | Mayor productividad. Ahorra tiempo de trabajo en el campo = ahorra costos. |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| Cuando se requiera limpieza química, diseñar la tubería de acuerdo a las conexiones, drenajes y bridas de desconexión adecuados para facilitar la circulación, drenado y secado.  | Mayor productividad. Ahorra tiempo de trabajo en el campo = ahorro en costos. |
| Los isométricos para la tubería de succión del compresor o para otros sistemas que requieran limpieza química deben tener notas específicas acerca de cuáles requieren remoción de los recubrimientos internos, tales como "laca negra" en el TALLER. | Es sumamente difícil removerlos en el campo por medio de limpieza química.    |
| Proporcionar al inicio una clara definición de los requerimientos de limpieza química, esto es, especificaciones que se emplearán, válvulas y líneas que se requieren.  | Ayuda al campo a determinar el programa de erección, pruebas y entrega.       |
| Determinar inicialmente el esquema para la limpieza interna de la tubería.  | Baja los costos del proyecto.   |
| Considerar el hacer pruebas a vapor para la tubería diseñada para condiciones de barrido de vapor en lugar de prueba hidrostática.  | Más rápida, más fácil y arranque más rápido.                                  |

### **AISLAMIENTO Y RECUBRIMIENTO**

|   |   |
|---|---|
| Los espacios libres entre tuberías, elementos estructurales, equipo, etc. deben ser suficientes para evitar recortar el aislamiento en el campo. (incluyendo las zapatas en líneas de vapor).   | Esto ayudará mucho en la instalación de aislamiento y cubierta de metal.  |
| Los isométricos y ortogonales deben marcar claramente los límites del aislamiento para protección del personal, rastreo de vapor y los puntos de rompimiento de las especificaciones acústicas y de aislamiento.  | Ayuda en la instalación, control de materiales y chequeos de calidad.   |
| Los Planos de las orillas de los recipientes para los medidores de nivel, interruptores, etc., en las torres deben marcar las dimensiones verticales y horizontales, en particular en la interfaz con el aislamiento, y no deben ser clasificados como "corrida en el campo". | Esto proveerá a los fabricantes del aislamiento con detalles e información que les permitirá recortar las aberturas y reducir horas de trabajo. |
| Aplicar pintura primer y capa exterior en fábrica. Utilizar pintura como óxido de aluminio en las preparaciones para soldadura de campo. Usar cinta en soldaduras de campo.   | Reduce costos de mano de obra.  |
| Especificar tubería pre-aislada en lugar de aislarla a mano para las líneas de rastreo de vapor y de regreso, cuando sea práctico.  | Permite una instalación en el campo más rápida/fácil.   |
| Maximizar la pintura previa y utilizar como máximo dos capas de pintura e incluir en la orden de compra del fabricante de tubería.  | Reduce trabajo en el campo y mejora la calidad.   |

### **MARCADO E IDENTIFICACIÓN**

|   |  |
|---|--|
| La tubería proporcionada por el proveedor debe aparecer en los isométricos y ortogonales e identificarse de acuerdo a las marcas del proveedor. | Ayudará a mantener el control y también a hacer interconexiones correctas en el campo. |
| Los números de los carretes serán marcados por los ingenieros con un método que diferencie a los carretes fabricados y los hechos en el campo.  | Esto ayudará a mantener control de los carretes. Baja costos.                          |

### **SOPORTES Y TIRANTES**

|   |  |
|---|--|
| Todos los soportes y colgadores calculados deben localizarse por medio de coordenadas y elevaciones e identificarse claramente por medio de etiqueta y/o número de catálogo en los isométricos y/o ortogonales. | Reduce errores de los fabricantes de tuberías y del personal de fabricación en el campo al no tener que consultar tantos documentos. |
| Revisar la ubicación del colgador de resorte, amarres y postes para que no haya interferencia con la estructura y todas las conexiones de varillas.   | Ayuda a la instalación y reduce el re-trabajo. Ahorra tiempo y costos.   |
| La escala del colgador de resorte debe estar visible  | Facilidad para mantener la seguridad   |

|   |   |
|---|---|
| desde una plataforma o escalera, cuando sea posible.  |   |
| Minimizar el uso de soportes diseñados y colgadores de resorte. Utilizar soportes y tirantes ajustables para colgadores cuando sea posible.   | Es caro. Son elementos de entrega prolongada. La prevención de pérdidas ahorra tiempo y dinero.   |
| No utilizar zapatas ni abrazaderas galvanizadas en las líneas de vapor a alta temperatura.  | Podría causar rompimiento por esfuerzo en tuberías. Calidad y seguridad.  |
| Considerar el uso de zapatas mecánicas ajustadas para tuberías.   | Su facilidad de instalación elimina soldadura en el campo. Ahorra costos.   |
| Deben instalarse zapatas de tuberías, muñones y pierns artificiales en los carretes fabricados en taller y deben tener ranuras para bandas de aislamiento, si se requiere.  | Reduce soldadura en el campo y mejora la erección de tubería. Mayor productividad en el campo y menor costo.                                  |
| Los componentes de los colgadores que no requieren soldadura en el campo y son difíciles de pintar después de instalados deben pintarse en el taller con el sistema apropiado de pintura. Esto es especialmente importante para elementos como muñones, postes o botes de resorte.  | Mejora la calidad y reduce costos de campo.   |
| Estandarizar los componentes usados en la fabricación de colgadores.  | Reduce dificultades de almacenamiento e inventario.   |
| Los muñones hidráulicos deben instalarse con el tapón del depósito de aceite en la parte superior para limpieza de mantenimiento.   | Mejora la seguridad y proporciona accesibilidad.  |
| Los colgadores y soportes permanentes deben diseñarse y fabricarse al inicio. Estos y todos los materiales asociados deben ser entregados previamente a los carretes de tubería. Preparar y emitir inicialmente los planos de los colgadores y soportes de tuberías para que las cuadrillas especializadas puedan instalar los soportes antes de que entren las cuadrillas de erección. | Permite una instalación secuenciada de sistemas de tuberías y reduce costos de campo. Mejora la productividad y reduce costos de instalación. |
| No utilizar botes de resorte donde se espere que haya grandes movimientos horizontales.   | Mejora la seguridad.  |
| Evitar utilizar soportes altos tipo palillo, especialmente en áreas sísmicas y de mucho viento.   | Mejora la seguridad.  |
| <b>FABRICACIÓN</b>  |   |
| Preparar isométricos para todos los marcos del equipo y emitirse tan pronto sea posible (Recipientes, bombas, intercambiadores, entre otros.)   | Los marcos para equipos pueden fabricarse en taller, minimizando las horas de fabricación en el campo.  |
| Dejar una soldadura de campo en la última brida para todo el equipo rotatorio que utilice tubería fabricada en taller. (El fabricante debe embarcar la brida cuatro punteada al carrete).   | Hace que la alineación de la tubería y la bomba sea más rápida. Ahorro de horas de trabajo.   |
| Utilizar al máximo la fabricación en taller, sin considerar el tamaño de tubería, incluyendo los ensamblajes repetitivos (trampas de vapor, estaciones de servicios, colector de vapor, enfriadores de muestras, entre otros.)  | Permite una construcción en paralelo y una fabricación en un ambiente más controlado.   |
| Verificar el empleo de tramos rectos de tubería para los racks, incluyendo el rastreo de vapor, para ver si es práctico fabricar tramos de hasta 80 pies. Limpiar con chorro de arena, aplicar primer y capa superior (si se requiere) e instalar con el acero del rack al ir instalando los racks. Comprar dobles longitudes cuando sea posible.                                       | Reduce la soldadura en el campo, reduciendo así los costos y mejorando la productividad.  |
| Debe seleccionarse a los fabricantes en base a su capacidad probada para cumplir con los programas requeridos y la precisión en la fabricación en lugar de basarse solamente en sus precios.  | Mejora la calidad y el programa y reduce costos.  |
| Maximizar la fabricación en taller de las bridas de instrumentos y otros elementos para tuberías.   | Mayor productividad en el campo y mejora programa. Ahorra tiempo de trabajo.  |

|  |   |
|--|---|
| <b>TORNILLOS Y EMPAQUES</b>  |   |
| Especificar claramente los requerimientos para recubrir los tornillos (grasa, lubricante, pintura/no pintura, entre otros.)  | Mayor productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos.  |
| Revisar las especificaciones para minimizar el número de diferentes tipos de empaques y tornillos. Desarrollar un sistema de código de color para que el proveedor lo aplique previo a que se reciban en el campo. | Menor tiempo, esfuerzo y confusión durante la construcción y chequeo. Menor re-trabajo por reponer empaques y tornillos perdidos. |

|   |   |
|---|---|
| <b>SOLDADURA</b>  |   |
| Asegurar que las especificaciones de soldadura permitan el uso de soldadura automática/semiautomática en tubería de orificio grande.                              | Mayor productividad. Ahorra tiempo de trabajo en el campo = ahorro en costos.                     |
| Tomar medidas que minimicen el número de procedimientos de soldadura requeridos y de procedimientos de calificación de proveedores.                               | Hay menor confusión en el campo. Reduce costos y retrabajo.                                       |
| Verificar que los espacios entre tuberías, soportes, entre otros, faciliten el uso de equipo orbital automático de soldadura en tubería de gran espesor de pared. | Elimina re-trabajo en el campo y soldadura manual de juntas designadas para soldadura automática. |
| Utilizar soldadura de arco de núcleo fundente en toda la tubería de acero al carbón con gran espesor de pared.  | Reduce tiempo y costo de soldadura.   |

**ELÉCTRICO  
ENERGÍA TEMPORAL**

|   |  |
|---|--|
| El diseño y revisión de la energía temporal debe hacerse conjuntamente entre ingeniería y construcción para asegurar que haya un proyecto seguro, efectivo en costo y que pueda utilizarse. | Ahorra costos de construcción.   |
| Asegurar que haya suficiente energía temporal disponible para la revisión y arranque o que haya energía permanente disponible cuando empiecen las primeras etapas del arranque.             | Iniciar la planeación del arranque al inicio del proyecto para conocer las necesidades totales de energía. Ahorro en costos. |
| El sistema de energía debe utilizar lo más que se pueda del equipo del sistema permanente para ahorrar costos (transformadores, tableros de iluminación, entre otros.)                      | Definir los sistemas que pueden usarse para energía temporal. Ahorro en costos.  |
| Utilizar tapones atomillables para servicio temporal.   | Pedir que las herramientas pequeñas y extensiones eléctricas tengan tapones atornillables. Mitiga riesgos.                   |

**MATERIAL**

|   |   |
|---|---|
| Al estandarizar el diseño de los detalles de instalación permitirá la compra temprana de los materiales a granel.   | El esfuerzo de planeación al inicio determinará qué gastos beneficiarán más el trabajo. Recibir los materiales cuando se necesitan. |
| Los soportes de la Estación de Control y los demás soportes que requieren acero galvanizado deben fabricarse y galvanizarse en taller cuando sea posible.                                       | Estudio de Constructabilidad. Reduce costo, mejora la productividad del personal.   |
| Asegurar que se realicen revisiones de Constructabilidad en todos los detalles de instalación de diseño para verificar que los materiales a granel estén incluidos en las listas de materiales. | Chequeos de la cuadrilla de ingeniería. Mitiga las interrupciones al trabajo debido a falta de material.                            |
| Los tipos de material a granel deben estandarizarse para reducir el número de distintos tamaños y/o materiales.   | Revisión de Constructabilidad. Mejorar la productividad. Administración de materiales del contratista.                              |

**CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

|  |   |
|--|---|
| Ingeniería debe establecer claramente los corredores en los planos de diseño eléctricos y de tuberías para el sistema de inundación durante las primeras etapas de diseño. | Chequeo cruzado interdisciplinas. Reduce errores de coordinación. |
|--|---|

|   |  |
|---|--|
| Identificar/programas partes del trabajo que pueden adelantarse para evitar después tener picos de trabajo para la mano de obra crítica.                                      | Revisión del programa a detalle. Reduce el programa de trabajo.                    |
| Los planos eléctricos deben hacer referencia a los planos Civiles que detallan accesorios (soportes, embebidos, entre otros.) para acomodar conduit eléctrico.                | Chequeo de cuadrillas. Reduce re-trabajo.  |
| Revisar el diseño para eliminar varias corridas de conduit, sustituyéndolo con charolas para mejorar la secuencia.  | Reduce costo de mano de obra.  |
| Asegurar que diseño entienda que un documento entregable es una base de datos con la cual se puede imprimir marcadores de cableado.   | Revisión de Constructabilidad. Mejor sistema de Rastreo en el Programa de Calidad. |
| Utilizar un sistema de etiquetado de equipo para todo el equipo eléctrico.  | Mejora productividad.  |
| Estandarizar el equipo, esto es, CCM, interruptores y transformadores pequeños.   | Mejora la productividad y reduce costos.   |
| Considerar módulos de subestación con interruptores, CCM's, tableros LP.  | Reduce costos en el campo.   |
| Utilizar equipo fabricado estándar cuando sea posible.  | Reduce costos y mejora productividad.  |
| Distribuir el equipo para que opere eficientemente.   | Reduce el número de operaciones.   |
| Determinar el mejor lugar para los controles del equipo, para que la operación sea segura y fácil.  | Promueve una operación segura y eficiente del equipo.                              |
| Revisar con Operación y Mantenimiento de la planta dónde deben localizarse las estaciones de control/paro de emergencia en toda el área de producción.                        | Mejora la seguridad.   |
| Ubicar los medidores de nivel de aceite visuales para que haya fácil acceso para el operador.   | Reduce tiempo de interrupción del equipo.  |
| Tratar de obtener diseños al inicio para la parte eléctrica de los recipientes, de manera que se termine el trabajo eléctrico conjuntamente con el del recipiente y tuberías. | Reduce el trabajo en el campo y mejora la productividad.                           |
| Incorporar especificaciones bien definidas del equipo en un documento.  | Reduce posibilidad de errores e incrementa la productividad.                       |

#### **REQUERIMIENTOS DEL PROVEEDOR**

|  |  |
|--|--|
| Ingeniería debe emitir los planos de interfaces para el equipo suministrado por varios proveedores.  | Coordinar el esfuerzo de proveedores de ingeniería. Continuidad y Revisión de Sistemas |
| Los proveedores debe cumplir con las especificaciones de marcado de los bloques de terminales. Esto continúa siendo motivo de un excesivo número de horas de re-trabajo. | Revisión de Constructabilidad. Mejorar la productividad.                               |
| Las conexiones entre los proveedores deben revisarse cuidadosamente en cuanto a compatibilidad. (Ejemplo: ductos con interruptores)                                      | Reduce la posibilidad de retrabajo de campo.   |
| Todo el equipo especializado debe inspeccionarse en el taller previo a su envío al campo.  | Reduce re-trabajo en el campo.   |
| La junta de pre-inspección con los proveedores de equipo debe hacerse en las primeras etapas y durante el programa.  | Reduce costos y retrasos al programa.  |
| Debe asignarse al ingeniero de proyecto o responsable de procura para que coordine a los proveedores de equipo mayor.  | Reduce cambios en el campo.  |
| Ingeniería debe emitir los planos de interfaz para el equipo proveniente de diversos proveedores y especificar los requerimientos de cada proveedor.                     | Apoya la continuidad y la revisión de sistemas.  |
| Considerar cursos de entrenamiento para el personal de operación y mantenimiento antes de comprar maquinaria sofisticada. (En ocasiones un proveedor o fabricante        | Promueve una operación segura y eficiente del equipo.                                  |

|  |   |
|--|---|
| ofrece cursos sin costo para hacer su venta).  |   |
| <b>AUTOMATIZACIÓN</b>  |   |
| Identificar en un modelo PDS (maqueta electrónica) los límites de las áreas peligrosas en los planos de conduit eléctrico no subterráneo. Referirse a planes de localización de riesgos reales.  | Reduce riesgos por sellos mal ubicados instalados en el campo.                              |
| Revisar la factibilidad de hacer un modelo PDS (maqueta electrónica) para todo el conduit y canalizaciones en toda la planta para que no haya interferencias.  | Minimiza el re-trabajo.   |
| <b>SUBESTACIÓN</b>   |   |
| Para el izado de transformadores pesados debe usarse una grúa prediseñada con un ingeniero en izado responsable a cargo de la maniobra, que revise los puntos de izado y las orejas.   | Mejora la seguridad   |
| Diseñar canalizaciones embebidas para soportar los interruptores (en los edificios) a nivel de la superficie del piso para permitir una fácil instalación y remoción de los interruptores. Dar una pequeña pendiente a la cimentación para los interruptores exteriores, para que el agua no se encharque alrededor. | Reduce costos, mejora el mantenimiento, operación y seguridad.                              |
| Ingeniería debe terminar todos los cálculos de diseño para el ajuste de los relevadores de alto y bajo voltaje y emitirlos al campo para cumplir con el programa de revisión de la subestación.  | Mejora la productividad y el programa.  |
| <b>PRUEBAS</b>   |   |
| Ingeniería debe establecer los requerimientos de prueba para el equipo de alto voltaje y cableado para que se subcontrate este servicio especializado en paquete.  | Revisión de Constructabilidad. Reduce reclamaciones.  |
| <b>TIERRAS</b>   |   |
| Los planos de tierras deben emitirse antes o en conjunción con los planos civiles. Permitir que las tierras debajo de la losa se coloquen en una cama de arena en lugar de enterrarlas en una zanja.   | Planeación y diseño temprano de elementos enterrados. Ahorro en costos.                     |
| Deben instalarse cojinetes de tierra embebidos dentro de las subestaciones para conectar el equipo a tierra, cuando sea posible.   | Revisión de Constructabilidad. Ahorro en costos.  |
| Deben instalarse broches para tierra en el acero a prueba de fuego, al momento de fabricación.   | Ahorra horas de trabajo. Mayor productividad.   |
| <b>ILUMINACIÓN</b>   |   |
| Emisión temprana de los planos y detalles de iluminación para la calle, áreas y edificios. La iluminación reducirá la necesidad de instalar iluminación temporal.  | Revisar la secuencia del programa, revisión de constructabilidad. Reduce costos de trabajo. |
| No utilizar lámparas de tres tubos fluorescentes. Son más caros y más difíciles de obtener que los de cuatro tubos.  | Revisar las especificaciones de los planos. Mitiga el retraso al programa.                  |
| <b>ENERGÍA</b>   |   |
| El cálculo del jalado debe ser parte del diseño del conduit subterráneo.   | Revisión de Constructabilidad. Ahorro en costos.  |
| El cable multipar de corrida larga debe identificarse en los carretes cuando se embarque.  | Revisión de Constructabilidad. Reduce programa.   |
| Especificar la provisión de encogimiento por calor o de dispositivos de relevación de esfuerzos pre-moldeados para la terminación de cables de voltaje medio.  | Revisión de Constructabilidad. Reduce el programa.  |
| Comprar el cable sencillo conductor de los alimentadores enterrados en tres carretes.  | Ahorra horas de trabajo. Mayor productividad.   |
| Debe considerarse suficiente espacio para una terminación bien hecha en las cajas de terminales.   | Revisión de Constructabilidad. Mejorar productividad.                                       |
| Especificar que los carretes de cable se embarquen en  | Revisión de documentos de procuración.  |

|  |  |
|--|--|
| posición vertical, no sobre sus lados, para facilidad de descarga y evitar daños.  | Reduce daño potencial.   |
| Proveer un espacio adecuado en todos los gabinetes, interruptores, entre otros. para que haya una adecuada instalación en el campo del cable con chaqueta.   | Revisión de Constructabilidad. Reduce programa.  |
| Revisar la reducción de los requerimientos de profundidad mínima para los cables enterrados directamente.  | Mayor productividad. Ahorra tiempo de trabajo en el campo = ahorro en costos.                        |
| Instalar un ojo para jalado en la parte inferior y lados de los registros (se requiere en el fondo para sostener las poleas).  | Revisar los documentos de diseño/procuración. Mejora los cambios posteriores en el campo.            |
| Desarrollar o usar software de hoja de cálculo para igualar el jalado de cable con los carretes de cable.  | Revisión de Constructabilidad. Mejora productividad.   |
| Utilizar código de color en cables de control.   | Estudio de Constructabilidad. Reduce costos de trabajo.  |
| Ingeniería debe proporcionar las longitudes para el cable eléctrico. Las longitudes deben incluir tolerancia para las terminaciones.   | Chequeo de la cuadrilla de ingeniería. Revisiones de Constructabilidad. Reduce desperdicio de cable. |
| Estandarizar tamaño de cable.  | Reduce costos.   |
| Considerar pedir cables eléctricos de mayor tamaño para cumplir con los requerimientos de entrega del programa de construcción en lugar de determinar cada carga eléctrica menor.  | Consideraciones de programa. Reduce el programa de trabajo.  |
| Tomar medidas para que los números de circuito del cable de tamaño mayor sean identificados en los carretes cuando se embarquen.   | Revisión de Constructabilidad. Reduce costos del trabajo.  |
| Asegurarse que el suministro de energía sea adecuado para todo el equipo del tablero y el montado en patines.  | Reduce costos en el campo.   |
| Asegurar que las aberturas de las puertas sean suficientemente anchas para instalar el equipo.   | Reduce costos.   |
| Los planos deben mostrar los interruptores de desconexión  | Mejora la productividad  |
| Diseñar rastreo de calor eléctrico para apoyar los programas de instalación de tubería y reducir las necesidades de andamios. Asegurar que el cable sobrante pueda ser regresado al proveedor para su acreditación, incluyendo esta provisión en la orden de compra. | Mejora la eficiencia de la mano de obra y reduce costos.   |
| En áreas de alto riesgo, diseñar las líneas eléctricas de alto voltaje enterradas para minimizar el contacto con las grúas o la energización de los racks de tuberías.   | Mejora la seguridad.   |

### **CHAROLAS DE CABLES**

|   |   |
|---|---|
| Los planos de las charolas de cables deben emitirse junto con los de los diversos soportes de acero estructural requeridos para su instalación.             | Chequeo cruzado interdisciplinas. Reduce costos de trabajo.               |
| Revisar el empleo de pernos Hilti para instalar las charolas directamente sobre el acero estructural.   | Instalación más rápida al minimizar soldadura. Reduce costos de material. |
| Si las charolas de cables están encimadas, debe haber un mínimo de 18 pulgadas para facilitar el jalado de cables e instalar las cubiertas de las charolas. | Estudio de Constructabilidad. Reduce costos de trabajo.                   |

### **ENERGÍA PARA LOS CABLES**

|  |  |
|--|--|
| Para racks de tubería de 20 pies utilizar secciones de charolas de cable no estándar de 20' (mismo costo, entrega más prolongada). | Revisar los documentos de procuración. Ahorro en costo y mano de obra. |
| Minimizar el número de charolas de cables que pasen por debajo de tubería soldada.   | Elimina la necesidad de protección.                                    |
| Agrupar las juntas de cables elevados en el menor número posible de puntos para minimizar las                                      | Mejora la productividad de la mano de obra                             |



|   |  |
|---|--|
| necesidades de andamios.  |  |
| Asegurarse que cuando se requieran barreras para las charolas de cables, éstas sean también para los accesorios de las mismas.  |  |
| Minimizar el empleo de accesorios de las charolas, cuando sea posible: no reducir el tamaño de las charolas en distancias cortas, si es posible. La reducción de las charolas debe colocarse en el acero estructural para minimizar la necesidad de acero de soporte adicional. | Minimiza la necesidad de soportes adicionales. Minimiza la mano de obra en el campo al no tener que instalar soportes adicionales. |
| Hacer un chequeo para eliminar el acero de soporte y el diseño permitirá anclar la charola al acero sin necesidad de ángulos.   | Minimiza horas de trabajo en el campo al no tener que colocar soportes.  |

### CONDUIT

|   |  |
|---|--|
| Cuando sea posible, debe usarse conduit de PVC para instalación subterránea.  | Utilizar PVC en lugar de conduit galvanizado, cuando sea posible. Ahorro en costos, reduce programa. |
| Las conexiones de conduit colocado por debajo de pisos elevados o en cuartos de terminales deben localizarse cerca de las puertas, cuando sea posible, para que el jalado de cable sea menos costoso; evitar hacer conexiones directamente abajo del equipo, de ser posible.  | Estudio de Constructabilidad. Reducción al programa.   |
| Revisar la distribución del banco de ductos y registros, para mantener el doblado de tuberías al mínimo.  | Revisión de planos por el superintendente. Reduce el programa.                                       |
| Señalar la necesidad de accesorios de mayor tamaño, si se requieren, al encamisar cable (para que cumpla con los requerimientos del radio de doblado).  | Ahorra horas de trabajo. Aumenta la productividad.   |
| Mostrar las rutas del conduit en planos (de punto a punto). Indicar la localización de los sellos requeridos para cambios de clase de área y la localización de las juntas de expansión.  | Ahorra horas de trabajo. Aumenta la productividad.   |
| Trazar las rutas de conduit y de tubería pequeña, cables para instrumentos, por detrás de los cubos de escaleras para facilidad de instalación sin utilizar andamios temporales o canastillas para personal, que son caros. Muchas veces dicho conduit y tubería pequeña se diseña para instalación remota en la parte externa de la estructura debido a "que no hay interferencias", pero es costoso instalarlos y darles antenamiento y aumenta la posibilidad de caídas. | Mejora la seguridad y reduce costos.   |
| Las conexiones de conduit al equipo deben ser flexibles y no rígidas. El conduit rígido es difícil de alinear previo a la instalación del equipo.   | Reduce costos de alineación.   |
| Las conexiones de conduit en edificios necesitan prolongarse al menos 5 pies más allá de la cimentación del edificio.   | Reduce costos.   |

### SISTEMA DE CONTROL

#### CONSIDERACIONES DE DISEÑO

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Seleccionar al proveedor del SCD (Sistema de Control Distribuido) con oportunidad.   | Apoya el programa del proyecto     |
| Establecer un plan de "trabajo de equipo" entre Ingeniería, el cliente y el proveedor del SCD (Sistema de Control Distribuido).                    | Reduce retrasos al programa        |
| Al estar disponible la información del proceso y de los instrumentos en línea, procurar dispositivos en línea para apoyar el programa de tuberías. | Reduce retrasos al programa        |
| Asegurar que los elementos de tuberías e   | Reduce costos de campo y mejora la |

|   |  |
|---|--|
| instrumentación a los accesorios de recipientes estén especificados en planos e incluidos en las compras iniciales a granel.  | productividad.   |
| Revisar la posición y configuración de las bridas de instrumentos en los recipientes y tuberías para que tengan acceso y para prevenir OBSTRUIR los pasillos y plataformas.         | Reduce riesgos   |
| Realizar una revisión a fondo de los planos de proveedores en relación a controles e instrumentos (esto es, controles de motores de válvulas y circuitos generales).                | Identificar áreas problemáticas y mejorar productividad.                                   |
| Emitir etiquetas de alambre desde la oficina matriz (paquete por plano). Usar base de datos para hacerlo.   | Mayor productividad. Ahorra horas de trabajo en campo = ahorro en costos.                  |
| Los planos demo deben indicar los instrumentos que se rehusarán y deben ser removidos antes de demostrar la tubería.  | Ahorra horas de trabajo. Aumenta productividad.  |
| Debe hacerse un chequeo detallado de los planos del proveedor en relación a controles e instrumentos (controles de motores de válvulas, circuitos en general, unidades de paquete). | La Cuadrilla de Ingeniería hace la revisión de Constructabilidad. Mejora la productividad. |

### REQUERIMIENTOS DEL PROVEEDOR

|  |   |
|--|---|
| Requerir que las "unidades de paquete" del proveedor contengan detalles de la instrumentación estándar, número de etiqueta de identificación, y las hojas de especificación para poder revisar y calibrar adecuadamente estos instrumentos en el campo. Los elementos suministrados por el proveedor que se embarquen por separado de las máquinas (compresor y turbina) también deben identificarse por "Nota de Material" y número de orden de compra. | Reduce costos y retrasos al programa.     |
| Ingeniería debe especificar los requerimientos de cualquier mantenimiento preventivo especial y almacenaje para instrumentos. Proporcionar lista y pedir al proveedor que coloque letreros en las cajas de empaque.  | Reduce costos de mantenimiento y daños.   |
| El equipo SCD (Sistema de Control Distribuido) debe estar listo para entrega una vez que se conozcan las condiciones especiales de almacenamiento ambiental (HVAC).  | Reduce problemas de arranque en el campo. |
| En proyectos grandes considerar que haya un representante del proveedor del SCD en la obra al configurar y desarrollar el software del SCD (Sistema de Control Distribuido).   | Reduce problemas de arranque.             |

### INSTRUMENTOS ENERGÍA PARA LOS CABLES

|  |   |
|--|---|
| Procurar instrumentos de calidad probada. Al elaborar las listas de proveedores para la oferta, hacer del conocimiento del proveedor implicado cualquier problema verificable o experiencia negativa.                          | Baja los costos de ciclo de vida.               |
| Requerir que el proveedor etiquete con acero inoxidable todos los instrumentos diseñados.  | Mejora productividad                            |
| Especificar protección contra congelamiento para los instrumentos montados al exterior.  | Previene daños.                                 |
| Cuando sea práctico, especificar que los instrumentos se calibren en taller antes de enviarse al campo. Deben identificarse los instrumentos de entrega prolongada crítica para esta actividad, si no se realiza pre-calibrado | Elimina instrumentos "fuera de especificación". |

|   |   |
|---|---|
| en el campo a su arribo.  |   |
| Especificar accesorios estándar para los instrumentos del proyecto, incluyendo a los proveedores.                   | Reduce costos.                                  |
| Cuando sea posible, maximizar el uso de instrumentos montados en línea, evitando los que están montados en su base. | Ahorra horas de trabajo. Aumenta productividad. |

### CAJAS DE JUNTAS

|  |   |
|--|---|
| Utilizar tableros de instrumentos prefabricados.   | Mejora la productividad y reduce costos de campo. |
| Exigir al proveedor que etiquete las terminales en las cajas de uniones de instrumentos, como se indica en los planos. | Ahorra horas de trabajo. Aumenta productividad.   |

### PLANOS DE CIRCUITOS

|  |   |
|--|---|
| Asegurarse que los planos de circuitos incluyan puntos de ajuste de los instrumentos, entre otros. | Aumenta productividad y mejora programa. Ahorra horas de trabajo. |
| Asegurarse que los planos de circuitos incluyan el dispositivo de estación de trabajo al campo.    | Aumenta productividad y mejora programa. Ahorra horas de trabajo. |

### CABLE

|   |  |
|---|--|
| Cuando sea posible, especificar cable multipar.   | Minimiza jalado de cable y reduce costos.                          |
| Revisar el uso de cable y charolas blindados en lugar de conduit para instrumentos arriba del nivel del piso. | Aumenta productividad. Ahorra horas de trabajo = ahorro en costos. |

### CONDUIT

|   |  |
|---|--|
| Definir claramente en los planos de detalle donde se requieran accesorios de sello para conduit.  | Reduce re-trabajo.   |
| Adquirir conduit flex de ½" para las conexiones de conduit para instrumentos (el de ¾" es difícil de trabajar).                                 | Ahorra horas de trabajo. Aumenta productividad.                                |
| Instalar coples flex en los lugares donde ocurran frecuencias de vibraciones.   | Revisar por cuadrillas. Reduce re-trabajo.                                     |
| Mostrar el conduit de instrumentos en los planos (de punto a punto).  | Ahorra horas de trabajo. Aumenta productividad.                                |
| No instalar cable a tierra en conduit flex para instrumentos a menos que lo requiera el cliente. El conduit flex cuenta con tierra hasta 1 ¼" . | Aumenta productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos. |

### ENTUBACIÓN

|   |  |
|---|--|
| Las tuberías pre-aisladas son preferibles a aislarlas manualmente para el suministro de tubería para rastreo de vapor y de regreso, así como para las líneas de los sensores de instrumentos. | Reduce los costos de mano de obra de campo y mejora productividad- |
| Hacer uso máximo de haces múltiples de tuberías.  | Reduce costos de mano de obra de campo y mejora productividad.     |
| Estandarizar las cédulas y espesor de pared de las tuberías de acero inoxidable.  | Reduce costos.   |
| Estandarizar las válvulas de tuberías, incluyendo las de proveedores.   | Reduce costos.   |

### EDIFICIO DE CONTROL/EDIFICIO DE ANALIZADORES

|  |   |
|--|---|
| Asegurar que las aberturas de las puertas estén diseñadas para acomodar la instalación de los SCD y que se incluyan en la orden de compra los dispositivos especiales de izado que se requieran para el equipo pesado que debe levantarse por la parte superior. | Reduce retrasos y mejora la productividad.  |
| Combinar las casetas de muestras de los analizadores con un sólo proveedor/caseta cuando sea aplicable. Combinar el sistema de monitoreo continuo de emisiones y el de muestreo de agua/vapor en una sola caseta.  | Minimiza el costo de materiales. Menos manos de obra para hacer cimentaciones de casetas. |

### PRUEBAS

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| Considerar lo siguiente en relación al chequeo de | Reduce costos de mano de obra, mejora |
|---|---------------------------------------|

|  |  |
|--|--|
| <p>circuitos, calibración y prueba de instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Emitir diagramas de circuitos oportunamente</li> <li>• Desarrollar plan de instalación para que se pueda planear y completar la calibración ordenadamente.</li> <li>•Diseñar la secuencia de entrega, desarrollar el plan de chequeo de circuitos e identificar los requerimientos de mano de obra.</li> </ul> | <p>productividad y apoya la terminación del programa.</p>                                |
| <p>Re-calibrar los instrumentos como se reciben en el sitio. La información de la calibración de instrumentos debe enviarse al campo al inicio. Coordinar con apoyo de Instrumentos.</p>   | <p>Instalar un trailer de calibración. Reduce trabajo de campo/mejora productividad.</p> |

## RECUBRIMIENTOS DE PROTECCIÓN GENERAL

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <p>Desarrollar planes para completar sistemas, para que el aislamiento y las pruebas hidrostáticas puedan iniciar temprano, extendiendo así el alcance del aislamiento por un período más largo de tiempo y reduciendo el número pico de instaladores.</p> | <p>Mejora el programa.</p>     |
| <p>Monitorear la instalación en el campo y en taller y proporcionar experiencia técnica como se requiera.</p>  | <p>Reduce costos finales.</p>  |
| <p>Minimizar el almacenamiento de aislantes en el campo seleccionando a un proveedor que entregue el aislamiento en paquetes de trabajo.</p>   | <p>Reduce costos de campo.</p> |

## ESPECIFICACIONES DE PINTURA

|  |   |
|--|---|
| <p>Desarrollar especificaciones de pintura, incluyendo los esquemas de color requerido al inicio del proyecto para que el acero, tubería y equipo se pinten en los talleres del proveedor (estandarizar colores).</p>                            | <p>Reduce costos de campo, mejora programa y productividad.</p>   |
| <p>Requerir al proveedor que los métodos de pintura e inspección para la preparación de superficies sean compatibles con las especificaciones del cliente. Utilizar el acabado estándar del fabricante, si lo permiten las especificaciones.</p> | <p>Permite que los proveedores utilicen sus propios procedimientos, generalmente dando un mejor producto.</p> |
| <p>Considerar las condiciones de temperatura ambiente y de humedad relativa que se encontrarán durante la construcción, así como durante la vida de la planta, al especificar la pintura que se aplicará en el campo.</p>                        | <p>Mejora la calidad y reduce el re- trabajo.</p>   |
| <p>Considerar la compatibilidad y el máximo tiempo permitido entre la aplicación de los sistemas en el taller y en el campo al especificar pintura para la pintura primer aplicada en el taller y las capas que se aplican en el campo.</p>      | <p>Mejora la calidad y reduce el re-trabajo.</p>  |
| <p>Considerar las temperaturas máximas o extremas de operación y los requerimientos de expulsión de vapor al especificar pinturas.</p>   | <p>Mejora la calidad y reduce el re-trabajo.</p>  |
| <p>Estandarizar los tipos de pintura primer y exterior hasta donde sea práctico.</p>   | <p>Reduce la posibilidad de instalar un tipo de producto equivocado.</p>                                      |

## APLICACIÓN DE PINTURA

|  |   |
|--|---|
| <p>Requerir por medio de los detalles de tubería o equipo y en las especificaciones de pintura que todas las superficies de Teflon se protejan durante las operaciones de construcción y pintura.</p>                          | <p>Reduce costos y re-trabajo.</p>        |
| <p>Si se especifica primer de zinc inorgánico, inspeccionar y verificar la aplicación de este material. Los proveedores y otros aplicadores requieren instrucciones /asesoría específicos acerca del uso de este material.</p> | <p>Mejora calidad y reduce retrabajo.</p> |
| <p>Especificar y monitorear todos los materiales de limpieza</p>   | <p>Mejora calidad y reduce retrabajo.</p> |

|  |  |
|--|--|
| con chorro de arena y su aplicación.   |  |
| Especificar, monitorear e inspeccionar toda la aplicación de envoltura de tuberías y de recubrimiento interno. | Mejora calidad y reduce retrabajo.                                 |
| Desarrollar un programa de pintura de elementos estructurales, carretes de tuberías y equipo en taller.        | Elimina la necesidad de una gran operación de pintura en el campo. |

### **ESPECIFICACIONES DE AISLAMIENTO**

|  |   |
|--|---|
| Realizar un estudio de costo/vida por ingeniería para determinar el espesor más efectivo del aislamiento para el proyecto.   | Reduce costos de instalación.                                 |
| Minimizar las dobles capas de aislamiento cuando sea posible. Utilizar una capa de 4" en lugar de 2 capas de 2".   | Reduce costos de instalación.                                 |
| Verificar y detallar en diagramas el corte requerido en las bridas para quitar tornillos. También, identificar las bridas que se requiera aislar, de acuerdo a las especificaciones. | Reduce el re-trabajo en el campo y los costos de instalación. |
| Medir los nipples de purga desde las almohadillas de refuerzo para acomodar el espesor del aislamiento en la tubería o recipiente correspondiente.                                   | Reduce costos   |
| Revisar y verificar los requerimientos y especificaciones de aislamiento de los proveedores para que cumplan con las especificaciones del proyecto y en los puntos de interfaz.      | Reduce re-trabajo y baja costos de instalación.               |

### **AISLAMIENTO DE EQUIPO**

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Cuando sea posible, utilizar aislamiento removible tipo cubierta en el equipo que requiera acceso. | Reduce costos de mantenimiento. |
| Considerar al máximo realizar el aislamiento en el taller.   | Reduce costos de campo.         |

### **APLICACIÓN DE AISLAMIENTO ESPECIAL**

|   |  |
|---|--|
| Si es aplicable, revisar y aprobar todas las aplicaciones especiales de aislamiento, como son en ductos, unidades de paquete y para aislamiento utilizado contra fuego. | Reduce re-trabajo y mejora la calidad. |
| Verificar e incluir los requerimientos de aislamiento especificado para los sistemas de cable eléctrico y de control y de válvulas especiales.                          | Ayuda a mantener el programa.          |
| Asegurarse que se consideren todos los requerimientos de rastreo de cable eléctrico y de vapor al preparar las listas de materiales.                                    | Ayuda a mantener el programa.          |

## **PROCURACIÓN Y CONTRATOS**

### **TUBERÍAS/ACERO ESTRUCTURAL**

|  |  |
|--|--|
| Asegurar que se hagan pedidos al inicio para artículos de entrega prolongada que no estén disponibles, para asegurar que lleguen para cumplir con el programa de erección (válvulas, coladeras, trampas y accesorios, coples de mangueras, soportes de resorte.) | Aumenta la productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos.  |
| Pedir un amplio surtido de refacciones para elementos como son válvulas, hidrantes, etc.   | Aumenta la productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos.  |
| Determinar si los carretes de tubería se fabricarán fuera o en el sitio.   | Reduce trabajo en el campo, de ser posible.  |
| La protección de las caras de los empaques en el sitio evitará costosas fugas durante las pruebas hidrostáticas y el arranque.   | Ahorro en costos.  |
| Emitir al inicio los tipos de metales/aleaciones que se utilizarán.  | Mejor calidad, el campo estará conciente de estos requerimientos. La prevención de pérdidas/daños ahorra dinero.               |
| Debe seleccionarse a los proveedores de válvulas y otros componentes no solamente por el precio. Deben hacerse evaluaciones de su desempeño pasado.  | Los retrasos en entrega y el retrabajo cada día aumentan más los costos en el campo, y en muchos casos exceden el costo de los |

|   |   |
|---|---|
|   | "ahorros" por ofertas bajas. Se ahorra tiempo y costos. Mejora la calidad.        |
| Hacer un análisis de costos empleando acero inoxidable para los sistemas de aceite lubricante. Definir claramente el procedimiento de limpieza. Evitar conexiones en la parte inferior. | Elimina el picado y reduce los requerimientos de limpieza. Mejor calidad.         |
| Deben utilizarse códigos de color (circunferencial) para los carretes fabricados en taller y mostrarse en cada isométrico.  | Esto ayudará a recibir y manejar la tubería. Menor costo y menos confusión.       |
| Establecer sistemas de rastreo para la prefabricación de carretes desde la emisión del primer isométrico.   | Aumenta la productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos. |
| Establecer un procedimiento de cargos y tarifas unitarias para reparar tubería mal fabricada e incluir estos requerimientos en la orden de compra de tubería fabricada.                 | Reduce costos y aclara los requerimientos de reparación.                          |

### **EQUIPO**

|   |   |
|---|---|
| Revisar que los orificios para los tornillos en las bridas del equipo estén bien orientados/colocados en la fábrica, especialmente con equipo fabricado en el extranjero. | Permite una mejor instalación en el campo. Previene el retrabajo. Ahorro en costos. |
|---|---|

### **GENERAL**

|  |  |
|--|--|
| Hacer un estudio de proveedores y desarrollar una lista de los que tengan una buena trayectoria.   | Reduce costos del proyecto.                    |
| Considerar la implementación de un programa o procedimiento de expedición de proveedores.  | Reduce cargos por mal trabajo de contratistas. |
| Auditar Ingeniería de Proyecto para asegurar que los planos estén completos y que los proveedores estén recibiendo planos de calidad.  | Reduce cargos por mal trabajo de contratistas. |
| Previo al otorgamiento, revisar la fábrica del proveedor para asegurar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que las instalaciones sean adecuadas y de suficiente tamaño para manejar el trabajo.</li> <li>• Que el proveedor cuente con suficientes supervisores, ingenieros, mano de obra, soldadores y dibujantes calificados.</li> </ul> | Reduce retrasos al programa.                   |

### **CONTRATOS**

|   |   |
|---|---|
| Establecer un sistema de distribución de planos que asegure que los planos nuevos o revisados sean entregados al contratista de manera oportuna sin causar retrasos al trabajo.   | Minimiza las reclamaciones de los contratistas debido a retrasos en planos. |
| Asegurarse que se haga un recorrido de la obra previo a la oferta/otorgamiento y una junta de Constructabilidad como algo necesario para el proyecto.   | Reduce reclamaciones de mano de obra.                                       |
| Terminar una lista de todo el trabajo que se contratará.  | Reduce los costos generales del proyecto                                    |
| Desarrollar una lista de contratistas calificados para que sea revisada por el cliente, para hacer la oferta de cada paquete de trabajo.  | Minimiza el no desempeño por el contratista y reduce costos.                |
| Establecer un procedimiento que permita tanto una estrategia a precio alzado como una de costos reembolsables con tarifas unitarias aplicables o de tiempo y materiales en situaciones que resulten por entregas retrasadas de materiales o cambios al alcance. | Reduce costos.  |
| Incluir un programa detallado en el paquete del contrato con suficiente detalle para que el precio del contratista pueda incluir un compromiso con el programa.   | Apoya el programa del proyecto y minimiza reclamaciones.                    |
| Asegurar que el programa del proyecto se pueda lograr e incluya flotación por contingencias.  | Permite que el proyecto cumpla con los compromisos del programa.            |
| Calcular la necesidad de mano de obra para obtener la densidad apropiada de trabajadores y optimizar la   | Reduce costos y mejora el programa.   |

|  |  |
|--|--|
| productividad.   |  |
| Asegurar que los requerimientos de programación y de reportes de avance impuestos a los contratistas estén claramente definidos e incluidos en el Alcance de Trabajo.  | Reduce demandas.   |
| Asegurar que el Alcance de Trabajo esté bien definido y se incluyan los siguientes requerimientos en el plan del Contrato: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que contenga las últimas especificaciones, planos e información técnica.</li> <li>• Que los requerimientos de desempeño estén claramente establecidos (pruebas hidrostáticas, limpieza, documentación y As-Builts).</li> <li>• Que los requerimientos de códigos estén claramente detallados.</li> <li>• Que defina las responsabilidades de interfaz (Por ejemplo: qué Contratista es responsable de hacer la soldadura final)</li> <li>• Que se definan claramente las áreas de trabajo/colocación</li> <li>• Responsabilidad del suministro y mantenimiento de las instalaciones temporales.</li> <li>• La responsabilidad de suministrar documentación (Por ejemplo: documentación de pruebas hidrostáticas, planos As-Built y registros de seguridad.)</li> </ul> | Minimiza demandas de contratistas y reduce costos generales del proyecto.      |
| Incluir una provisión en el Contrato para que haya juntas semanales de interfaz con contratistas para coordinar las actividades entre varios contratistas y para discutir programas.   | Reduce demandas y mejora la productividad.                                     |
| Asegurar que se haya seleccionado un número adecuado de personal de campo competente para que administre el trabajo en el campo. Seleccionar el personal para determinar su experiencia en la contratación de trabajo.   | Mejora la calidad del proyecto y minimiza demandas.                            |
| Establecer un procedimiento para rastrear y documentar el desempeño de los contratistas.   | Previene que el cliente tenga que pagar las ineficiencias de los contratistas. |
| Desarrollar un plan para evitar demandas.  | Reduce reclamaciones.  |
| Enmendar los contratos de manera oportuna y equitativa para que reflejen los cambios autorizados y aprobados.  | Refleja costos del proyecto al avanzar el trabajo.                             |
| <b>PROGRAMACIÓN</b>  |  |
| Contar con contingencia de tiempo entre la fecha pronosticada del proveedor y la fecha de compromiso del contratista para asegurar que haya tolerancia para la entrega de material.  | Minimiza reclamaciones y retrasos al programa debido a entregas tarde.         |
| Asegurar que los proveedores cuenten con una lista de prioridades para suministro y entrega.   | Reduce retrasos al programa.   |

## **CONSTRUCCIÓN EQUIPO**

|  |   |
|--|---|
| Minimizar el uso de máquinas de soldar de motor. Considerar utilizar soldadoras eléctricas de ocho bancos o unidades inversoras individuales compactas.                                | La energía eléctrica es menos costosa que el diesel. Reduce los requerimientos de pipas de combustible y de mantenimiento de máquinas.  |
| Minimizar la distancia entre la soldadura y la fuente de suministro. Utilizar máquinas de soldar de inversor eléctrico portátiles que puedan llevarse directamente al sitio de soldar. | Elimina el tener que estar subiendo y bajando escaleras para ajustar la corriente. Minimiza los requerimientos de cable de soldadura. Elimina el efecto "Spaghetti" en los cables de soldadura y el adivinar qué cable es |

|   |  |
|---|--|
|   | alimentado por cuál máquina.   |
| Maximizar la productividad de las grúas. Considerar grúas que tengan indicadores de momento de carga y capacidad de marcado.  | Mejora la seguridad en cuanto a exceso de carga. Mejora el ciclo de operaciones repetitivas: ejemplo: marcado en el ángulo de la viga para que coloque la cubeta de concreto debajo del canalón del trompo y permitir que este marcado controle los siguientes ciclos. |
| Minimizar el obstaculizar el trabajo contiguo al limpiar con chorro de arena. Considerar utilizar técnicas de limpieza con chorro al vacío que reciclen el polvo en un sistema cerrado.                       | Comprime el programa permitiendo realizar otras actividades dentro de la misma área que sean paralelas a la limpieza con chorro de arena. Elimina potenciales daños laterales a equipo sensible.   |
| Basar la selección de equipo de construcción en su versatilidad, facilidad de mantenimiento y facilidad de operación. Considerar el uso de elevadores en lugar de andamios.                                   | Reduce costos de operación y el número de equipo requerido.  |
| Definir el equipo permanente del sistema que pueda ser usado para suministrar energía provisional (Por ejemplo: transformadores, tableros de iluminación e iluminación de patio.                              | Reduce costos.   |
| Considerar el uso de plantas móviles de luz para proveer o complementar la iluminación de las áreas durante la construcción. Analizar compra versus renta y la entrega a mantenimiento al final del proyecto. | Reduce costos. La compra de una fuente de luz flexible resulta muchas veces más económica que rentarla.  |

### **HERRAMIENTA**

|   |   |
|---|---|
| Minimizar la mano de obra de tubería, soldadura y preparación de las mismas. Utilizar herramientas manuales de alta velocidad operadas con aire.  | Mejora la calidad de los ajustes. Reduce defectos de soldadura, mejora la producción y reduce costos de mano de obra. |
| Maximizar la productividad de instalación de tubería de pared delgada. Para juntas muy repetitivas considerar el uso de equipo de soldadura autógena orbital.   | Reduce defectos de soldadura y los requerimientos a soldadores hábiles. Mejora la producción.                         |
| Investigar la factibilidad de utilizar computadoras de pluma para hacer listas de materiales y de pendientes. Planear implementarlas y capacitar en el sitio.   | Aumenta la productividad/precisión de listas. Ahorra horas de trabajo.  |
| Utilizar un sistema de identificación con código de barras para apoyar el control de inventarios de herramientas y materiales a granel.   | Provee una administración más eficiente de materiales.  |
| Contar con suficiente inventario de consumibles, como son cuchillas de sierras, limas y varillas de soldadura en los talleres de fabricación.   | Reduce tiempo perdido por espera de materiales.   |
| Contar con racks de almacenamiento de botellas de oxígeno/acetileno localizadas centralmente. Considerar utilizar suministro de gas a granel con un sistema de distribución permanente.   | Promueve la seguridad y facilita su manejo.   |
| Puesto que puede ser limitada la disponibilidad de canales de radio abiertos, investigar medios alternativos de comunicación, como son sistemas de voceo y teléfonos celulares.   | Mejora la comunicación en el sitio.   |
| Pedir que las herramientas pequeñas y los cables de extensión tengan enchufes con seguro para el uso de energía temporal.   | Mitiga riesgos.   |
| Asegurar que se haya eliminado el seguro de las herramientas eléctricas antes de que lleguen al sitio de trabajo. Especificar estos requerimientos en las órdenes de herramienta pequeña para eliminar la necesidad de quitar esos dispositivos en el sitio de trabajo. | Reduce costos y mejora la seguridad.  |
| Especificar el uso de equipo de levantamiento tipo láser para las elevaciones y ejes.   | Mejora la productividad. Ahorra horas de trabajo en el campo = ahorro en costos.                                      |

### **INSTALACIONES TEMPORALES**



|  |  |
|--|--|
| <p>Establecer requerimientos para instalaciones temporales y servicios de construcción, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de trailers para subcontratistas</li> <li>• Almacenes</li> <li>• Áreas de Colocación de materiales</li> <li>• Estacionamiento</li> <li>• Talleres de fabricación y de metales</li> <li>• Orientaciones de seguridad, gafetes y pruebas anti-doping</li> <li>• Pruebas a soldadores</li> <li>• Lista de izados</li> <li>• Laboratorio de pruebas en el sitio</li> <li>• Carpintería</li> <li>• Saniports</li> <li>• Definir los edificios e instalaciones en los diagramas y finalizar las localizaciones en los planos plateados.</li> </ul> | <p>Reduce la posibilidad de tener instalaciones redundantes. Establece interfaces con las instalaciones permanentes, minimizando así costosas reubicaciones. Previene ampliaciones costosas si las instalaciones son de tamaño adecuado desde el inicio del proyecto. Provee las bases para hacer estimaciones de costos detalladas.</p> |
| <p>Equipar el taller de fabricación del sitio. Que cuente con herramienta y equipo adecuados.</p>  | <p>Mejora la productividad, la moral y la seguridad.</p>   |
| <p>Distribución del laboratorio considerando todo el proceso de fabricación. Minimizar el manejo.</p>  | <p>Promueve un eficiente flujo de material a través del taller.</p>  |
| <p>Determinar si algunas de las instalaciones permanentes pueden habilitarse durante la construcción. De ser así y si es una instalación nueva, terminar el diseño de la instalación que se utilizará durante la construcción desde el inicio.</p>   | <p>Mejora costos y programa eliminando duplicación de instalaciones.</p>   |
| <p>Usar artículos fabricados en lugar de fabricados en el sitio, como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trailers sanitarios</li> <li>• Sistemas de repisas</li> <li>• Edificios temporales que se destruyan</li> <li>• Tableros de distribución</li> <li>• Caseta de campo y cajas de herramientas</li> </ul>  | <p>Provee estandarización y reduce costos de mano de obra de campo.</p>  |
| <p>Proveer recipientes y repisas adecuados para almacenar elementos como conexiones y válvulas pequeñas.</p>   | <p>Reduce el manejo de materiales y mejora el control de inventarios.</p>  |
| <p>Proveer racks para almacenar tubería pequeña, conduit y diversas formas de acero.</p>   | <p>Mantiene el material fuera del suelo y promueve facilidad de manejo.</p>  |
| <p>Planear la distribución del área de colocación de materiales para que los elementos almacenados sean fáciles de encontrar, de dar mantenimiento (si se requiere) y de levantar.</p>   | <p>Reduce problemas de manejo de materiales.</p>   |
| <p>Proveer una superficie de trabajo adecuada como lo es grava, con drenaje adecuado y suficientes polines para las áreas de colocación.</p>   | <p>Facilita el movimiento y previene daños por agua.</p>   |
| <p>Proveer talleres de fabricación con corriente adecuada y segura y un taller de ajuste que cuente con el equipo y herramienta adecuados.</p>   | <p>Mejora la productividad, la moral y la seguridad.</p>   |
| <p>Distribuir los talleres de fabricación con todo el proceso de fabricación en mente para maximizar la eficiencia.</p>  | <p>Promueve un flujo eficiente de material a través del taller.</p>  |
| <p>Investigar alternativas para minimizar problemas debido a espacio limitado de estacionamiento en el sitio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratar servicios de autobús de las comunidades cercanas</li> <li>• Servicio de autobús desde los estacionamientos fuera de sitio hasta las áreas de trabajo en el sitio.</li> </ul>  | <p>Mejora la productividad y reduce el congestionamiento de tráfico.</p>   |

|  |  |
|--|--|
| Emplear a un solo contratista dentro de la planta para el mantenimiento de los caminos de construcción.  | Elimina la división de responsabilidades.  |
| Instalar corriente temporal durante la instalación de los servicios enterrados para reducir que estén expuestos al equipo de construcción. También, hacer las rutas de la energía temporal a lo largo de las trayectorias que tengan menos posibilidad de excavación durante la construcción.  | Mejora la seguridad y reduce costos.   |
| Asegurar que haya suficiente suministro de energía temporal para la revisión y arranque o que el suministro permanente esté disponible para apoyar estas actividades.  | Reduce costos y retrasos al programa.  |
| Instalar bebederos eléctricos al inicio para eliminar la necesidad de tanques de agua. Localizar los bebederos o surtidores de agua embotellada cerca de los tableros de distribución eléctrica.   | Reduce la necesidad de manejo/limpieza de tanques de agua y requerimientos de hielo.   |
| Maximizar el uso de sistemas permanentes de tubería para los servicios temporales (aire, N <sub>2</sub> y agua).   | Minimiza la duplicación de sistemas.   |
| Diseñar el sistema de drenaje sanitario al inicio para minimizar el uso de excusados químicos.   | Mejora la limpieza del sitio de trabajo.   |
| Considerar sistemas y servicios que pueden usarse durante la construcción y después transferirse a mantenimiento o a operaciones. Por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadoras personales</li> <li>• Software de planeación/programación y de refacciones</li> <li>• Lectoras portátiles de código de barras</li> <li>• Radios de dos vías y sistemas de voceo</li> <li>• Herramientas portátiles y equipo de taller</li> <li>• Edificios pre-diseñados</li> <li>• Compresores de aire de paquete</li> </ul> | Reduce los costos generales del proyecto y mejora los sistemas de mantenimiento iniciales.   |
| De ser posible, utilizar la cerca permanente para el sitio de trabajo y/o diseñar la seguridad del área durante la construcción.   | Elimina la necesidad de cercas temporales.   |
| Considerar el uso de sistemas de seguridad electrónicos.   | Mejora la capacidad de vigilancia sin aumentar la necesidad de horas guardia.  |
| Utilizar trailers prefabricados (doble ancho, múltiples de un ancho, entre otros.) para las oficinas de construcción en el sitio.  | Espacio adecuado para administrar el trabajo. El Propietario puede convertir el edificio de almacén en instalaciones de mantenimiento o de capacitación al terminar la construcción. |
| ¿Se han definido claramente cuáles serán las instalaciones que suministrará el subcontratista y cuáles el propietario?   | Definir el alcance y hacer un recorrido detallado a pie. Reducir demandas.   |
| Utilizar instalaciones nuevas o existentes para las temporales durante la construcción.  | Ahorro en costo y tiempo, al eliminar duplicación.   |
| Considerar el empleo de estructuras metálicas prediseñadas o modulares prefabricadas para edificios y almacén.   | Aumenta la productividad en el campo y mejora el programa. Ahorra horas de trabajo.  |
| <b>SEGURIDAD</b>   |  |
| Asegurar que se instale protección de fallas a tierra en todas las instalaciones eléctricas temporales, o realizar inspecciones mensuales de seguridad en dichas instalaciones.  | Mitiga riesgos.  |
| Mantener los cables de soldadura y cables de extensión fuera de pasillos por medio de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizar los tableros de distribución cerca de las</li> </ul>   | Elimina riesgos y protege cables.  |

|  |   |
|--|---|
| <p>áreas de trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar "árboles de Navidad" para mantener los cables de soldadura y cables de extensión fuera del piso.</li> <li>• Utilizar máquinas de soldar apilables</li> <li>• Emplear salidas de corriente permanentes para soldadura</li> </ul> |   |
| Considerar la necesidad de equipo y ropa especial de protección.   | Mejora operaciones seguras y reduce costos. |

### **RESPONSABILIDAD DEL PERSONAL**

|  |  |
|--|--|
| Desarrollar un sistema preciso de reportes de avance y automatizar cuando sea posible.   | Eficiencia en oficinas   |
| Revisar los requerimientos de las pruebas de comisionamiento, arranque y desempeño del proyecto en el Contrato.  | Provee la información necesaria para desarrollar el plan.  |
| Asegurarse que el Contrato establezca o defina el uso de los operadores permanentes de la planta durante las pruebas de comisionamiento, arranque y desempeño de la planta.  | Provee entrenamiento práctico a los operadores y puede reducir los requerimientos de personal en el arranque.                  |
| Asegurar que el Contrato establezca las consecuencias de tomar posesión de la planta por el cliente antes de la transferencia contractual del cuidado, custodia y control.   | Reduce la posibilidad de tener un arranque completo en un clima sin control.   |
| Revisar el Contrato en cuanto a los métodos de resolver disputas con el Cliente acerca de asuntos relacionados con las pruebas de comisionamiento, arranque y desempeño.   | Provee las bases para arreglar disputas y mejora las relaciones con el cliente.  |
| Asegurar que todo el plan de ejecución de construcción considere la terminación de los sistemas.   | Reduce el esfuerzo de arranque en el campo. Mejora el proceso de transferencia y reduce costos de construcción.                |
| Programar juntas entre los miembros de los equipos de construcción y arranque regularmente.  | Mejora las relaciones de trabajo y reduce el echar culpas.   |
| Desarrollar e integrar el programa de arranque con el programa general del proyecto para proveer una clara indicación de las tareas de arranque y el tiempo requerido para desarrollarlas.   | Asegura una mejor integración de las actividades del proyecto y mejora la comunicación.  |
| Mantener juegos de planos As-Built durante la construcción y el arranque.  | Provee un récord detallado de los cambios al diseño.   |
| Asegurar que el equipo de arranque esté consciente de las metas del proyecto, que se desarrolle un plan definitivo de arranque y que la gerencia esté involucrada en el concepto de comisionamiento/arranque.  | Mejora la interfaz, identifica la manera como se realizarán las actividades y reduce problemas y dificultades con la gerencia. |
| Dar tiempo y presupuesto para las revisiones de documentos de equipo suministrado por proveedores, así como para pruebas en taller e inspecciones para detectar deficiencias de diseño previo a la fabricación y envío.  | Reduce costos y mejora programa.   |
| No instalar capas de acabados hasta que las demás especialidades hayan completado su trabajo.  | Minimiza reparaciones y reduce re-trabajo.   |
| Establecer programas/procedimientos en el sitio que aseguren que todo el equipo recibido se examine en cuanto a su cumplimiento con especificaciones, posibles daños en el embarque y que se mantenga en buenas condiciones hasta su instalación.              | Mejora la planeación de la construcción en el sitio y reduce daños a equipo nuevo.   |
| Establecer un programa de lubricación en sitio basado en las especificaciones de los fabricantes para todo el equipo. Nota: La mayoría del equipo rotatorio debe rotarse regularmente durante el período de construcción para prevenir daños a las chumaceras. | Reduce costos y retrasos resultantes de daños al equipo durante su almacenamiento y arranque.                                  |

## PRUEBAS

|   |   |
|---|---|
| Expeditar pruebas hidrostáticas. Utilizar un detector direccional ultrasónico para rápidamente detectar fugas.  | Más rápido de las pruebas de jabón, burbuja. Útil para detectar fugas en válvulas y válvulas check y derivaciones internas. "Escucha" la alta frecuencia de derivaciones internas, que de otra manera cuesta mucho tiempo detectar. |
| Proveer aire limpio, seco para la revisión de controles neumáticos. Utilizar un sistema permanente o secador recibidor /filtro de aire para eliminar la humedad del aire. | Facilita la revisión y elimina daño por agua a los controles.   |
| Discutir los procedimientos y métodos de pruebas con el cliente tan pronto sea posible para identificar lo que se logrará durante las pruebas.                            | Promueve relaciones con el cliente y mejora costos y programa.  |
| Revisar los requerimientos del Contrato en cuanto a las pruebas de comisionamiento, arranque y desempeño.   | Provee la información necesaria para desarrollar el plan.   |
| Desarrollar procedimientos definitivos de prueba y asegurar que se sigan.   | Mejora la productividad y establece los requerimientos de aceptación.   |
| Desarrollar un plan general de pruebas para coordinar todas las fases de pruebas de la instalación.   | Mejora la organización y la transferencia de las instalaciones al cliente.  |
| Establecer lineamientos para determinar cuando la planta esté lista para las pruebas.   | Proporciona una medida de cuándo iniciar al utilizar los lineamientos.  |
| Establecer procedimientos de cerrado/etiquetado para que se usen uniformemente durante toda la construcción, arranque y operaciones.                                      | Mejora la seguridad   |
| Considerar medios de simplificar y controlar las operaciones de lavado en coordinación con operaciones de la Planta.  | Mejora la productividad. Ahorra tiempo de trabajo en el campo = ahorro en costos.   |
| Probar la plomería antes de construir los muros.  | Reduce posibilidad de trabajo de albañilería.   |
| Después del arranque todos los tornillos de las válvulas de compuerta deslizable deben volverse a apretar.  | Calidad. Seguridad.   |

## TRANSFERENCIA

|  |   |
|--|---|
| Asegurar que Construcción y arranque utilicen una sola lista de pendientes para rastrear los requerimientos de terminación del sistema.  | Reduce confusiones y duplicación de trabajo.  |
| Establecer los requerimientos que deben cumplirse para hacer una entrega temprana al cliente.  | Reduce re-trabajo.  |
| Se requiere una definición temprana y precisa de los paquetes de sistemas para una entrega ordenada por fases.   | Integrar el plan de arranque al Manual de Procedimientos del Proyecto.                        |
| Define y prepara los paquetes de entrega del sistema con suficiente anticipación para permitir priorizar las actividades de construcción.  | Los ingenieros de campo controlan. Aumenta la productividad en el campo y mejora el programa. |
| Iniciar la revisión de las instalaciones tan pronto sea posible involucrando a los ingenieros de proceso del proyecto. No minimizar el tiempo requerido para completar el trabajo pendiente. | Aumenta la productividad. Reduce horas de trabajo en el campo = ahorro en costos.             |
| Asegurar que toda la documentación requerida esté completa y a tiempo.   | Aumenta la productividad, entrega puntual del sistema.  |
| Involucrar al personal de la planta en la planeación del comisionamiento y arranque. (Al inicio).  | Promueve operaciones seguras y eficientes.  |

## CONCRETO

|  |   |
|--|---|
| Diseñar el pavimento de acabados al inicio; pavimentar sólo la base y utilizarla durante la construcción.  | Mejora el acceso durante la construcción.                                     |
| Seguir cuidadosamente las instrucciones del fabricante en relación a la instalación y almacenamiento del material de lechada. Estar consciente de la vida del producto en almacén. | Reduce desperdicio y retrabajo.   |
| Desarrollar una mezcla de arena-cemento para facilitar el relleno en áreas congestionadas.   | Mayor productividad. Ahorra tiempo de trabajo en el campo = ahorro en costos. |

## ELÉCTRICO

|   |   |
|---|---|
| Planear la ubicación de los puntos de jalado de cable para que haya acceso del equipo, para los bancos de carretes de cable y para el jalado cuesta abajo.  | Revisión de Constructabilidad. Mejora la productividad. |
| Devolver rápidamente los carretes de cable vacíos para que se acrediten.  | Reduce costos   |
| Deben desarrollarse al inicio los requerimientos de almacenamiento y los procedimientos de manejo para que construcción pueda planear la calefacción, requerimientos de espacio para elementos como los CCM, interruptores y motores. | Reduce costos y apoya las actividades de planeación.    |

## MATERIAL

|  |  |
|--|--|
| Mantener existencia de materiales a granel (existencia máxima-mínima). | Reduce tiempo de espera de materiales. |
|--|--|

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No | CONCEPTO | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|---------------|----|-------------|
|    |          | SI            | NO |             |

**GENERAL**

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| 1 | ¿CONSIDERÓ OPORTUNAMENTE EN LOS DISEÑOS TRABAJOS DE MODULARIZACIÓN?  |  |  |  |
| 2 | ¿CONSIDERÓ LA MODULARIZACIÓN PARCIAL O COMPLETA? EN CASO DE QUE OPTÉ POR LA MODULARIZACIÓN                 |  |  |  |
| 3 | ¿CONSIDERÓ OPORTUNAMENTE EN LOS DISEÑOS TRABAJOS DE PREFABRICACIÓN?  |  |  |  |
| 4 | ¿CONSIDERÓ OPORTUNAMENTE EN LOS DISEÑOS TRABAJOS DE PREENSAMBLE?   |  |  |  |
| 5 | ¿CONSIDERÓ TEMPRANAMENTE LA PLANEACIÓN DE UN ARREGLO FINAL DE PLANTA?                                      |  |  |  |
| 6 | ¿CONSIDERÓ TEMPRANAMENTE LA PLANEACIÓN DE UN ARREGLO DE EQUIPOS?   |  |  |  |
| 7 | ¿OBTUVO INFORMACIÓN DEL PROVEEDOR DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES PARA SER PLASMADO TEMPRANAMENTE EN EL DISEÑO? |  |  |  |

**OFICINAS TEMPORALES**

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 8  | ¿CONSIDERÓ TEMPRANAMENTE LA PLANEACIÓN DE UN LAYOUT DE EDIFICIOS?                                      |  |  |  |
| 9  | ¿CONSIDERÓ TEMPRANAMENTE LA PLANEACIÓN DE UN ARREGLO DE EQUIPOS?                                       |  |  |  |
| 10 | ¿DISTRIBUYÓ DE FORMA OPORTUNA Y ADECUADA LAS ÁREAS DE FABRICACIÓN CON RESPECTO A LAS ÁREAS DE TRABAJO? |  |  |  |
| 11 | ¿DESARROLLÓ TEMPRANAMENTE UN ARREGLO DE PLANTA PARA LA UBICACIÓN DE OFICINAS TEMPORALES DE SERVICIOS?  |  |  |  |
| 12 | ¿DESARROLLÓ TEMPRANAMENTE UN ARREGLO DE PLANTA PARA LA UBICACIÓN DE OFICINAS PERMANENTES?              |  |  |  |
| 13 | ¿DURANTE LA CONSTRUCCIÓN CONSIDERÓ EN EL ARREGLO DE PLANTA LA ELEVACIÓN Y PENDIENTES PARA DRENAJES?    |  |  |  |
| 14 | ¿CONSIDERÓ LA UTILIZACIÓN DE DRENAJES TEMPORALES?  |  |  |  |
| 15 | ¿CONSIDERÓ ESPACIOS PARA EL ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE PIEZAS PREENSAMBLADAS?                          |  |  |  |

**ACCESIBILIDAD DE EQUIPO**

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 16 | ¿CONSIDERÓ EN EL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPOS ACCESOS ADECUADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN?               |  |  |  |
| 17 | ¿CONSIDERÓ DENTRO DEL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPOS ACCESOS ADECUADOS PARA EL MATENIMIENTO?          |  |  |  |
| 18 | ¿CONSIDERO DENTRO DEL ARREGLO DE PLANTA ACCESOS AMPLIOS Y PUERTAS PARA LA MOVILIZACIÓN DE GRÚAS? |  |  |  |
| 19 | ¿CONSIDERO DENTRO DEL ARREGLO DE PLANTA ACCESOS DE GRÚAS PARA EQUIPOS PESADOS?                   |  |  |  |
| 20 | ¿CONSIDERÓ DENTRO DEL ARREGLO DE PLANTA EL USO DE TRINCHERAS LO SUFICIENTEMENTE                  |  |  |  |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No | CONCEPTO  | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|---|----------------|----|-------------|
|    |   | SI             | NO |             |
|    | ANCHAS PARA TUBERÍAS Y COLOCACIÓN DE VÁLVULAS?  |                |    |             |
| 21 | ¿CONSIDERÓ DENTRO DEL ARREGLO DE PLANTA EL USO DE MANERALES Y TOMAS CONTRA INCENDIO?  |                |    |             |
| 22 | ¿VERIFICÓ EN EL DISEÑO QUE POR DEBAJO DE LAS LINEAS DE TUBERÍAS NO SE COLOQUEN BOMBAS O EQUIPOS?  |                |    |             |
| 23 | ¿VERIFICÓ EN EL DISEÑO QUE NO SE COLOQUEN BOMBAS O EQUIPOS EN ÁREAS DE ACCESO RESTRINGIDO?  |                |    |             |
| 24 | ¿CONSIDERÓ LA ALTURA, ANCHO, LONGITUD EN LOS DISEÑOS PARA LAS RUTAS DE ACCESO DE EQUIPOS PESADOS?   |                |    |             |
| 25 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO LAS ESCALERAS ARMADAS PARA ACCESAR A TODAS LAS ÁREAS REQUERIDAS?  |                |    |             |
| 26 | ¿REVISÓ EL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPO PROPUESTOS CON EL PERSONAL DE OPERACIÓN?  |                |    |             |
| 27 | ¿DETERMINÓ LA MEJOR UBICACIÓN DE LOS CONTROLES CON RESPECTO A LAS ÁREAS DE OPERACIÓN Y SUMINISTRÓ UNA VISTA DEL EQUIPO?                         |                |    |             |
| 28 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO DONDE HAY PROBABILIDADES DE RIESGO Y UBICÓ LAS ESTACIONES DE SERVICIO CON QUE VA A CONTAR EL ÁREA DE PRODUCCIÓN?        |                |    |             |
| 29 | ¿CONSIDERÓ ACCESOS ADECUADOS PARA RETIRAR EQUIPOS CRITICOS PARA SU REEMPLAZO?   |                |    |             |
| 30 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO EL USO DE PANELES DE TECHUMBRE REMOVIBLES, GRÚAS, ELEVADORES Y SECCIONES DE PARED REMOVIBLES?                           |                |    |             |
| 31 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO ÁREAS DE DESCARGA A NIVEL PARA MOTORES Y OTRO EQUIPO REMOVIDO PARA MANTENIMIENTO?                                       |                |    |             |
| 32 | ¿CONSIDERÓ ESPACIOS PARA LA EXPANSIÓN DE OFICINAS TEMPORALES O PERMANENTES?   |                |    |             |
| 33 | ¿REVISÓ PERSONAL EXPERTO EN IZAJES EL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPO?   |                |    |             |
| 34 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO CORREDORES DE SERVICIOS SUBTERRÁNEOS DE MANERA QUE NO AFECTEN LA CONSTRUCCIÓN NI LAS CIMENTACIONES DE GRAN PROFUNDIDAD? |                |    |             |
| 35 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO ESPACIOS PARA LA TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CERCANA A LOS EQUIPOS?   |                |    |             |
| 36 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE LOS EQUIPOS CUENTEN CON EL USO DE PLATAFORMAS PARA FACILITAR SU MANTENIMIENTO?                                      |                |    |             |
| 37 | ¿CONSIDERÓ LOS REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO EN EL DISEÑO DE PASILLOS O   |                |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                               | CONCEPTO  | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----------------------------------|---|---------------|----|-------------|
|                                  |   | SI            | NO |             |
|                                  | CORREDORES PERMANENTES, ESCALERAS PLANAS, ESCALERAS CONVENCIONALES, PLATAFORMAS Y ELEVADORES?   |               |    |             |
| <b>SERVICIOS</b>                 |   |               |    |             |
| 38                               | ¿VERIFICÓ QUE EN EL DISEÑO SE AGRUPEN LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS EN LAS ÁREAS DE PELIGRO?   |               |    |             |
| 39                               | ¿ORIENTÓ ADECUADAMENTE EL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPO DE MANERA QUE SE MINIMICEN LAS TRAYECTORIAS DE TUBERÍA Y CABLEADO ELÉCTRICO?   |               |    |             |
| 40                               | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO LAS INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS EN LOS EQUIPOS QUE SE ENCUENTRAN POR ARRIBA DEL NIVEL DEL SUELO?   |               |    |             |
| <b>SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN</b> |   |               |    |             |
| 41                               | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO UNA ADECUADA DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO PARA FACILITAR LA SECUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN?  |               |    |             |
| 42                               | ¿CONSIDERÓ CONTINGENCIAS PERTINENTES DENTRO DEL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPO CON RESPECTO A LA ENTREGA TARDÍA DE EQUIPOS GRANDES O PESADOS DE MANERA QUE NO AFECTE EL PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN? |               |    |             |
| 43                               | ¿CONSIDERÓ EN EL ARREGLO DE PLANTA EL EMPLEO DE MODULOS O SKIDS PAQUETES CON UN PROGRAMA MODULAR COMPLETO O PARCIAL?  |               |    |             |
| 44                               | ¿UBICÓ EN EL DISEÑO DE MANERA OPORTUNA LOS CORREDORES DE SERVICIOS SUBTERRANEOS PARA EVITAR INTERFERENCIAS CON LA CONSTRUCCIÓN Y LAS CIMENTACIONES DE GRAN PROFUNDIDAD?                     |               |    |             |
| 45                               | ¿REALIZÓ ESTUDIOS DE IZAJES A TRAVES DE SOFTWARE ESPECIALIZADOS?  |               |    |             |
| <b>OFICINAS TEMPORALES</b>       |   |               |    |             |
| 46                               | ¿DEJÓ TERMINACIONES DE RACKS DE TUBERÍAS ABIERTAS?  |               |    |             |
| 47                               | ¿DISEÑÓ TUBERÍAS EN SECUENCIA DE MANERA QUE PUEDA SER INSTALADA JUNTO CON LOS PUENTES ESTRUCTURALES?  |               |    |             |
| <b>CONCRETO Y CIVIL</b>          |   |               |    |             |
| 48                               | ¿VERIFICÓ QUE EN EL DISEÑO SE MAXIMIZARÁ LA CONSTRUCCIÓN A NIVEL DE SUELO SIEMPRE QUE FUERA POSIBLE?  |               |    |             |
| 49                               | ¿DISEÑÓ ACCESOS DIRECTOS Y PASILLOS PARA MINIMIZAR EL CONGESTIONAMIENTO?  |               |    |             |
| 50                               | ¿DISEÑÓ ACCESOS DIRECTOS Y PASILLOS DE EQUIPOS PESADOS PARA DISMINUIR RIESGOS?  |               |    |             |
| 51                               | ¿DISEÑÓ RUTAS ADECUADAS DE EVACUACIÓN PARA EMERGENCIAS?   |               |    |             |
| 52                               | ¿DETERMINÓ EN EL DISEÑO LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN AUDITIVA?   |               |    |             |



**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                             | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|--------------------------------|--|---------------|----|-------------|
|                                |  | SI            | NO |             |
| 53                             | ¿CONSIDERÓ ESPACIOS PARA REGADERAS DE SEGURIDAD Y LAVABOS DE OJOS?   |               |    |             |
| 54                             | ¿DETERMINÓ Y ESPECIFICÓ DE FORMA CLARA UN ESPACIO ADECUADO A LOS MATERIALES PELIGROSOS?  |               |    |             |
| 55                             | ¿UBICÓ AL EQUIPO DE MANERA QUE PUEDA SER MONITOREADO POR PANTALLAS EN CASO DE INCENDIOS?   |               |    |             |
| 56                             | ¿UBICÓ AL EQUIPO DE MANERA QUE PUEDAN ACCESAR LIBREMENTE EL PERSONAL CONTRA INCENDIO?  |               |    |             |
| 57                             | ¿CONSIDERÓ UN ESPACIO DENTRO DE LAS INSTALACIONES PARA EL ACCESO DE PERSONAL DE VISITA DE MANERA QUE NO INTERFIERA CON EL PERSONAL DE OPERACIONES? |               |    |             |
| 58                             | ¿UBICÓ LOS EQUIPOS DE MANERA QUE SE MINIMICEN LOS REQUERIMIENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA FUEGO DE LOS MISMOS?   |               |    |             |
| <b>MISCELANEOS</b>             |  |               |    |             |
| 59                             | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO ESPACIOS ADECUADOS PARA REGADERAS?   |               |    |             |
| 60                             | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO ESPACIOS ADECUADOS PARA CASILLEROS?  |               |    |             |
| 61                             | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO ESPACIOS ADECUADOS PARA LUGARES PARA CAMBIARSE DE ROPA?  |               |    |             |
| 62                             | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO INSTALACIONES DE SERVICIOS DE BAÑOS PARA EL PERSONAL EN CASO DE SER REQUERIDO?   |               |    |             |
| 63                             | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO LA UBICACIÓN ADECUADA DE FOSAS DE TIRADEROS DE BASURA?   |               |    |             |
| 64                             | ¿DISEÑÓ UNA ORIENTACIÓN ADECUADA DE LAS INSTALACIONES DE MANERA QUE SE CUENTE CON UN PANORAMA AGRADABLE A LA GENTE?                                |               |    |             |
| <b>CONCRETO</b>                |  |               |    |             |
| <b>DISEÑO DE CIMENTACIONES</b> |  |               |    |             |
| 65                             | ¿INCORPORÓ EN EL DISEÑO CIMENTACIONES PEQUEÑAS EN EL DISEÑO DE ÁREAS DE PLANTILLAS QUE LAS PUEDAN RECIBIR?   |               |    |             |
| 66                             | ¿CONSIDERÓ EL DISEÑO DE CIMENTACIONES EN ÁREAS CONGESTIONADAS CON PLANTILLAS DE CONCRETO A LA MISMA ELEVACIÓN UTILIZANDO PLANTILLAS COMUNES?       |               |    |             |
| 67                             | ¿CONSIDERÓ EXTENDER LAS DIMENSIONES DE LA LOSA 4" CUANDO SE COLOQUEN MUROS POR ENCIMA DE ELLA PARA DAR ESPACIO DESDE AFUERA DE LA LOSA?            |               |    |             |
| 68                             | ¿CONSIDERÓ COLOCAR ANCLAS DE 2" MAS O MENOS ARRIBA EN LAS CIMENTACIONES DE EQUIPOS GRANDES PARA QUE ACTÚE COMO GUÍA CUANDO SE COLOQUE EL EQUIPO?   |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No  | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---|--|---------------|----|-------------|
|   |  | SI            | NO |             |
| 69  | ¿DISEÑÓ CIMENTACIONES EN LOSAS A NIVEL DE SUELO SIN BANQUETAS?   |               |    |             |
| 70  | ¿UTILIZÓ FORMAS RECTAS Y PLANAS EN SUPERFICIES EN VEZ DE SECCIONES, SALIDAS U OTRAS FORMAS COMPLICADAS DE CONCRETO?  |               |    |             |
| 71  | ¿ESTANDARIZÓ LAS DIMENSIONES ENTRE COLUMNAS DE ACERO?  |               |    |             |
| 72  | ¿EVITÓ AL MAXIMO CIMENTACIONES CIRCULARES PARA EQUIPOS MAYORES DE 4 PIES DE DIÁMETRO, Y SE OPTÓ POR CIMENTACIONES OCTAGONALES O DE OTRA FORMA FÁCIL DE CONSTRUIR POR EL USO DE FORMAS ESTÁNDARES?          |               |    |             |
| 73  | ¿ESTANDARIZÓ LOS TAMAÑOS DE LAS CIMENTACIONES PARA BOMBAS, RACKS DE TUBERÍA, ESTRUCTURAS Y OTROS SOPORTES MISCELÁNEOS?   |               |    |             |
| 74  | ¿DIMENSIONÓ EL TAMAÑO DE LAS CIMENTACIONES DE CONCRETO Y ESTRUCTURAS PARA HACER UNA MÁXIMA UTILIZACIÓN DE FORMAS Y TAMAÑOS COMERCIALES?  |               |    |             |
| 75  | ¿PROGRAMÓ OPORTUNAMENTE REALIZAR LAS CIMENTACIONES DE TAL FORMA QUE PERMITA LA FÁCIL COLOCACIÓN DEL CONCRETO?  |               |    |             |
| <b>CAMINOS Y PAVIMENTACIÓN</b>            |  |               |    |             |
| 76  | ¿INCLUYO CAMINOS PERMANENTES EN LA PLANTA Y ÁREAS PAVIMENTADAS EN LA VECINDAD DE CORREDORES DE TUBERÍA Y EN ÁREAS DE TRÁFICO PESADO EN EL PAQUETE DE PREPARACIÓN DEL SITIO PARA UNA CONSTRUCCIÓN TEMPRANA? |               |    |             |
| 77  | ¿DETALLÓ Y SUMINISTRÓ ENTRADAS LATERALES Y CAMINOS DE CONCRETO ESPECIALMENTE A LA ENTRADA DEL SITIO Y FUE INCLUIDO ESTO EN EL PAQUETE DE PREPARACIÓN DEL SITIO?  |               |    |             |
| 78  | ¿UTILIZÓ ELEMENTOS DE ACERO O METÁLICOS EN VEZ DE ELEMENTOS DE MADERA COMO MOLDES O CIMBRAS EN LAS UNIONES DE ÁREAS PAVIMENTADAS?  |               |    |             |
| <b>LAYOUT DEL SITIO Y TOPOGRAFÍA</b>      |  |               |    |             |
| 79  | ¿UTILIZÓ CAMISAS PARA ANCLAS EN CIMENTACIONES DE EQUIPOS?  |               |    |             |
| 80  | ¿CONSIDERÓ DE MANERA OPORTUNA SI LA CANTIDAD DE CONCRETO EN EL PROYECTO REQUERIRÁ EL EMPLEO DE UNA PLANTA DE CONCRETO EN SITIO? ¿SE REALIZÓ UNA INSPECCIÓN APROPIADA EN CASO DE QUE SE REQUIERA?           |               |    |             |
| <b>GROUT</b>                              |  |               |    |             |
| 81  | ¿DISEÑÓ EL MONTAJE DE EQUIPOS DE TAL FORMA QUE PERMITA UNA REMOCIÓN FÁCIL Y UNA REINSTALACIÓN DURANTE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO?   |               |    |             |
| <b>ESCALERAS, ESCALONES Y PLATAFORMAS</b> |  |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                               | CONCEPTO  | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----------------------------------|---|----------------|----|-------------|
|                                  |   | SI             | NO |             |
| 82                               | ¿DISEÑÓ Y ERIGIÓ ESCALONES PERMANENTES, PLATAFORMAS Y ESCALERAS PLANAS TAN PRONTO COMO SEA PRÁCTICO?  |                |    |             |
| 83                               | ¿CONSIDERÓ DENTRO DEL DISEÑO EL USO ESCALERAS PLANAS, ESCALONES Y PLATAFORMAS PARA OPERADORES Y MANTENIMIENTO ADECUADOS TODOS PARA QUE EL PERSONAL ACCESE PARA DESARROLLAR TRABAJOS REQUERIDOS EN EQUIPO DE PRODUCCIÓN? |                |    |             |
| 84                               | ¿INCLUYÓ EN EL DISEÑO CONSIDERACIONES PARA HERRAMIENTAS, MATERIALES, REFACCIONES Y ADEMÁS REQUERIMIENTOS DE REPARACIÓN DE LOS EQUIPOS   |                |    |             |
| <b>PREENSAMBLE</b>               |   |                |    |             |
| 85                               | ¿DETALLÓ BAHÍAS ALTAS DE ACERO DE MANERA QUE PERMITA LA FABRICACIÓN DE SISTEMAS DE TECHUMBRE A NIVEL DE SUELO?  |                |    |             |
| <b>RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS</b> |   |                |    |             |
| 86                               | ¿DESARROLLÓ LA ESPECIFICACIÓN Y SE ORDENÓ EL ELEVADOR DE MANERA TEMPRANA?   |                |    |             |
| 87                               | ¿DESARROLLÓ LA ESPECIFICACIÓN Y SE ORDENÓ LOS ELEMENTOS DE LOS BAÑOS COMO MUEBLES DE MANERA TEMPRANA?   |                |    |             |
| 88                               | ¿CONSIDERÓ MÉTODOS DE DISEÑO QUE PERMITEN LA INSTALACIÓN DE LAS PAREDES DEL CUARTO DE EQUIPO DESPUÉS DE LA COLOCACIÓN DE EQUIPO PESADO?   |                |    |             |
| 89                               | ¿IDENTIFICÓ EN EL DISEÑO PARA UNA FABRICACIÓN TEMPRANA NECESIDADES DE DUCTOS LARGOS O GRANDES PARA SER INSTALADOS ANTES QUE LOS CORREDORES DE TUBERÍA O ELÉCTRICOS?   |                |    |             |
| <b>DISEÑO Y CONSIDERACIONES</b>  |   |                |    |             |
| 90                               | ¿MAXIMIZÓ EL USO DE SISTEMAS DE EMPARRILLADO PARA SUELOS?   |                |    |             |
| 91                               | ¿ESTANDARIZÓ LAS BAHÍAS?  |                |    |             |
| 92                               | ¿INVESTIGÓ LA UTILIZACIÓN DE SELLOS PARA PUERTAS MAGNÉTICAS EN VEZ DEL TIPO DE AJUSTE ATORNILLADO?  |                |    |             |
| 93                               | ¿VERIFICÓ QUE LA ELEVACIÓN DEL PISO PARA COMPUTADORAS (DONDE SEA APLICABLE) SEA LA ADECUADA PARA PERMITIR HACER UNIONES DE CABLES DENTRO DEL EQUIPO?  |                |    |             |
| 94                               | ¿VERIFICÓ CUANDO HAYA CÓDIGOS DE REFERENCIA CITAR CÓDIGOS ESPECIFICOS EN VEZ DEL CÓDIGO COMPLETO?   |                |    |             |
| 95                               | ¿ESTABLECIÓ UNA INFORMACIÓN CONCISA DE LA UBICACIÓN DE DUCTOS EN LOS PLANOS PARA EVITAR INTERFERENCIAS CON LA TUBERÍA CONTRA INCENDIO Y LOS ROCIADORES?   |                |    |             |
| 96                               | ¿ESTANDARIZÓ LOS NIVELES DE LOS PISOS?  |                |    |             |
|                                  | ¿REVISÓ LOS PLANOS DE LOS DUCTOS CONTRA LOS PLANOS DE TUBERÍA O DE ELÉCTRICO PARA   |                |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                                    | CONCEPTO  | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---------------------------------------|---|----------------|----|-------------|
|                                       |   | SI             | NO |             |
|                                       | EVITAR INTERFERENCIAS EN EL CAMPO?  |                |    |             |
| 97                                    | ¿REVISÓ LOS REQUERIMIENTOS DE ANTIBLOQUEO PARA ASEGURAR LA UBICACIÓN CORRECTA PARA EL BUS ELÉCTRICO Y LA LOCALIZACIÓN DE SU DUCTO?  |                |    |             |
| <b>EQUIPO MONTADO EN PATINES</b>      |   |                |    |             |
| 98                                    | ¿VERIFICÓ QUE ESTE INCLUIDO EN PLANOS/ESPECIFICACIONES DE DISEÑO EL SISTEMA DE DRENAJE PARA EL EQUIPO MONTADO EN PATINES?   |                |    |             |
| 99                                    | ¿ESPECIFICÓ LOS PATINES PARA EL EQUIPO MAYOR, COMO SON LAS TURBINAS CON SISTEMAS DE ACEITE DE LUBRICACIÓN INTEGRADOS COMO PARTE DEL PATÍN PARA QUE EL LAVADO CON ACEITE PUEDA REALIZARSE EN EL TALLER?  |                |    |             |
| 100                                   | ¿VERIFICÓ QUE EL EQUIPO MONTADO EN PATINES ESTÉ BIEN EMPACADO PARA PREVENIR DAÑOS DURANTE EL EMBARQUE?  |                |    |             |
| <b>TRANSPORTACIÓN, IZAJE Y MANEJO</b> |   |                |    |             |
| 101                                   | ¿REQUIRIÓ QUE EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA OFERTA QUE EL PROVEEDOR DISEÑE Y PROPORCIONE LAS VIGAS ESPECIALES PARA EL EQUIPO Y COMPONENTES QUE REQUIERAN IZADO COMO SON LOS CONDENSADORES, TURBINAS Y SECADORES? ¿SOLICITÓ QUE SE PROCEDA EL EMBARQUE DE DICHS COMPONENTES? |                |    |             |
| 102                                   | ¿CONSIDERÓ LAS HERRRAMIENTAS PERMANENTES DE MANEJO DE EQUIPO COMO SON MONORRIELES ELEVADOS Y GRÚAS PUENTE, GRÚAS DE BRAZO PIVOTADO, Y ANILLOS DE IZADO DE CADENA PARA EL MOVIMIENTO Y REPOSICIÓN DE COMPONENTES DE MAQUINARIA PESADA?                                       |                |    |             |
| 103                                   | ¿CONSIDERÓ DAR SUFICIENTE ESPACIO PARA DESMONTAR ELEMENTOS ESPECIALMENTE LARGOS COMO SON LOS HACES DE TUBERÍAS Y LAS FLECHAS DE LOS AGITADORES?   |                |    |             |
| 104                                   | ¿CONSIDERÓ SOLICITAR ASAS Y OREJAS PARA LEVANTAR CUBIERTAS COMO PARTE DEL NUEVO EQUIPO?   |                |    |             |
| 105                                   | ¿PROPORCIONÓ DE MANERA OPORTUNA LA LISTA DE EQUIPO CON PESOS Y DIMENSIONES, LOS PLANOS PLOTEADOS, PLANOS DE EQUIPO, FORMA DE TRANSPORTACIÓN PROPUESTO Y EL PROGRAMA DE ENTREGA; PARA FORMULAR UN PLAN MAESTRO DE IZAJE PRELIMINAR?  |                |    |             |
| 106                                   | ¿SOLICITÓ QUE LOS PROVEEDORES ENTREGUEN PROCEDIMIENTOS DE ERECCIÓN PARA COMPRESORES, BOMBAS, CHIMENEAS O CUALQUIER REQUERIMIENTO ESPECIAL DE IZADO?   |                |    |             |
| 107                                   | ¿INCLUYÓ EN LAS REQUISICIONES DE MATERIALES LA OBLIGACIÓN DEL PROVEEDOR   |                |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No | CONCEPTO | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|----------------|----|-------------|
|    |          | SI             | NO |             |

|     |   |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|
|     | DE ENTREGAR PROCEDIMIENTOS ESCRITOS PARA CUALQUIER REQUERIMIENTOS DE IZADO ESPECIAL?  |  |  |  |
| 108 | ¿ESPECIFICÓ PUNTOS Y OREJAS DE IZAJE PARA QUE PUEDAN UTILIZARSE TRAILERS NO HIDRÁULICOS?  |  |  |  |
| 109 | ¿TOMÓ EN CUENTA EL ESPESOR DEL AISLAMIENTO Y EL PESO PARA EL DISEÑO DE LAS OREJAS DE IZADO PARA QUE EL EQUIPO ESTÉ AISLADO EN POSICIÓN HORIZONTAL PREVIO A SU COLOCACIÓN? |  |  |  |
| 110 | ¿ESPECIFICÓ EN LOS PLANOS EL PLAN DE REMOCIÓN DE LAS OREJAS DE IZADO, EN CASO DE QUE HAYA?  |  |  |  |
| 111 | ¿REVISÓ LA COLOCACIÓN DEL EQUIPO Y SI OCURREN OTRAS REVISIONES QUE AFECTEN LOS PLANES DE IZADO?   |  |  |  |
| 112 | ¿VERIFICÓ QUE EL FLUJO DE INFORMACIÓN ENTRE EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN SE EJECUTE EXPEDITAMENTE?   |  |  |  |
| 113 | ¿REALIZÓ UN ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS MOVIMIENTOS DE GRÚAS Y DE OTRO EQUIPO EN LA DENSIDAD DE TRABAJADORES PERMITIDA EN ÁREAS CONGESTIONADAS?                             |  |  |  |
| 114 | ¿ESPECIFICÓ QUE TODOS LOS DISPOSITIVOS DE EMBARQUE Y TEMPORALES ESTÉN DEBIDAMENTE MARCADOS (PINTADOS DE NARANJA) PARA QUE SEAN REMOVIDOS DESPUÉS DE LA ERECCIÓN?          |  |  |  |

**SEGURIDAD**

|     |   |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|
| 115 | ¿DETERMINÓ LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DE TODO EL EQUIPO: ESTO ES ENGRANES, CADENAS, BANDAS, EQUIPO CALIENTE, HUMOS TÓXICOS Y RADIOACTIVIDAD (LAS GUARDAS DEBEN DESMONTARSE FÁCILMENTE PARA MANTENIMIENTO)? |  |  |  |
| 116 | ¿REALIZÓ UN ESTUDIO DE LOS DOCUMENTOS QUE PROPORCIONA EL PROVEEDOR Y SE CONSULTÓ A PROFESIONALES EN SEGURIDAD?  |  |  |  |
| 117 | ¿CONSIDERÓ LAS NECESIDADES QUE TIENE EL EQUIPO Y LA ROPA DE PROTECCIÓN ESPECIAL?  |  |  |  |
| 118 | ¿DESARROLLÓ LAS REFERENCIAS ADECUADAS A LAS ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN DEL FABRICANTE Y SE DEFINIÓ LOS LÍMITES MÁXIMO/MÍNIMO DE DESEMPEÑO DEL EQUIPO?  |  |  |  |
| 119 | ¿DETERMINÓ QUE EQUIPOS Y/O PROCESOS PUEDE SER OPERADO MÁS ALLÁ DE LOS LÍMITES DE DISEÑO?  |  |  |  |
| 120 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO DISPOSITIVOS DE LIMITACIÓN A PRUEBA DE FALLAS?  |  |  |  |
| 121 | ¿DISEÑO GUARDAS DETALLADAS DE EQUIPO PARA EL EQUIPO ROTATORIO DE GRAN MAGNITUD?   |  |  |  |

**ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO**

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                                 | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|------------------------------------|--|---------------|----|-------------|
|                                    |  | SI            | NO |             |
| 122                                | ¿PROPORCIONÓ PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ARTÍCULOS ALMACENADOS, ASÍ COMO PARA LOS QUE ESTÉN INSTALADOS PREVIO AL ARRANQUE?   |               |    |             |
| 123                                | ¿CONSIDERÓ EN LOS PLANOS FINALES QUE HAYA FÁCIL ACCESO PARA MANTENIMIENTO DE TODO EL EQUIPO Y ACCESORIOS, COMO SON LOS GABINETES DE CONTROL DE VÁLVULAS, UNIDADES DE FUERZA Y FILTROS?   |               |    |             |
| 124                                | ¿REALIZÓ UN ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD AL EQUIPO?  |               |    |             |
| 125                                | ¿TOMÓ EN CUENTA LOS COSTOS DE REPARACIÓN A LARGO PLAZO Y EL TIEMPO POTENCIAL DE INTERRUPCIÓN DEL EQUIPO AL PROBAR LAS ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE LA PLANTA, COMO SON SISTEMAS DE LUBRICACIÓN INTEGRADOS, MOTORES A PRUEBA DE AGUA EN LUGAR DE LOS ESTÁNDAR, MATERIALES DE ALEACIÓN EN LUGAR DE LOS RECUBRIMIENTOS, MATERIALES RESISTENTES A LA CORROSIÓN EN ÁREAS DE FLUJO Y MATERIALES DE AISLAMIENTO EN ÁREAS DE ALTO CALOR? |               |    |             |
| <b>PLANOS Y ESPECIFICACIONES</b>   |  |               |    |             |
| 126                                | ¿INCLUYÓ TODA LA INFORMACIÓN REQUERIDA EN LAS ESPECIFICACIONES DE EQUIPO?  |               |    |             |
| 127                                | ¿VERIFICÓ QUE LA LISTA DE EQUIPO INCLUYA LOS REQUERIMIENTOS DE PINTURA, AISLAMIENTO Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO DEL EQUIPO?   |               |    |             |
| 128                                | ¿VERIFICÓ QUE LAS IMPRESIONES DEL PROVEEDOR REPRODUCIDAS SEAN CLARAS Y LEGIBLES ANTES DE TRANSMITIRSE AL CAMPO?  |               |    |             |
| <b>MISCELÁNEOS</b>                 |  |               |    |             |
| 129                                | ¿CONSIDERÓ QUE HAYA REQUERIMIENTOS PARA EL ENSAMBLADO EN TALLER, MARCAS DE IGUALACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE EQUIPO QUE PUEDA PRESENTAR PROBLEMAS DE AJUSTE?  |               |    |             |
| 130                                | ¿VERIFICÓ QUE LA INSTRUMENTACIÓN Y VÁLVULAS DE OPERACIÓN SE UBICARAN FUERA DE RECINTOS CON RUIDO?  |               |    |             |
| 131                                | ¿PROPORCIONÓ OPORTUNAMENTE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA LIMPIEZA QUÍMICA?  |               |    |             |
| 132                                | ¿REVISÓ LOS LINEAMIENTOS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN CRUZADA?   |               |    |             |
| 133                                | ¿ESTANDARIZÓ EL EQUIPO MENOR COMO SON SUS CONTROLES, COMPONENTES ELÉCTRICOS, VÁLVULAS, CONEXIONES, BOMBAS PEQUEÑAS, MOTORES HIDRÁULICAS Y COPLES. EN CASO DE QUE SEA POSIBLE ESTANDARIZAR EL EQUIPO MAYOR?   |               |    |             |
| <b>AISLAMIENTO Y RECUBRIMIENTO</b> |  |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                               | CONCEPTO  | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----------------------------------|---|---------------|----|-------------|
|                                  |   | SI            | NO |             |
| 134                              | ¿ASEGURO QUE EL ACABADO DE PINTURA EN RECIPIENTES Y EQUIPO SE HAGA EN FÁBRICA?  |               |    |             |
| 135                              | ¿APLICÓ EN FÁBRICA EL ACABADO CONTRA FUEGO/PINTURA/RECUBRIMIENTO INTERIOR CUANDO SEA PRÁCTICO?  |               |    |             |
| 136                              | ¿PROPORCIONÓ SUFICIENTE ESPACIO ENTRE LAS CHAQUETAS DE AISLAMIENTO Y LAS PLATAFORMAS, ESCALERAS, GUÍAS DE TUBERÍA, ETC.?  |               |    |             |
| 137                              | ¿INCLUYÓ EN LA LISTA DE EQUIPO LOS REQUERIMIENTOS DE PINTURA, AISLAMIENTO Y TRATAMIENTO CONTRAFUEGO?  |               |    |             |
| <b>ELÉCTRICO</b>                 |   |               |    |             |
| <b>ENERGÍA TEMPORAL</b>          |   |               |    |             |
| 138                              | ¿DISEÑO Y REVISÓ QUE LA ENERGÍA TEMPORAL SE HAGA CONJUNTAMENTE ENTRE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN PARA ASEGURAR QUE HAYA UN PROYECTO SEGURO, EFECTIVO EN COSTO Y QUE PUEDA UTILIZARSE? |               |    |             |
| 139                              | ¿VERIFICÓ QUE HAYA SUFICIENTE ENERGÍA TEMPORAL DISPONIBLE PARA LA REVISIÓN Y ARRANQUE O QUE HAYA ENERGÍA PERMANENTE DISPONIBLE CUANDO EMPIECEN LAS PRIMERAS ETAPAS DEL ARRANQUE?    |               |    |             |
| 140                              | ¿UTILIZÓ EN EL SISTEMA DE ENERGÍA LO MÁS QUE SE PUDO DEL EQUIPO DEL SISTEMA PERMANENTE PARA AHORRAR COSTOS (TRANSFORMADORES, TABLEROS DE ILUMINACIÓN, ENTRE OTROS)?                 |               |    |             |
| 141                              | ¿UTILIZÓ TAPONES ATORNILLABLES PARA SERVICIO TEMPORAL?  |               |    |             |
| <b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</b> |   |               |    |             |
| 142                              | ¿ESTABLECIÓ INGENIERÍA CLARAMENTE LOS CORREDORES EN LOS PLANOS DE DISEÑO ELÉCTRICOS Y DE TUBERÍAS PARA EL SISTEMA DE INUNDACIÓN DURANTE LAS PRIMERAS ETAPAS DE DISEÑO?              |               |    |             |
| 143                              | ¿IDENTIFICÓ/PROGRAMÓ PARTES DEL TRABAJO QUE PUEDEN ADELANTARSE PARA EVITAR DESPUÉS TENER PICOS DE TRABAJO PARA LA MANO DE OBRA CRÍTICA?   |               |    |             |
| 144                              | ¿VERIFICÓ QUE EN LOS PLANOS ELÉCTRICOS CUENTEN CON UNA REFERENCIA A LOS PLANOS CIVILES QUE DETALLAN ACCESORIOS (SOPORTES, EMBEBIDOS, ENTRE OTROS) PARA ACOMODAR CONDUIT ELÉCTRICO?  |               |    |             |
| 145                              | ¿REVISÓ EL DISEÑO PARA ELIMINAR VARIAS CORRIDAS DE CONDUIT, SUSTITUYENDOLOS CON CHAROLAS PARA MEJORAR LA SECUENCIA?   |               |    |             |
| 146                              | ¿VERIFICÓ QUE DISEÑO ENTIENDA QUE UN DOCUMENTO ENTREGABLE ES UNA BASE DE DATOS CON LA CUAL SE PUEDA IMPRIMIR MARCADORES DE CABLEADO?  |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                    | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|-----------------------|--|---------------|----|-------------|
|                       |  | SI            | NO |             |
| 147                   | ¿UTILIZÓ UN SISTEMA DE ETIQUETADO DE EQUIPO PARA TODO EL EQUIPO ELÉCTRICO?   |               |    |             |
| 148                   | ¿ESTANDARIZÓ EL EQUIPO, ESTO ES CCM, INTERRUPTORES Y TRANSFORMADORES PEQUEÑOS?   |               |    |             |
| 149                   | ¿CONSIDERÓ MÓDULOS DE SUBESTACIÓN CON INTERRUPTORES, CCM'S, TABLEROS LP?   |               |    |             |
| 150                   | ¿UTILIZÓ EQUIPO FABRICADO ESTÁNDAR CUANDO SEA POSIBLE?   |               |    |             |
| 151                   | ¿DISTRIBUYÓ EL EQUIPO PARA QUE OPERE EFICIENTEMENTE?   |               |    |             |
| 152                   | ¿DETERMINÓ EL MEJOR LUGAR PARA LOS CONTROLES DEL EQUIPO, PARA QUE LA OPERACIÓN SEA SEGURA Y FÁCIL?   |               |    |             |
| 153                   | ¿REVISÓ CON OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DÓNDE DEBEN LOCALIZARSE LAS ESTACIONES DE CONTROL/PARO DE EMERGENCIA EN TODA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN?   |               |    |             |
| 154                   | ¿UBICÓ LOS MEDIDORES DE NIVEL DE ACEITE VISUALES PARA QUE HAYA FÁCIL ACCESO PARA EL OPERADOR?  |               |    |             |
| 155                   | ¿TRATÓ DE OBTENER DISEÑOS AL INICIO PARA LA PARTE ELÉCTRICA DE LOS RECIPIENTES DE MANERA QUE TERMINE EL TRABAJO ELÉCTRICO CONJUNTAMENTE CON EL RECIPIENTE Y TUBERÍAS?                            |               |    |             |
| 156                   | ¿INCORPORÓ ESPECIFICACIONES BIEN DEFINIDAS DEL EQUIPO EN UN DOCUMENTO?   |               |    |             |
| <b>AUTOMATIZACIÓN</b> |  |               |    |             |
| 157                   | ¿IDENTIFICÓ EN UN MODELO PDS (MAQUETA ELECTRÓNICA) LOS LÍMITES DE LAS ÁREAS PELIGROSAS EN LOS PLANOS DE CONDUIT ELÉCTRICO NO SUBTERRÁNEO (REFERIRSE A PLANES DE LOCALIZACIÓN DE RIESGOS REALES)? |               |    |             |
| 158                   | ¿REVISÓ LA FACTIBILIDAD DE HACER UN MODELO PDS (MAQUETA ELECTRÓNICA) PARA TODO EL CONDUIT Y CANALIZACIONES EN TODA LA PLANTA PARA QUE NO HAYA INTERFERENCIAS?                                    |               |    |             |
| 159                   | ¿USÓ PARA EL IZADO DE TRANSFORMADORES PESADOS UNA GRÚA PREDISEÑADA CON UN INGENIERO EN IZADO RESPONSABLE A CARGO DE LA MANIOBRA, QUE REVISE LOS PUNTOS DE IZADO Y LAS OREJAS?                    |               |    |             |
| 160                   | ¿DISEÑÓ CANALIZACIONES EMBEBIDAS PARA SOPORTAR LOS INTERRUPTORES (EN LOS EDIFICIOS) A NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL PISO PARA PERMITIR UNA FÁCIL INSTALACIÓN Y REMOCIÓN DE LOS INTERRUPTORES?       |               |    |             |
| 161                   | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO UNA PEQUEÑA PENDIENTE EN LA CIMENTACIÓN PARA LOS INTERRUPTORES EXTERIORES PARA QUE EL AGUA NO SE ENCHARQUE ALREDEDOR?  |               |    |             |



**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                 | CONCEPTO  | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|--------------------|---|----------------|----|-------------|
|                    |   | SI             | NO |             |
| 162                | ¿TERMINÓ INGENIERÍA TODOS LOS CÁLCULOS DE DISEÑO PARA EL AJUSTE DE LOS RELEVADORES DE ALTO Y BAJO VOLTAJE Y LOS EMITIÓ AL CAMPO PARA CUMPLIR CON EL PROGRAMA DE REVISIÓN DE LA SUBESTACIÓN? |                |    |             |
| <b>TIERRAS</b>     |   |                |    |             |
| 163                | ¿EMITIÓ LOS PLANOS DE TIERRAS ANTES O EN CONJUNCIÓN CON LOS PLANOS CIVILES?   |                |    |             |
| 164                | ¿CONSIDERÓ QUE LAS TIERRAS DEBAJO DE LA LOSA SE COLOQUEN EN UNA CAMA DE ARENA EN LUGAR DE ENTERRARLAS EN UNA ZANJA?   |                |    |             |
| 165                | ¿CONSIDERÓ EL USO DE COJINETES DE TIERRA EMBEBIDOS DENTRO DE LAS SUBESTACIONES PARA CONECTAR EL EQUIPO A TIERRA, CUANDO SEA POSIBLE?  |                |    |             |
| 166                | ¿CONSIDERÓ BROCHES PARA TIERRA EN EL ACERO A PRUEBA DE FUEGO, AL MOMENTO DE FABRICACIÓN?  |                |    |             |
| <b>ILUMINACIÓN</b> |   |                |    |             |
| 167                | ¿EMITIÓ DE MANERA TEMPRANA LOS PLANOS Y DETALLES DE ILUMINACIÓN PARA LA CALLE, ÁREAS Y EDIFICIOS (LA ILUMINACIÓN REDUCIRÁ LA NECESIDAD DE INSTALAR ILUMINACIÓN TEMPORAL)?                   |                |    |             |
| 168                | ¿EVITÓ AL MÁXIMO EL USO DE LAMPARAS DE TRES TUBOS FLUORESCENTES, YA QUE SON MÁS CAROS Y MÁS DÍFICILES DE OBTENER QUE LOS DE CUATRO TUBOS?   |                |    |             |
| <b>ENERGÍA</b>     |   |                |    |             |
| 169                | ¿CONSIDERÓ COMO PARTE DEL DISEÑO DEL CONDUIT SUBTERRÁNEO EL CÁLCULO DEL JALADO?   |                |    |             |
| 170                | ¿CONSIDERÓ SUFICIENTE ESPACIO PARA UNA TERMINACIÓN BIEN HECHA EN LAS CAJAS DE TERMINALES?   |                |    |             |
| 171                | ¿PROPORCIONÓ UN ESPACIO ADECUADO EN TODOS LOS GABINETES, INTERRUPTORES, ENTRE OTROS, PARA QUE HAYA UNA ADECUADA INSTALACIÓN EN EL CAMPO DEL CABLE CON CHAQUETA?                             |                |    |             |
| 172                | ¿REVISÓ LA REDUCCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE PROFUNDIDAD MÍNIMA PARA LOS CABLES ENTERRADOS DIRECTAMENTE?   |                |    |             |
| 173                | ¿UTILIZÓ CÓDIGO DE COLOR EN CABLES DE CONTROL?  |                |    |             |
| 174                | ¿PROPORCIONÓ INGENIERÍA LAS LONGITUDES PARA EL CABLE ELÉCTRICO?   |                |    |             |
| 175                | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO LAS LONGITUDES TOLERANCIA PARA LAS TERMINACIONES?   |                |    |             |
| 176                | ¿ESTANDARIZÓ LOS TAMAÑO DE CABLE?   |                |    |             |
|                    | ¿VERIFICÓ QUE EL SUMINISTRO DE ENERGÍA SEA ADECUADO PARA TODO EL EQUIPO DEL TABLERO Y EL MONTADO EN PATINES?  |                |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                             | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|--------------------------------|--|---------------|----|-------------|
|                                |  | SI            | NO |             |
| 177                            | ¿VERIFICÓ QUE LAS ABERTURAS SEAN SUFICIENTEMENTE ANCHAS PARA INSTALAR EL EQUIPO?   |               |    |             |
| 178                            | ¿VERIFICÓ QUE EN LOS PLANOS SE MUESTREN LOS INTERRUPTORES DE DESCONEXIÓN?  |               |    |             |
| 179                            | ¿DISEÑÓ EL RASTREO DE CALOR ELÉCTRICO PARA APOYAR LOS PROGRAMAS DE INSTALACIÓN DE TUBERÍA Y REDUCIR LAS NECESIDADES DE ANDAMIOS?   |               |    |             |
| 180                            | ¿DISEÑÓ EN LAS ÁREAS DE ALTO RIESGO LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE ENTERRADAS PARA MINIMIZAR EL CONTACTO CON LAS GRÚAS O LA ENERGIZACIÓN DE LOS RACKS DE TUBERÍAS?      |               |    |             |
| <b>CHAROLAS DE CABLES</b>      |  |               |    |             |
| 181                            | ¿EMITIÓ LOS PLANOS DE CHAROLAS DE CABLES JUNTO CON LOS DE LOS DIVERSOS SOPORTES DE ACERO ESTRUCTURAL REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN?   |               |    |             |
| 182                            | ¿REVISÓ EL EMPLEO DE PERNOS HILTI PARA INSTALAR LAS CHAROLAS DIRECTAMENTE SOBRE EL ACERO ESTRUCTURAL?  |               |    |             |
| 183                            | ¿CONSIDERÓ UN MÍNIMO DE 18 PULGADAS SI LAS CHAROLAS DE CABLES ESTÁN ENCIMADAS, ESTO CON EL OBJETIVO DE FACILITAR EL JALADO DE CABLES E INSTALAR LAS CUBIERTAS DE LAS CHAROLAS? |               |    |             |
| <b>ENERGÍA PARA LOS CABLES</b> |  |               |    |             |
| 184                            | ¿UTILIZÓ PARA EL RACK DE TUBERÍA DE 20 PIES SECCIONES DE CHAROLAS DE CABLE NO ESTÁNDAR DE 20' (MISMO COSTO, ENTREGA MÁS PROLONGADA)?   |               |    |             |
| 185                            | ¿MINIMIZÓ EL NÚMERO DE CHAROLAS DE CABLES QUE PASEN POR DEBAJO DE TUBERÍA SOLDADA?   |               |    |             |
| 186                            | ¿AGRUPÓ LAS JUNTAS DE CABLES ELEVADOS EN EL MENOR NÚMERO POSIBLE DE PUNTOS PARA MINIMIZAR LAS NECESIDADES DE ANDAMIOS?   |               |    |             |
| 187                            | ¿VERIFICÓ QUE CUANDO SE REQUIERAN BARRERAS PARA LAS CHAROLAS DE CABLES, ESTAS SEAN TAMBIÉN PARA LOS ACCESORIOS DE LAS MISMAS?  |               |    |             |
| 188                            | ¿MINIMIZÓ EL EMPLEO DE ACCESORIOS DE LAS CHAROLAS, CUANDO SEA POSIBLE?   |               |    |             |
| 189                            | ¿EVITÓ NO REDUCIR EL TAMAÑO DE LAS CHAROLAS EN DISTANCIAS CORTAS CUANDO SEA POSIBLE?   |               |    |             |
| 190                            | ¿COLOCÓ LA REDUCCIÓN DE LAS CHAROLAS EN EL ACERO ESTRUCTURAL PARA MINIMIZAR LA NECESIDAD DE ACERO DE SOPORTE ADICIONAL?  |               |    |             |
| <b>CONDUIT</b>                 |  |               |    |             |
| 191                            | ¿EVITÓ AL MÁXIMO HACER CONEXIONES DIRECTAMENTE ABAJO DEL EQUIPO CUANDO SEA POSIBLE?  |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No                                  | CONCEPTO  | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|-------------------------------------|---|---------------|----|-------------|
|                                     |   | SI            | NO |             |
| 192                                 | ¿REVISÓ LA DISTRIBUCIÓN DEL BANCO DE DUCTOS Y REGISTROS PARA MANTENER EL DOBLADO DE TUBERÍAS AL MÍNIMO?   |               |    |             |
| 193                                 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO LA NECESIDAD DE ACCESORIOS DE MAYOR TAMAÑO, EN CASO DE REQUERIRSE, AL ENCAMISAR CABLE (PARA QUE CUMPLA CON LOS REQUERIMIENTOS DEL RADIO DE DOBLADO)?  |               |    |             |
| 194                                 | ¿MOSTRÓ LAS RUTAS DEL CONDUIT EN PLANOS (DE PUNTO A PUNTO)?   |               |    |             |
| 195                                 | ¿INDICÓ LA LOCALIZACIÓN DE LOS SELLOS REQUERIDOS PARA CAMBIOS DE CLASE DE ÁREA Y LOCALIZÓ LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN?  |               |    |             |
| 196                                 | ¿TRAZÓ LAS RUTAS DE CONDUIT Y DE TUBERÍAS PEQUEÑAS, CABLES PARA INSTRUMENTOS POR DETRÁS DE LOS CUBOS DE ESCALERAS PARA FACILIDAD DE INSTALACIÓN SIN UTILIZAR ANDAMIOS TEMPORALES O CANASTILLAS PARA PERSONAL QUE SON CAROS?                         |               |    |             |
| <b>SISTEMAS DE CONTROL</b>          |   |               |    |             |
| <b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</b>    |   |               |    |             |
| 197                                 | ¿VERIFICÓ QUE ESTÉ DISPONIBLE LA INFORMACIÓN DEL PROCESO Y DE LOS INSTRUMENTOS EN LÍNEA, ASI COMO PROCURAR DISPOSITIVOS EN LÍNEA PARA APOYAR EL PROGRAMA DE TUBERÍAS?   |               |    |             |
| 198                                 | ¿REALIZÓ UNA REVISIÓN A FONDO DE LOS PLANOS DE PROVEEDORES EN RELACIÓN A CONTROLES E INSTRUMENTOS (ESTO ES, CONTROLES DE MOTORES DE VÁLVULAS Y CIRCUITOS GENERALES)?  |               |    |             |
| 199                                 | ¿INDICÓ EN LOS PLANOS DEMO LOS INSTRUMENTOS QUE SE REUSARÁN, DEBAN SER REMOVIDOS ANTES DE MONTAR LA TUBERÍA?  |               |    |             |
| 200                                 | ¿REALIZÓ UN CHEQUEO DETALLADO DE LOS PLANOS DEL PROVEEDOR EN RELACIÓN A CONTROLES E INSTRUMENTOS (CONTROLES DE MOTORES DE VÁLVULAS, CIRCUITOS EN GENERAL, UNIDADES DE PAQUETE)?   |               |    |             |
| <b>REQUERIMIENTOS DEL PROVEEDOR</b> |   |               |    |             |
| 201                                 | ¿SOLICITÓ QUE LAS UNIDADES PAQUETES DEL PROVEEDOR CONTENGAN DETALLES DE LA INSTRUMENTACIÓN ESTÁNDAR, NÚMERO DE ETIQUETA DE IDENTIFICACIÓN Y LAS HOJAS DE ESPECIFICACIÓN PARA PODER REVISAR Y CALIBRAR ADECUADAMENTE ESTOS INSTRUMENTOS EN EL CAMPO? |               |    |             |
| 202                                 | ¿IDENTIFICÓ POR "NOTA DE MATERIAL" Y NÚMERO DE ORDEN DE COMPRA TODOS LOS ELEMENTOS SUMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR QUE SE EMBARQUEN POR SEPARADO DE LAS MAQUINAS (COMPRESOR Y TURBINA)?  |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No | CONCEPTO | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|---------------|----|-------------|
|    |          | SI            | NO |             |

|     |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|
| 202 | ¿ESPECIFICÓ INGENIERÍA LOS REQUERIMIENTOS DE CUALQUIER MANTENIMIENTO PREVENTIVO ESPECIAL Y ALMACENAJE PARA INSTRUMENTOS? |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|

**INSTRUMENTOS  
ENERGÍA PARA LOS CABLES**

|     |   |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|
| 203 | ¿VERIFICÓ QUE LA COMPRA DE INSTRUMENTOS CUENTEN CON CALIDAD PROBADA?  |  |  |  |
| 204 | ¿VERIFICÓ QUE SE REQUIERA QUE EL PROVEEDOR ETIQUETE CON ACERO INOXIDABLE TODOS LOS INSTRUMENTOS DISEÑADOS?  |  |  |  |
| 205 | ¿ESPECIFICÓ PROTECCIÓN CONTRA CONGELAMIENTO PARA LOS INSTRUMENTOS MONTADOS AL EXTERIOR (CUANDO SEA REQUERIDO)?  |  |  |  |
| 206 | ¿ESPECIFICÓ QUE LOS INSTRUMENTOS SE CALIBREN EN TALLER ANTES DE ENVIARSE AL CAMPO?  |  |  |  |
| 207 | ¿VERIFICÓ QUE SE IDENTIFIQUEN LOS INSTRUMENTOS QUE SE CALIBREN EN TALLER QUE TENGAN ENTREGA PROLONGADA CRÍTICA EN CASO DE QUE SEA POSIBLE, SI NO SE RECOMIENDA HACER UN PRECALIBRADO EN EL CAMPO A SU ARRIBO? |  |  |  |
| 208 | ¿ESPECIFICÓ ACCESORIOS ESTÁNDAR PARA LOS INSTRUMENTOS DEL PROYECTOS INCLUYENDO PROVEEDORES?   |  |  |  |
| 209 | ¿CONSIDERÓ MAXIMIZAR EL USO DE INSTRUMENTOS MONTADOS EN LÍNEA EVITANDO LOS QUE ESTAN MONTADOS EN SU BASE?   |  |  |  |

**CAJAS DE JUNTAS**

|     |   |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|
| 210 | ¿UTILIZÓ TABLEROS DE INSTRUMENTOS PREFABRICADOS?  |  |  |  |
| 211 | ¿EXIGIÓ AL PROVEEDOR QUE ETIQUETE LAS TERMINALES EN LAS CAJAS DE UNIONES DE INSTRUMENTOS, COMO SE INDICÓ EN LOS PLANOS? |  |  |  |

**PLANOS DE CIRCUITOS**

|     |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|
| 212 | ¿VERIFICÓ QUE LOS PLANOS DE CIRCUITOS INCLUYAN PUNTOS DE AJUSTE DE LOS INSTRUMENTOS ENTRE OTROS? |  |  |  |
| 213 | ¿VERIFICÓ QUE LOS PLANOS DE CIRCUITOS INCLUYAN EL DISPOSITIVO DE ESTACIÓN DE TRABAJO AL CAMPO?   |  |  |  |

**CABLE**

|     |   |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|
| 214 | ¿ESPECIFICÓ CUANDO SEA POSIBLE EL CABLE MULTIPAR?   |  |  |  |
| 215 | ¿REVISÓ EL USO DE CABLE Y CHAROLAS BLINDADOS EN LUGAR DE CONDUIT PARA INSTRUMENTOS ARRIBA DEL NIVEL DEL PISO? |  |  |  |

**CONDUIT**

|     |   |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|
| 216 | ¿DEFINIÓ CLARAMENTE EN LOS PLANOS DE DETALLE DONDE SE REQUIERAN ACCESORIOS DE SELLO PARA CONDUIT? |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA EL ARREGLO DE PLANTA/ ARREGLO DE EQUIPO**

| No  | CONCEPTO  | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---|---|----------------|----|-------------|
|   |   | SI             | NO |             |
| 217   | ¿CONSIDERÓ CONDUIT FLEX DE ½" PARA LAS CONEXIONES DE CONDUIT PARA INSTRUMENTOS (EL DE ¾" ES DIFÍCIL DE TRABAJAR)?   |                |    |             |
| 218   | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO LA INSTALACIÓN DE COPLES FLEX EN LOS LUGARES DONDE OCURRAN FRECUENCIAS DE VIBRACIONES?  |                |    |             |
| 219   | ¿MOSTRÓ EL CONDUIT DE INSTRUMENTOS EN LOS PLANOS (DE PUNTO A PUNTO)?  |                |    |             |
| 220   | ¿EVITÓ EL NO INSTALAR CABLE A TIERRA EN CONDUIT FLEX PARA INSTRUMENTOS A MENOS QUE LO REQUIERA EL CLIENTE? EL CONDUIT FLEX CUENTA CON TIERRA HASTA 1 ¼".  |                |    |             |
| <b>EDIFICIO DE CONTROL/EDIFICIO DE ANALIZADORES</b> |   |                |    |             |
| 221   | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE LAS ABERTURAS ESTÉN DISEÑADAS PARA ACOMODAR LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO, Y QUE SE INCLUYAN EN LA ORDEN DE COMPRA LOS DISPOSITIVOS ESPECIALES DE IZADO QUE SE REQUIERAN PARA EL EQUIPO PESADO QUE DEBE LEVANTARSE POR LA PARTE SUPERIOR? |                |    |             |
| 222   | ¿VERIFICÓ QUE SE COMBINEN LAS CASETAS DE MUESTRAS DE LOS ANALIZADORES CON UN SOLO PROVEEDOR/CASETA CUANDO SEA POSIBLE?  |                |    |             |
| 223   | ¿CONSIDERÓ COMBINAR EL SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES Y EL DE MUESTREO DE AGUA/VAPOR EN UNA SOLA CASETA?  |                |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS BOMBAS  
GA-301 A/B, 302, 303 A/B, 304 A/B, 305 A/B, 306, 321 A/B.**

| No | CONCEPTO | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|-------------------|----|-------------|
|    |          | SI                | NO |             |

**DISEÑO**

|   |   |  |  |  |
|---|---|--|--|--|
| 1 | ¿LOCALIZÓ LAS BOMBAS CENTRIFUGAS CONVENCIONALES MONTADAS EN PLACA BASE, POR COORDENADAS A LA LÍNEA DE CENTRO Y A LA BOQUILLA DE DESCARGA, DANDO LA ELEVACIÓN AL PUNTO DE SOPORTE? |  |  |  |
| 2 | ¿LOCALIZÓ LAS BOMBAS VERTICALES Y BOMBAS EN LÍNEA, POR COORDENADAS A LAS LÍNEAS DE CENTRO DEL MOTOR Y LA ELEVACIÓN SERÁ DADA A LA LÍNEA DE CENTRO DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN?      |  |  |  |
| 3 | ¿CONSIDERÓ LA ELEVACIÓN A LA LÍNEA DE CENTRO DE LA FLECHA LAS BOMBAS ROTATORIAS O RECIPROCANTES QUE NO COMPARTEN UNA PLACA BASE COMUN CON EL ACCIONADOR?                          |  |  |  |
| 4 | ¿LOCALIZÓ LOS COMPRESORES CENTRIFUGOS POR COORDENADAS A LA LÍNEA DE CENTRO DEL COMPRESOR Y A LA SUCCIÓN DE LA PRIMERA ETAPA?  |  |  |  |
| 5 | ¿LOCALIZÓ LOS COMPRESORES RECIPROCANTES POR COORDENADAS A LA LÍNEA DE CENTRO DEL ACCIONADOR Y AL CILINDRO DE LA PRIMERA ETAPA?  |  |  |  |

**CONSTRUCCIÓN**

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 6  | ¿VERIFICÓ QUE LAS BOMBAS SE LOCALICEN TAN CERCA COMO SEA POSIBLE Y A NIVEL DE PISO DE LOS RECIPIENTES QUE SUCCIONAN?  |  |  |  |
| 7  | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE LA ELEVACIÓN DEPENDA DEL TIPO DE BOMBA SELECCIONADA Y EN RELACIÓN AL SERVICIO Y LÍQUIDO BOMBEADO SIEMPRE Y CUANDO SEA POSIBLE?                            |  |  |  |
| 8  | ¿EVITÓ AL MÁXIMO QUE LAS BOMBAS ESTEN LOCALIZADAS BAJO EL NIVEL DE PISO YA QUE ESTO INVOLUCRA TRABAJO CIVIL COSTOSO (POR ESTRUCTURAS DE SOPORTE INVOLUCRADAS) Y PROBLEMAS DE DRENAJE? |  |  |  |
| 9  | ¿VERIFICÓ QUE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS CUENTEN CON ESPACIO EN LA PARTE FRONTAL PARA REMOCIÓN DE LA FLECHA Y PARA MANTENIMIENTO EN EL IMPULSOR?  |  |  |  |
| 10 | ¿VERIFICÓ EN EL DISEÑO QUE SI SE TIENEN VARIAS BOMBAS DEBAN LOCALIZARSE DE MANERA QUE QUEDEN ALINEADAS Y ESTETICAMENTE BIEN DISTRIBUIDAS, NORMALMENTE BAJO EL RACK DE TUBERÍAS?       |  |  |  |
| 11 | ¿VERIFICÓ QUE LAS BOMBAS SEAN COLOCADAS DE TAL FORMA QUE SU MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN NO SEA INTERFERIDO POR PROBLEMAS DE ACCESO?   |  |  |  |
| 12 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE LAS BOMBAS LOCALIZADAS EN PUNTOS ELEVADOS GENERALMENTE CAUSAN PROBLEMAS DE VIBRACIÓN EN EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS?   |  |  |  |
| 13 | ¿MAXIMIZÓ EL USO DE BOMBAS EN LÍNEA CUANDO EL PROCESO Y LAS ESPECIFICACIONES PERMITAN SU USO?   |  |  |  |
| 14 | ¿MONTÓ EN FABRICA EN CASO DE SER POSIBLE BOMBAS Y MOTORES ACOPLADOS DIRECTAMENTE?   |  |  |  |
| 15 | ¿ESTABLECIÓ LOS REQUERIMIENTOS DE   |  |  |  |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS BOMBAS  
GA-301 A/B, 302, 303 A/B, 304 A/B, 305 A/B, 306, 321 A/B.**

| No | CONCEPTO   | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|--|-------------------|----|-------------|
|    |  | SI                | NO |             |
|    | ASISTENCIA TÉCNICA DE PROVEEDORES PARA LA ERECCIÓN, ARRANQUE Y OPERACIÓN DE EQUIPO Y SE INCLUYÓ LOS REQUERIMIENTOS EN LAS ÓRDENES DE COMPRA?   |                   |    |             |
| 16 | ¿CONSIDERÓ LOS REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO AL DISEÑAR LA DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO?  |                   |    |             |
| 17 | ¿CONSIDERÓ EL ESPACIO ADECUADO PARA AISLAR ALGUNA PIEZA DE EQUIPO CON FINES DE MANTENIMIENTO MIENTRAS QUE EL EQUIPO CERCAÑO PERMANEZCA EN SERVICIO?  |                   |    |             |
| 18 | ¿CONSIDERÓ UN DISEÑO ESPECIAL PARA LAS ÁREAS DE OPERACIÓN PELIGROSA QUE LO REQUIERAN COMO SON LAS BRIDAS DE BLOQUE DOBLE Y PURGA (BRIDAS DUALES DE TUBERÍA CIEGA) ADICIONALMENTE A LAS VÁLVULAS NORMALES EN LA TUBERÍA DE COMPRESORES?                   |                   |    |             |
| 19 | ¿EMBARCÓ LOS TORNILLOS, EMPAQUES, ETC. JUNTO CON EL EQUIPO, NO SOLO PARA LA CONSTRUCCIÓN, SINO QUE TAMBIEN PARA REFACCIONES PARA LAS PRUEBAS DE COMISIONAMIENTO Y ARRANQUE?  |                   |    |             |
| 20 | ¿VERIFICÓ QUE LAS PLACAS BASE CUENTEN CON UN NÚMERO Y TAMAÑO ADECUADO DE ORIFICIOS PARA UNA LECHADA ADECUADA?  |                   |    |             |
| 21 | ¿DEFINIÓ CLARAMENTE EN LOS PLANOS TODAS LAS TOLERANCIAS DE ALINEACIÓN, EN FRÍO Y CALIENTE, DONDE SE REQUIERA?  |                   |    |             |
| 22 | ¿VERIFICÓ QUE LAS BOMBAS QUE MANEJEN PRODUCTOS INFLAMABLES SE AGRUPEN Y LOCALICEN EN ÁREAS SEPARADAS DE LAS CASAS DE COMPRESORES?  |                   |    |             |
| 23 | ¿VERIFICÓ QUE LAS BOMBAS QUE MANEJEN PRODUCTOS INFLAMABLES NO DEBAN LOCALIZARSE BAJO RACKS DE TUBERÍAS, DE CAMBIADORES DE CALOR DEL TIPO "SOLAIRES", NI DE RECIPIENTES O EQUIPOS QUE MANEJEN O CONTENGAN VOLUMENES IMPORTANTES DE PRODUCTOS INFLAMABLES? |                   |    |             |
| 24 | ¿ESTANDARIZÓ LOS TAMAÑOS DE LAS CIMENTACIONES?   |                   |    |             |
| 25 | ¿EMITIÓ UN PROGRAMA COMPLETO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN PREVIO A QUE EL PRIMER EQUIPO ROTATORIO LLEGUE AL SITIO DE TRABAJO?<br>¿CONSIDERÓ SU EMISIÓN PRELIMINAR EN CASO DE REQUERIRSE? ¿INCLUYÓ LOS REQUERIMIENTOS DEL DUEÑO?                              |                   |    |             |
| 26 | ¿EXPEDITÓ LA INGENIERÍA LOS MANUALES DE OPERACIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROVEEDOR PARA SISTEMAS PAQUETE, BOMBAS, COMPRESORES, AGITADORES Y OTRO EQUIPO ROTATORIO PARA ASEGURAR SU DISPONIBILIDAD PREVIA A LA RECEPCIÓN DEL EQUIPO?            |                   |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS COLUMNAS  
(TORRES)  
DA-301/DA-302**

| No | CONCEPTO | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|-------------------|----|-------------|
|    |          | SI                | NO |             |

| <b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</b>    |  |  |  |  |
|-------------------------------------|--|--|--|--|
| 1                                   | ¿CONSIDERÓ PARA LA LOCALIZACIÓN DE LAS COLUMNAS LOS TRES TIPOS DE LÍNEAS (LÍNEAS PRINCIPALES DE PROCESO, LÍNEAS ENTRE EQUIPOS ASOCIADOS, LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE PRODUCTO)?  |  |  |  |
| 2                                   | ¿VERIFICÓ QUE LAS COLUMNAS ESTEN ARREGLADAS EN LA SECUENCIA DE FLUJO DE PROCESO DE MODO QUE LAS LÍNEAS PRINCIPALES SEAN MÁS CORTAS?  |  |  |  |
| 3                                   | ¿VERIFICÓ QUE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE PROCESO ESTEN LO MAS CERCA UNAS A OTRAS TANTO COMO LAS DIMENSIONES DE EQUIPO Y ESPACIO PARA ACCESO LO PERMITAN?  |  |  |  |
| 4                                   | ¿VERIFICÓ QUE SE DISMINUYA AL MÁXIMO EL ESPACIAMIENTO DE LAS LÍNEAS ENTRE EQUIPOS ASOCIADOS (DEPENDIENDO DEL NÚMERO Y DE LAS DIMENSIONES DE OTROS EQUIPOS CONECTADOS A ELLA)?  |  |  |  |
| 5                                   | ¿VERIFICO QUE LAS LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE PRODUCTO DE DIÁMETRO PEQUEÑO LAS COLUMNAS PUEDAN LOCALIZARSE TAN CERCA COMO SEA POSIBLE DEL RACK DE TUBERÍAS?  |  |  |  |
| 6                                   | ¿VERIFICÓ QUE EL LADO ANTERIOR DE LAS COLUMNAS SE CONSERVE LIBRE PARA TENER ACCESO (PARA MANTENIMIENTO, SEGURIDAD Y LIMPIEZA)?   |  |  |  |
| 7                                   | ¿VERIFICÓ QUE EL LADO FRONTAL DE LAS COLUMNAS ESTE ALINEADO MANTENIENDO UN CLARO ENTRE ÉSTAS Y EL RACK DE TUBERÍAS?  |  |  |  |
| 8                                   | ¿DISEÑO TORRES LOCALIZADAS EN LÍNEAS CON PLATAFORMAS CONECTADAS ENTRE SI PARA CONTAR CON ACCESO, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN ADECUADA?   |  |  |  |
| 9                                   | ¿VERIFICÓ QUE LAS COLUMNAS DE FRACCIONAMIENTO SE LOCALICEN EN UNA LÍNEA DE CENTROS COMÚN DE 3.5 A 4.5 M ALEJADA DEL RACK DE LAS COLUMNAS?  |  |  |  |
| 10                                  | ¿REVISÓ LA OPCIÓN DE DISEÑAR UNA COLUMNA ALTA EN DOS PEQUEÑAS CON EL OBJETO DE MAXIMIZAR EL COSTO DE TRANSPORTACIÓN, MANIOBRA Y ERECCIÓN EN CAMPO?   |  |  |  |
| 11                                  | ¿REVISÓ INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN EN FORMA CONJUNTA EL DISEÑO DE LA COLUMNA CON EL FABRICANTE E INSPECCIONÓ LA COMPRA PARA ASEGURAR SU COMFORMIDAD?  |  |  |  |
| <b>CONSIDERACIONES DE ELEVACIÓN</b> |  |  |  |  |
| 12                                  | ¿VERIFICÓ QUE ALTURA DE LA COLUMNA AL REHERVIDOR, Y DE LA COLUMNA A LA BOMBA DE FONDOS POR REQUERIMIENTOS DE NPSH, SEAN DETERMINADOS POR EL FLUJO DEL FLUIDO?  |  |  |  |
| 13                                  | ¿VERIFICÓ QUE LA ALTURA DE LA COLUMNA AL REHERVIDOR VARÍE DE 0.9 A 1.5 M PARA TORRES CON DIAMETROS DE 0.6 A 5 M Y TEMPERARATURA DE FONDOS DE 100 A 400 °F. A TEMPERATURAS MAYORES SE PUEDE INCREMENTAR ESTA ALTURA DE 0.3 A 0.6 M? |  |  |  |



**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TORRES  
DA-301/DA-302**

| No                                      | CONCEPTO   | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---|--|-------------------|----|-------------|
|   |  | SI                | NO |             |
| 14                                      | ¿CONSIDERÓ PARA EVITAR LA TRANSMISION DE ALTAS TEMPERATURAS A LA CIMENTACIÓN DE CONCRETO O ESTRUCTURA, SEA CONVENIENTE TENER EL CONDENSADOR ARRIBA DEL DOMO DE LA COLUMNA PARA MINIMIZAR LA TUBERÍA DE VAPOR Y PROVEER REFLUJO POR GRAVEDAD?                       |                   |    |             |
| 15                                      | ¿CONSIDERÓ PARA ESTE ARREGLO UN SOPORTE ADECUADO PARA EL TANQUE DE REFLUJO?  |                   |    |             |
| 16                                      | ¿CONSIDERÓ PARA ESTE ARREGLO UNA CABEZA ADECUADA EN EL CIRCUITO AL CENTRO ENTRE LAS COLUMNAS, EL CUAL DEBE SER DE 7.5 VECES LA MEDIA DE LOS DIAMETROS DE LAS COLUMNAS?   |                   |    |             |
| 17                                      | ¿PROPORCIONÓ ESPACIO SUFICIENTE PARA REMOCIÓN DE LOS TUBOS O DE LOS INTERCAMBIADORES MISMOS EN CASO QUE SE REQUIERA ACCESO AL SISTEMA DE CONDENSADORES YA QUE ALGUNAS VECES SON SOPORTADOS SOBRE LA TORRE?   |                   |    |             |
| 18                                      | ¿CONSIDERÓ EL ESPACIO DE LAS PLATAFORMAS PARA ACCESO A LAS VÁLVULAS E INSTRUMENTOS ASOCIADOS CON LOS INTERCAMBIADORES EN LAS COLUMNAS?   |                   |    |             |
| 19                                      | ¿SE CONSIDERÓ EN EL DISEÑO PREVISIONES PARA ACCESO INTERNO, A FIN DE PERMITIR LIMPIEZA, COLOCACIÓN DE PLATOS, INSPECCIÓN DE CORROSIÓN, NIVELACIÓN DE SOPORTES DE EMPAQUE, Y OTROS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO?   |                   |    |             |
| 20                                      | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE EN LOS DIAMETROS MENORES A 0.5 M EL ACCESO INTERNO NO ES PRACTICO Y LA COLUMNA DEBEN CONSTRUIRSE EN TRAMOS DE APROXIMADAMENTE 2.5 M DE ALTURA PARA EL MANTENIMIENTO?   |                   |    |             |
| 21                                      | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE LA LINEA DE CENTRO DE LOS REGISTROS DE HOMBRE (ACCESOS AL INTERIOR DE LA COLUMNA) NORMALMENTE ESTE A UN 1 M ARRIBA DE LA PLATAFORMA, PERO PUEDE VARIAR ENTRE 0.5 M Y 1.3 M?  |                   |    |             |
| 22                                      | ¿CONSIDERÓ EN CASO DE QUE SE ENTREGUEN COMPLETAS LAS COLUMNAS PREVEER UN ACCESO ADECUADO DE LA MISMA, ESPACIO PARA DESCARGA Y ESPACIO PARA ERECCIÓN YA QUE GENERALMENTE LAS COLUMNAS SON CONSIDERABLEMENTE MÁS ALTAS QUE LA MAYORÍA DE OTROS ACCESORIOS O EQUIPOS? |                   |    |             |
| 23                                      | ¿CONSIDERÓ LOCALIZAR LAS COLUMNAS CUANDO SEA POSIBLE EN UN EXTREMO DEL ÁREA DE PROCESO?  |                   |    |             |
| 24                                      | ¿VERIFICÓ QUE EL SUMINISTRO DE COMPRA DEL FABRICANTE DE LA COLUMNA EL SISTEMA DE TUBERÍA ESTE COMPLETO CON APOYO DE TUBOS Y GUÍAS, YA QUE ESTO PERMITIRÁ HACER SOLAMENTE UNA ELEVACIÓN DE LAS VÁLVULAS SOBRE EL SISTEMA DE TUBERÍAS?                               |                   |    |             |
| <b>CONSIDERACIONES DE ESPACIAMIENTO</b> |  |                   |    |             |
| 25                                      | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO LAS COLUMNAS CON UN ESPACIO MINIMO DE 3 M ENTRE COLUMNAS,  |                   |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TORRES  
DA-301/DA-302**

| No                               | CONCEPTO  | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----------------------------------|---|-------------------|----|-------------|
|                                  |   | SI                | NO |             |
|                                  | QUE PUEDE INCREMENTARSE SI ES PROBABLE EL REEMPLAZO FRECUENTE DE LOS PLATOS?  |                   |    |             |
| 26                               | ¿CONSIDERÓ DISEÑOS ESPECIALES DE CIMIENTOS PARA COLUMNAS EXTREMADAMENTE ALTAS? EL ÁREA REQUERIDA PARA LA CIMENTACIÓN PUEDE SER EL CRITERIO EN EL ESPACIAMIENTO? |                   |    |             |
| 27                               | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO LA INTERACCIÓN DEL VIENTO YA QUE PUEDE INFLUENCIAR EN LA LOCALIZACIÓN DE COLUMNAS ADYACENTES?   |                   |    |             |
| <b>ACCESIBILIDAD DE EQUIPO</b>   |   |                   |    |             |
| 28                               | ¿CONSIDERÓ DENTRO DEL PLOT PLAN Y ARREGLO DEL EQUIPO, ACCESOS ADECUADOS PARA EL MANTENIMIENTO?  |                   |    |             |
| 29                               | ¿CONSIDERÓ DENTRO DEL PLOT PLAN ACCESOS AMPLIOS PARA LA MOVILIZACIÓN DE GRÚAS PARA LA INSTALACIÓN DE LA COLUMNA?  |                   |    |             |
| 30                               | ¿CONSIDERÓ DENTRO DEL PLOT PLAN EL ACCESO DE GRÚAS PARA INSTALACIÓN DE LA COLUMNA?  |                   |    |             |
| 31                               | ¿CONSIDERÓ DENTRO DEL PLOT PLAN EL USO DE MANERALES Y TOMAS CONTRAINCENDIO?   |                   |    |             |
| 32                               | ¿CONSIDERÓ LA ALTURA, ANCHO, LONGITUD EN LOS DISEÑOS PARA LAS RUTAS DE ACCESO DE LA COLUMNA?  |                   |    |             |
| 33                               | ¿VERIFICÓ EL USO DE ESCALERAS ARMADAS PARA REALIZAR TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN LA COLUMNA?  |                   |    |             |
| 34                               | ¿DETERMINÓ LA MEJOR UBICACIÓN DE LOS CONTROLES CON RESPECTO A LAS ÁREAS DE OPERACIÓN Y SUMINISTRAR UNA VISTA DE LA COLUMNA?                                     |                   |    |             |
| 35                               | ¿CONSIDERÓ ACCESOS ADECUADOS PARA RETIRAR EQUIPOS CRÍTICOS PARA SU REEMPLAZO?   |                   |    |             |
| 36                               | ¿REVISÓ EL PLOT PLAN EL PERSONAL EXPERTO EN IZAJES?   |                   |    |             |
| 37                               | ¿CONSIDERÓ ESPACIOS PARA LA TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CERCANA A LA COLUMNA?   |                   |    |             |
| 38                               | ¿CONSIDERÓ CORREDORES DE SERVICIOS SUBTERRÁNEOS DE MANERA QUE NO AFECTEN LA CONSTRUCCIÓN NI LAS CIMENTACIONES DE GRAN PROFUNDIDAD?                              |                   |    |             |
| <b>SERVICIOS</b>                 |   |                   |    |             |
| 39                               | ¿ORIENTÓ ADECUADAMENTE EL PLOT PLAN O ARREGLO DE EQUIPOS DE MANERA QUE SE MINIMICEN LAS TRAYECTORIAS DE TUBERÍA Y CABLEADO ELÉCTRICO?                           |                   |    |             |
| 40                               | ¿CONSIDERÓ INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS EN LOS EQUIPOS QUE SE ENCUENTRAN POR ARRIBA DEL NIVEL DEL SUELO?  |                   |    |             |
| 41                               | ¿CONSIDERÓ EL IMPACTO EN EL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS QUE SE ENCUENTRAN POR ARRIBA DEL NIVEL DEL SUELO (COLUMNAS)?                                  |                   |    |             |
| <b>SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN</b> |   |                   |    |             |
| 42                               | ¿DENTRO DE PLOT PLAN O ARREGLOS DE EQUIPOS CONSIDERÓ CONTINGENCIAS PERTINENTES CON RESPECTO A LA ENTREGA TARDÍA DE LA COLUMNA DE MANERA QUE NO                  |                   |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TORRES  
DA-301/DA-302**

| No | CONCEPTO | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|-------------------|----|-------------|
|    |          | SI                | NO |             |

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
|    | AFECTE EL PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN?   |  |  |  |
| 43 | ¿REALIZÓ ESTUDIOS DE IZAJES A TRAVES DE SOFTWARE ESPECIALIZADOS?  |  |  |  |
| 44 | ¿SUPERVISÓ QUE TODOS LOS MATERIALES QUE PERTENEZCAN A LA COLUMNA ESTEN DISPONIBLES EN EL SITIO DE TRABAJO Y CUANDO SEA NECESARIO ESTEN MARCADOS CLARAMENTE PARA MOSTRAR A DONDE PERTENECEN? |  |  |  |
| 45 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ACCESORIOS DE LA COLUMNA TENGAN SU IDENTIFICACIÓN DE UNIDAD DE EQUIPO Y CODIGO DE ÁREA?   |  |  |  |
| 46 | ¿VERIFICÓ QUE LOS INSTRUMENTOS QUE PERTENEZCAN A LA COLUMNA TENGAN SU IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD Y DE INSTRUMENTO PARA AHORRAR TIEMPO DE INSTALACIÓN Y RETRAJOS?                           |  |  |  |
| 47 | ¿VERIFICÓ QUE LAS IDENTIFICACIONES Y LAS ETIQUETAS SEAN DE MATERIAL INDESTRUCTIBLES Y FIJADO CON SEGURIDAD PARA QUE NO DESAPAREZCAN, DESTRUYAN NI SE CAIGAN?                                |  |  |  |

**CONCRETO Y CIVIL**

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 48 | ¿UBICÓ LA COLUMNA DE MANERA QUE PUEDAN ACCESAR LIBREMENTE EL PERSONAL CONTRA INCENDIO?      |  |  |  |
| 49 | ¿UBICÓ LA COLUMNA DE MANERA QUE SE MINIMICEN LOS REQUERIMIENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA FUEGO? |  |  |  |

**CONCRETO**

**DISEÑO DE CIMENTACIONES**

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 50 | ¿CONSIDERÓ COLOCAR ANCLAS DE 2" MAS O MENOS ARRIBA EN LAS CIMENTACIONES DE LA COLUMNA PARA QUE ACTÚE COMO GUÍA CUANDO SE COLOQUE? |  |  |  |
| 51 | ¿PROGRAMÓ OPORTUNAMENTE REALIZAR LAS CIMENTACIONES DE TAL FORMA QUE PERMITA LA FÁCIL COLOCACIÓN DEL CONCRETO?                     |  |  |  |

**ANCLAS Y EMBEBIDOS**

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 52 | ¿UTILIZÓ CAMISAS PARA ANCLAS EN CIMENTACIONES DE LA COLUMNA? |  |  |  |
|----|--|--|--|--|

**ESCALERAS, ESCALONES Y PLATAFORMAS**

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 53 | ¿SUMINISTRÓ ESCALERAS PLANAS, ESCALONES Y PLATAFORMAS PARA OPERADORES Y MANTENIMIENTO ADECUADOS, PARA QUE EL PERSONAL ACCESE PARA DESARROLLAR TRABAJOS REQUERIDOS EN LA COLUMNA? |  |  |  |
| 54 | ¿INCLUYÓ EN EL DISEÑO CONSIDERACIONES PARA HERRAMIENTAS, MATERIALES, REFACCIONES Y ADEMÁS REQUERIMIENTOS DE REPARACIÓN DE LA COLUMNA?  |  |  |  |
| 55 | ¿REALIZÓ ESCALERAS PRE-INGENIERADAS DE LA COLUMNA?   |  |  |  |
| 56 | ¿CORTÓ Y LIMPIÓ EN EL TALLER BARRENOS REQUERIDOS EN EMPARRILLADOS PARA PENETRACIONES DE LA COLUMNA?  |  |  |  |
| 57 | ¿MAXIMIZÓ EL USO DE SISTEMAS DE EMPARRILLADO PARA PISOS EN VEZ DE PISO A BASE DE PLACA?  |  |  |  |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TORRES  
DA-301/DA-302**

| No                                    | CONCEPTO   | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---------------------------------------|--|-------------------|----|-------------|
|                                       |  | SI                | NO |             |
| 58                                    | ¿ESTANDARIZÓ LOS TAMAÑOS DE BARRENOS EN EMPARRILLADOS PARA PENETRACIÓN DE TUBERÍAS?  |                   |    |             |
| <b>FABRICACIÓN</b>                    |  |                   |    |             |
| 59                                    | ¿VERIFICÓ QUE SE CUENTE CON LA INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTABLECER LA SECUENCIA DE ENTREGAS?   |                   |    |             |
| 60                                    | ¿REVISÓ LA SECUENCIA DE ENTREGAS?  |                   |    |             |
| 61                                    | ¿REVISÓ LA COLUMNA EN LAS INSTALACIONES DEL PROVEEDOR ANTES DE SU EMBARQUE?  |                   |    |             |
| <b>EDIFICACIÓN</b>                    |  |                   |    |             |
| <b>APERTURA DE MUROS</b>              |  |                   |    |             |
| 62                                    | ¿IDENTIFICÓ DE MANERA TEMPRANA EN EL DISEÑO LOS REQUERIMIENTOS DE ACCESOS PARA PROCESO, PARA ELÉCTRICO Y ALGÚN OTRO EQUIPO QUE ES DE DIMENSIONES MAYORES?  |                   |    |             |
| <b>RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS</b>      |  |                   |    |             |
| 63                                    | ¿IDENTIFICÓ LOS RECUBRIMIENTOS ESPECIALES QUE REQUIERAN SER COLOCADOS ANTES DE LA INSTALACIÓN DE LA COLUMNA?   |                   |    |             |
| <b>TRANSPORTACIÓN, IZAJE Y MANEJO</b> |  |                   |    |             |
| 64                                    | ¿REQUIRIÓ QUE EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA OFERTA, QUE EL PROVEEDOR DISEÑE Y PROPORCIONE LAS VIGAS ESPECIALES PARA LA COLUMNA Y COMPONENTES QUE REQUIERAN IZADO?  |                   |    |             |
| 65                                    | ¿PROPORCIONÓ DE MANERA OPORTUNA LA LISTA DE EQUIPO CON PESOS Y DIMENSIONES, PLANOS PLOTEADOS, PLANOS DE EQUIPO, FORMA DE TRANSPORTACIÓN PROPUESTO Y EL PROGRAMA DE ENTREGA; PARA FORMULAR UN PLAN MAESTRO DE IZAJE PRELIMINAR? |                   |    |             |
| 66                                    | ¿REQUIRIÓ QUE LOS PROVEEDORES ENTREGUEN PROCEDIMIENTOS DE ERECCIÓN PARA COLUMNAS O CUALQUIER REQUERIMIENTO ESPECIAL DE IZADO?  |                   |    |             |
| 67                                    | ¿REVISÓ LA COLOCACIÓN DE LA COLUMNA Y SI OCURREN OTRAS REVISIONES QUE AFECTEN LOS PLANES DE IZADO?   |                   |    |             |
| 68                                    | ¿DETERMINÓ LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DE LA COLUMNA?  |                   |    |             |
| 69                                    | ¿REALIZÓ UN ESTUDIO DE LOS DOCUMENTOS QUE PROPORCIONA EL PROVEEDOR Y SE CONSULTÓ A PROFESIONALES EN SEGURIDAD?   |                   |    |             |
| 70                                    | ¿DESARROLLÓ LAS REFERENCIAS ADECUADAS A LAS ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN DEL FABRICANTE Y SE DEFINIÓ LOS LÍMITES MÁXIMO/MÍNIMO DE DESEMPEÑO DE LA COLUMNA?  |                   |    |             |
| 71                                    | ¿INSTALÓ DISPOSITIVOS DE LIMITACIÓN A PRUEBA DE FALLAS?  |                   |    |             |
| <b>ALMACENAMIENTO Y MANTENIMIENTO</b> |  |                   |    |             |
| 72                                    | ¿PROPORCIONÓ PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ARTÍCULOS ALMACENADOS, ASÍ COMO PARA LOS QUE ESTÉN INSTALADOS PREVIO AL ARRANQUE?   |                   |    |             |
| 73                                    | ¿EXPEDITÓ LA INGENIERÍA LOS MANUALES DE OPERACIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO   |                   |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TORRES  
DA-301/DA-302**

| No | CONCEPTO | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|-------------------|----|-------------|
|    |          | SI                | NO |             |

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
|    | DEL PROVEEDOR PARA LA COLUMNA PARA ASEGURAR SU DISPONIBILIDAD PREVIA A LA RECEPCIÓN DEL EQUIPO?       |  |  |  |
| 74 | ¿CONSIDERÓ EN LOS PLANOS FINALES QUE HAYA FÁCIL ACCESO PARA MANTENIMIENTO DE LA COLUMNA Y ACCESORIOS? |  |  |  |
| 75 | ¿REALIZÓ UN ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A LA COLUMNA?                      |  |  |  |

**PLANOS Y ESPECIFICACIONES**

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 76 | ¿INCLUYÓ TODA LA INFORMACIÓN REQUERIDA EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA COLUMNA?   |  |  |  |
| 77 | ¿VERIFICÓ QUE LA LISTA DE EQUIPO INCLUYA LOS REQUERIMIENTOS DE PINTURA, AISLAMIENTO Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO DE LA COLUMNA?   |  |  |  |
| 78 | ¿VERIFICÓ QUE LAS IMPRESIONES DEL PROVEEDOR REPRODUCIDAS SEAN CLARAS Y LEGIBLES ANTES DE TRANSMITIRSE AL CAMPO?   |  |  |  |
| 79 | ¿REVISÓ QUE LOS ORIFICIOS PARA LOS TORNILLOS EN LAS BRIDAS DEL EQUIPO ESTÉN BIEN ORIENTADOS/COLOCADOS EN LA FÁBRICA, ESPECIALMENTE CON EQUIPO FABRICADO EN EL EXTRANJERO? |  |  |  |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR EA-302, 303, 304, 305, 306, 307 A/B, 308, 309 A/B,  
310, 311, 312, 313, 314.  
DA-301/DA-302**

| No | CONCEPTO | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|-------------------|----|-------------|
|    |          | SI                | NO |             |

**DISEÑO**

|   |   |  |  |  |
|---|---|--|--|--|
| 1 | ¿LOCALIZÓ POR ELEVACIÓN Y COORDENADAS A LA LINEA DE CENTRO DEL LADO DE LOS TUBOS Y COORDENADAS A LA BOQUILLA DE ENTRADA DEL LADO DE LOS TUBOS LOS CAMBIADORES DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS HORIZONTALES?                |  |  |  |
| 2 | ¿LOCALIZÓ LOS CAMBIADORES DE CORAZA Y TUBOS VERTICALES POR COORDENADAS A LA LINEA DE CENTRO?  |  |  |  |
| 3 | ¿INDICÓ EL PUNTO DE APOYO DE LAS MENSULAS Y A LA BOQUILLA DE ENTRADA DEL LADO DE LOS TUBOS?   |  |  |  |
| 4 | ¿LOCALIZÓ LOS SOLOAIRES (CAMBIADORES ENFRIADOS POR AIRE) POR COORDENADAS A LA LINEA DE CENTRO DE LAS BOQUILLAS DE ENTRADA EN UNA DIRECCIÓN Y A UNA BOQUILLA DE ENTRADA EN LA OTRA Y LA ELEVACIÓN AL PUNTO DE SOPORTE? |  |  |  |
| 5 | ¿LOCALIZÓ LOS CAMBIADORES DE PLACAS POR COORDENADAS A LA LÍNEA DE CENTRO DE LA UNIDAD Y A LA CARA DE LAS BRIDAS Y LA ELEVACIÓN AL PUNTO DE SOPORTE?   |  |  |  |

**CONSTRUCCIÓN**

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 6  | ¿VERIFICÓ QUE LOS INTERCAMBIADORES AGRUPADOS DEBAN ESTAR EN FILA CON LOS EJES DE LAS BOQUILLAS DE LOS CANALES, EN UN PLANO VERTICAL COMÚN, PARA PRESENTAR UNA APARIENCIA ESTÉTICA Y PARA FACILITAR LOS DETALLES DE TUBERÍA? |  |  |  |
| 7  | ¿VERIFICÓ QUE LOS INTERCAMBIADORES PUEDAN APILARSE, PERO NUNCA DEBEN SER MAS DE TRES SI SE SOPORTAN MUTUAMENTE?   |  |  |  |
| 8  | ¿VERIFICÓ QUE LOS INTERCAMBIADORES QUE ESTEN CONECTADOS EN SERIE O EN PARALELO DEBAN ESTAR SITUADOS UNO ENCIMA DEL OTRO HASTA ALTURAS DE APROXIMADAMENTE 4 M?   |  |  |  |
| 9  | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO CUANDO REQUIERA QUE UN CAMBIADOR DE CALOR SEA REMOVIDO COMO UNA UNIDAD COMPLETA PARA LIMPIEZA Y ARRASTRE, CUENTE CON UN ADECUADO ESPACIO EN LOS EXTREMOS PARA DESMANTELAMIENTO?                     |  |  |  |
| 10 | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE EN LA MAYORIA DE LOS CAMBIADORES ESTEN LOCALIZADOS CON LA BASE MAS O MENOS 1 METRO ARRIBA DEL NIVEL EL PISO?  |  |  |  |
| 11 | ¿CONSIDERÓ QUE EN LOS INTERCAMBIADORES EN BATERÍA A NIVEL DE TERRENO DEBAN ESTAR ESPACIADOS 0.9 M ENTRE ELLOS EN CASO DE QUE SEA POSIBLE?   |  |  |  |
| 12 | ¿CONSIDERÓ QUE EN LA DISTRIBUCIÓN LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO DEBAN ESTAR ARREGLADAS PRIMERO Y EL RESTO DEL EQUIPO (COMO INTERCAMBIADORES) DESPUES?  |  |  |  |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR EA-302, 303, 304, 305, 306, 307 A/B, 308, 309 A/B,  
310, 311, 312, 313, 314.  
DA-301/DA-302**

| No                | CONCEPTO  | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|-------------------|---|-------------------|----|-------------|
|                   |   | SI                | NO |             |
| 13                | ¿CONSIDERÓ QUE LA POSICION DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR EN PLANTAS QUIMICAS Y PETROQUIMICAS NORMALMENTE DEPENDE DE LA LOCALIZACIÓN DE LAS COLUMNAS DE DESTILACION?   |                   |    |             |
| <b>COLOCACIÓN</b> |   |                   |    |             |
| 14                | ¿VERIFICÓ QUE LOS INTERCAMBIADORES ESTEN CERCA A OTROS EQUIPOS DE PROCESO, POR EJEMPLO, LOS INTERCAMBIADORES EN CIRCUITOS CERRADOS CON BOMBAS (CIRCUITOS DE REFLUJO) EN EL CASO DE UNA SALIDA DE FLUJO A TRAVÉS DE UN INTERCAMBIADOR DESDE EL FONDO DE UN RECIPIENTE CON OBJETO DE TENER LAS LÍNEAS DE SUCCIÓN A LAS BOMBAS, DE MENOR LONGITUD? |                   |    |             |
| 15                | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE LOS INTERCAMBIADORES, ENFRIADORES DE PRODUCTO, DEBAN SER COLOCADOS ENTRE EL EQUIPO DE PROCESO Y EL LIMITE DE BATERÍA DE LA UNIDAD, CON OBJETO DE MINIMIZAR EL RECORRIDO DE TUBERÍAS A ALTAS TEMPERATURAS?   |                   |    |             |
| 16                | ¿LOCALIZÓ LOS INTERCAMBIADORES QUE PUEDEN SER APILABLES CON OBJETO DE SIMPLIFICAR ARREGLOS DE TUBERÍA Y AHORRO DE ESPACIO?  |                   |    |             |
| 17                | ¿CONSIDERÓ EN EL DISEÑO QUE LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO, NORMALMENTE LIMITAN LA ALTURA MAXIMA DE LOS INTERCAMBIADORES, QUE ES DE 1.5 M; A LA PARTE ALTA DE LA CORAZA, DE MANERA QUE EL EQUIPO MOVIL PERMITA MANEJAR CONVENIENTEMENTE EL HAZ DE TUBOS EN CASO DE SER NECESARIA SU EXTRACCIÓN?   |                   |    |             |
| 18                | ¿DISEÑO Y PROCURÓ CUANDO SE REQUIERAN BASES DESLIZABLES COMO SON LOS SOPORTES DE LOS INTERCAMBIADORES PARA QUE COINCIDAN CON EL PROGRAMA DE INSTALACIÓN DE LA CIMENTACIÓN?  |                   |    |             |
| 19                | ¿MODULARIZÓ LAS PIEZAS GRANDES DE EQUIPOS COMO SON LOS HORNOS Y CALDERAS?   |                   |    |             |
| 20                | ¿VERIFICÓ QUE EL ÁREA REQUERIDA PARA LA ELIMINACIÓN DE TUBERÍAS ESTEN CLARAMENTE INDICADAS EN LOS PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPO, MECÁNICOS Y DE TUBERÍAS; Y QUE LAS TUBERÍAS DE AGUA DE CIRCULACIÓN Y OTRAS SE HAYAN DISEÑADO PARA QUE SE ELIMINEN LAS ASAS EN DICHA ÁREA?   |                   |    |             |
| 21                | ¿CONSIDERÓ UNA BUENA COORDINACIÓN PARA LA COMPRA DE MATERIAL REFRACTARIO PARA QUE SE UTILICEN MATERIALES FRESCOS?<br>¿SIGUIÓ LAS INSTRUCCIONES DEL PROVEEDOR PARA SU INSTALACIÓN?   |                   |    |             |
| 22                | ¿EVALUÓ LOS MATERIALES DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO, TALES COMO MADERA TRATADA,  |                   |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LOS  
INTERCAMBIADORES DE CALOR EA-302, 303, 304, 305, 306, 307 A/B, 308, 309 A/B,  
310, 311, 312, 313, 314.  
DA-301/DA-302**

| No | CONCEPTO | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|-------------------|----|-------------|
|    |          | SI                | NO |             |

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
|    | CONCRETO, FIBRA DE VIDRIO, ACERO GALVANIZADO Y CERÁMICA PARA OPTIMIZAR COSTOS DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y MANTENIMIENTO?  |  |  |  |
| 23 | ¿DISEÑO DE MODO QUE LOS INTERCAMBIADORES Y CABEZALES REMOVIBLES TENGAN OREJAS PARA IZADO Y QUE SE HAYAN INSTALADO EN FÁBRICA?   |  |  |  |
| 24 | ¿REVISÓ QUE LOS ORIFICIOS PARA LOS TORNILLOS EN LAS BRIDAS DEL EQUIPO ESTÉN BIEN ORIENTADOS/COLOCADOS EN LA FÁBRICA, ESPECIALMENTE CON EQUIPO FABRICADO EN EL EXTRANJERO? |  |  |  |



**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LOS RECIPIENTES  
FA-303, 304 A/B, 306, 307 A/B, 308, 309, 310, FA-311**

| No | CONCEPTO | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|-------------------|----|-------------|
|    |          | SI                | NO |             |

**DISEÑO**

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 1  | ¿LOCALIZÓ POR COORDENADAS A LA LINEA DEL CENTRO LOS RECIPIENTES VERTICALES Y POR ELEVACIÓN A LA LINEA DE TANGENCIA INFERIOR Y AL PUNTO DE APOYO?  |  |  |  |
| 2  | ¿LOCALIZÓ POR COORDENADAS A LA LINEA DE CENTRO Y A LA LINEA DE TANGENCIA DE REFERENCIA LOS RECIPIENTES HORIZONTALES?  |  |  |  |
| 3  | ¿ACOTÓ LOS SOPORTES DESDE LA LINEA DE TANGENCIA DE REFERENCIA Y EL EXTREMO FIJO EN LOS RECIPIENTES HORIZONTALES?  |  |  |  |
| 4  | ¿INDICÓ LA ELEVACIÓN A LA LINEA DE CENTRO DE RECIPIENTE HORIZONTALES?   |  |  |  |
| 5  | ¿INDICÓ LA ORIENTACIÓN DE LAS PATAS Y LA ELEVACIÓN AL PUNTO DE APOYO EN LOS RECIPIENTES SOPORTADOS POR PATAS?   |  |  |  |
| 6  | ¿IDENTIFICÓ TODAS LAS BOQUILLAS, REGISTROS Y ABERTURAS EN LOS FALDONES INDICANDO SU ORIENTACIÓN O COTA A LA LÍNEA DE TANGENCIA DE REFERENCIA Y ELEVACIÓN A LA LINEA DE CENTRO?          |  |  |  |
| 7  | ¿VERIFICÓ QUE SE MUESTREN TODAS LAS PLATAFORMAS, SOPORTES DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS Y SE INDICAN EL ANCHO DE LA PLATAFORMA, LA ELEVACIÓN Y LA ORIENTACIÓN DE ESCALERAS?                |  |  |  |
| 8  | ¿INDICÓ CLARAMENTE LOS REQUERIMIENTOS ESPECIALES (ESCALERAS INCLINADAS, EXTENSIONES A PLATAFORMAS, PASOS DE TUBERÍAS, ARANDALES REMOVIBLES O MODIFICADOS)?                              |  |  |  |
| 9  | ¿INDICÓ LOS BARANDALES Y/O PLATAFORMAS EN TECHOS Y ESCALERAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO?  |  |  |  |
| 10 | ¿VERIFICÓ QUE SE MUESTREN Y LOCALIZEN LOS PESCANTE DE MANTENIMIENTO Y EN LAS ENTRADAS DE HOMBRE; LOS ANILLOS DE REFUERZO Y LAS OREJAS DE IZAJE; LOS SOPORTES Y LAS GRÚAS PARA TUBERÍAS? |  |  |  |

**CONSTRUCCIÓN**

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
| 11 | ¿MAXIMIZÓ EL USO DE BOMBAS EN LÍNEA CUANDO EL PROCESO Y LAS ESPECIFICACIONES PERMITAN SU USO?   |  |  |  |
| 12 | ¿ANALIZÓ LOS REQUERIMIENTOS ESPECIALES PARA EL EMBARQUE DE RECIPIENTES?   |  |  |  |
| 13 | ¿PROPORCIONÓ FLEJES DE ANILLO U OTRO TIPO DE SOSTÉN CUANDO SE REQUIERA?   |  |  |  |
| 14 | ¿INDICÓ LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DE PRESURIZACIÓN (AMBIENTE, DE RECIPIENTE Y DE AGUA) PARA LAS PRUEBAS HIDROSTÁTICAS?                         |  |  |  |
| 15 | ¿CONSIDERÓ EL PRE-ENSAMBLE DEL EQUIPO PREVIO A LA INSTALACIÓN, POR EJEMPLO LA INSTALACIÓN DE BARANDALES, PLATAFORMAS Y APLICACIÓN DE PINTURA? |  |  |  |
| 16 | ¿DISEÑÓ CHIMENEAS CON CONEXIONES BRIDADAS CUANDO SEA POSIBLE?   |  |  |  |
| 17 | ¿UTILIZÓ PLANTILLAS DE TORNILLOS DE ANCLAS/PLACAS BASE DEL FABRICANTE DEL   |  |  |  |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LOS RECIPIENTES  
FA-303, 304 A/B, 306, 307 A/B, 308, 309, 310, FA-311**

| No                                    | CONCEPTO  | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---------------------------------------|---|-------------------|----|-------------|
|                                       |   | SI                | NO |             |
|                                       | RECIPIENTE (PARA RECIPIENTES DE 48" Y MAYORES) PARA FACILITAR UNA COLOCACIÓN ADECUADA?  |                   |    |             |
| 18                                    | ¿DISEÑO EN CASO DE SER POSIBLE LOS RECIPIENTES CON CENTRÍFUGA PARA SER ERIGIDOS CON LAS CENTRIFUGAS INSTALADAS EN EL CABEZAL ANTES DE IZARLOS, PARA QUE SE ERIJAN COMPLETAMENTE ENSAMBLADOS?        |                   |    |             |
| 19                                    | ¿VERIFICÓ QUE LAS TOLERANCIAS DE DIMENSIONES PARA LAS CHAROLAS Y SUS PARTES INTERNAS SE ESPECIFIQUEN Y SE FABRIQUEN CORRECTAMENTE?  |                   |    |             |
| 20                                    | ¿REALIZÓ UN ANÁLISIS DE COSTOS ANTES DE ESPECIFICAR LOS TANQUES DE ACERO AL CARBÓN CON RECUBRIMIENTO INTERIOR?  |                   |    |             |
| 21                                    | ¿PROPORCIONÓ UNA BARRA REBORDEADA INSTALADA EN FÁBRICA PARA SOPORTE DEL AISLAMIENTO EN EL PISO Y EN LA BASE?  |                   |    |             |
| 22                                    | ¿REVISÓ LOS REQUERIMIENTOS DE AISLAMIENTO CONTRA FUEGO EN EL INTERIOR DE LOS RECIPIENTES?   |                   |    |             |
| 23                                    | ¿CONSIDERÓ EL ESPACIO SUFICIENTE ENTRE ELEMENTOS COMO SON LAS CHAQUETAS DE AISLAMIENTO, LAS PLATAFORMAS, ESCALERAS Y GUÍAS DE TUBERÍA?  |                   |    |             |
| 24                                    | ¿PROPORCIONÓ LENGÜETAS DE TIERRA A TODOS LOS TANQUES Y EQUIPO PARA INSTALAR CABLES DE TIERRA EN EL CAMPO, EN ESPECIAL AQUELLOS ELEMENTOS QUE ESTÉN RECUBIERTOS?                                     |                   |    |             |
| 25                                    | ¿ORIENTÓ EL EQUIPO Y LAS LENGÜETAS PARA UN TERMINADO DE CONEXIÓN A TIERRA EMBEBIDA?   |                   |    |             |
| 26                                    | ¿DESARROLLÓ LOS PLANOS DE ESCALERAS Y PLATAFORMAS AL INICIO DE LA ETAPA DE DISEÑO PARA APOYAR LA INSTALACIÓN ANTES DE EREGIR EL RECIPIENTE?   |                   |    |             |
| 27                                    | ¿FABRICÓ LAS PLATAFORMAS DE RECIPIENTES?  |                   |    |             |
| 28                                    | ¿INSTALÓ LOS DISPOSITIVOS CONTRA INCENDIO Y DE AISLAMIENTO EN FÁBRICA, PUESTO QUE EL PROVEEDOR PUEDE SOLDAR EN EL RECIPIENTE, LO QUE NO PUEDE HACERSE EN EL CAMPO?                                  |                   |    |             |
| 29                                    | ¿PROPORCIONÓ LOS REQUERIMIENTOS DE PRUEBAS PARA TODOS LOS RECIPIENTES A PRESIÓN SIN FUEGO (HIDRÁULICO O NEUMÁTICO) PARA LOS FABRICANTES EN TALLER Y DE CAMPO? ¿SE PROBO LOS RECIPIENTES EN FÁBRICA? |                   |    |             |
| 30                                    | ¿REVISÓ QUE LOS ORIFICIOS PARA LOS TORNILLOS EN LAS BRIDAS DEL EQUIPO ESTÉN BIEN ORIENTADOS/COLOCADOS EN LA FÁBRICA, ESPECIALMENTE CON EQUIPO FABRICADO EN EL EXTRANJERO?                           |                   |    |             |
| <b>TRANSPORTACIÓN, IZAJE Y MANEJO</b> |   |                   |    |             |
| 31                                    | ¿EMBARCÓ LOS RECIPIENTES CON OREJAS DE IZAJE PARA QUE NO TENGAN QUE RODARSE O REORIENTARSE?   |                   |    |             |
| 32                                    | ¿ASEGURO QUE SE PROTEJAN LAS BRIDAS DURANTE EL EMBARQUE, ALMACENAMIENTO E INSTALACIÓN DE TODOS LOS RECIPIENTES?   |                   |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LOS RECIPIENTES  
FA-303, 304 A/B, 306, 307 A/B, 308, 309, 310, FA-311**

| No | CONCEPTO  | SATIS<br>FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|---|-------------------|----|-------------|
|    |   | SI                | NO |             |
| 33 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ELEMENTOS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN A LOS ACCESORIOS DE RECIPIENTES ESTÉN ESPECIFICADOS EN PLANOS E INCLUIDOS EN LAS COMPRAS INICIALES A GRANEL?       |                   |    |             |
| 34 | ¿REVISÓ LA POSICIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LAS BRIDAS DE INSTRUMENTOS EN LOS RECIPIENTES Y TUBERÍAS PARA QUE TENGAN ACCESO Y PARA PREVENIR OBSTRUIR LOS PASILLOS Y PLATAFORMAS? |                   |    |             |

## LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS

| No | CONCEPTO | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|---------------|----|-------------|
|    |          | SI            | NO |             |

### PLANOS, ESPECIFICACIONES Y MODELOS ELECTRÓNICOS

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 1  | ¿ESTABLECIÓ INGENIERÍA LAS COORDENADAS CLARAS EN LOS PLANOS DE DISEÑO DE TUBERÍAS Y ELÉCTRICOS PARA LA TUBERÍA Y ROCIADORES CONTRA INCENDIO?   |  |  |  |
| 2  | ¿INCLUYÓ EN LAS ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA LA INFORMACIÓN NECESARIA EN UN DOCUMENTO?  |  |  |  |
| 3  | ¿INCLUYÓ EN LOS ISOMETRICOS DE TUBERÍA Y EN LOS PLANOS ORTOGONALES TODAS LOS VENDEOS Y DRENAJES DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS Y DE PROCESO?   |  |  |  |
| 4  | ¿DETERMINÓ QUE TODOS LOS ISOMÉTRICOS DEBAN TENER UNA NOTA DE MATERIALES DETALLADA?<br>DICHA NOTA DEBE HACER UNA DIFERENCIA ENTRE LA FABRICACIÓN EN TALLER Y EN EL CAMPO Y DEBE EMITIRSE CON EL ISOMÉTRICO. |  |  |  |
| 5  | ¿DETALLÓ TODAS LAS TUBERÍAS QUE PENETREN EN ESTRUCTURAS ELEVADAS?  |  |  |  |
| 6  | ¿DETERMINÓ CLARAMENTE QUE TODAS LAS TUBERÍAS DEBEN CONTAR CON ISOMÉTRICOS?   |  |  |  |
| 7  | ¿DETERMINÓ QUE SE DEBEN INCLUIR CAMBIOS EN LA ELEVACIÓN Y DIRECCIÓN Y CIRCUITOS DE EXPANSIÓN?  |  |  |  |
| 8  | ¿DETERMINÓ QUE TODOS LOS ISOMÉTRICOS DEBEN ESTAR COMPLETAMENTE DIMENSIONADOS CON COORDENADAS?  |  |  |  |
| 9  | ¿MINIMIZÓ EL NÚMERO DE CLASES DE LÍNEAS?   |  |  |  |
| 10 | ¿REVISÓ QUE TODAS LAS NOTAS DE LOS DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN SE INCORPOREN A LOS ISOMÉTRICOS?   |  |  |  |
| 11 | ¿MODELÓ LA TUBERÍA DE ORIFICIOS PEQUEÑOS (2" Y MENORES) Y LA DE ORIFICIOS MAYORES EN PDS (MAQUETAS ELECTRÓNICAS) PARA MINIMIZAR RETRABAJOS.  |  |  |  |
| 12 | ¿VERIFICÓ QUE SE MUESTRE LA ORIENTACIÓN DE LAS MANIJAS DE LAS VÁLVULAS EN LOS ISOMÉTRICOS/ORTOGONALES?   |  |  |  |
| 13 | ¿VERIFICÓ QUE LAS SOLDADURAS DE CAMPO CUENTEN CON LAS MARCAS EN LOS ISOMÉTRICOS ANTES DE QUE SALGAN DE INGENIERÍA?   |  |  |  |
| 14 | ¿PROPORCIONÓ INGENIERÍA DE DISEÑO LOS ESQUEMAS DE LAS RUTAS DE LAS TUBERÍAS DE ENFRIAMIENTO, SELLO Y LUBRICACIÓN?  |  |  |  |
| 15 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON UN TRATAMIENTO AL CALOR POSTERIOR A LA SOLDADURA?  |  |  |  |
| 16 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON SOLDADURA BIMETAL Y DE CAMPO ANOTADAS?   |  |  |  |
| 17 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON SOPORTES O ANCLAJE ESPECIAL?   |  |  |  |
| 18 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON LA PERFORACIÓN DE ORIFICIOS PARA TORNILLOS DE IZAJE?   |  |  |  |
| 19 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN  |  |  |  |

## LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS

| No | CONCEPTO | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----|----------|---------------|----|-------------|
|    |          | SI            | NO |             |

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
|    | CON LOS REQUERIMIENTOS DE PINTURA Y AISLAMIENTO?   |  |  |  |
| 20 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON LOS REQUERIMIENTOS DE SOPORTES DINÁMICOS EN LUGARES ESPECÍFICOS? |  |  |  |
| 21 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON UN ANÁLISIS DE ESFUERZOS?  |  |  |  |
| 22 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON UN SISTEMA DE NUMERACIÓN?  |  |  |  |
| 23 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON UNA ALEACIÓN (SI ES APLICABLE)?                                  |  |  |  |
| 24 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON PRESIONES Y FORMAS DE PRUEBA?                                    |  |  |  |
| 25 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA EL TAMAÑO DE LA TUBERÍA, SU ESPECIFICACIÓN?               |  |  |  |
| 26 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA LOS REQUERIMIENTOS DE AISLAMIENTO (ESPESOR/TIPO)?         |  |  |  |
| 27 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA LA ESPECIFICACIÓN DE PINTURA?                             |  |  |  |
| 28 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA EL TAMAÑO Y NÚMERO DE TRAZAS DE VAPOR Y ELÉCTRICOS?       |  |  |  |
| 29 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA LA REFERENCIA DEL SISTEMA DE ENTREGA?                     |  |  |  |
| 30 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA LA REFERENCIA DEL PAQUETE DE PRUEBAS?                     |  |  |  |
| 31 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA "DE" Y "PARA"?  |  |  |  |
| 32 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA LA REFERENCIA DEL DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN?  |  |  |  |
| 33 | ¿VERIFICÓ QUE EN LA LISTA DE TUBERÍAS SE INCLUYA PRESIÓN/MEDIO DE PRUEBAS?                                 |  |  |  |
| 34 | ¿PROPORCIONÓ DETALLES DE AGUA DE SELLO PARA EL EQUIPO DE PROCESO?  |  |  |  |

### MATERIALES

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 35 | ¿COMPRÓ LA TUBERÍA A GRANEL CON LOS DOCUMENTOS DE "PRUEBA DE FORJA", EN CASO DE REQUERIRSE ALGÚN TRABAJO DE CÓDIGO EN EL PROYECTO?   |  |  |  |
| 36 | ¿REALIZÓ UN ANÁLISIS DE COSTOS PARA UTILIZAR TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE PARA TODO EL SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACIÓN?  |  |  |  |
| 37 | ¿DEFINIÓ CLARAMENTE EL PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA?  |  |  |  |
| 38 | ¿EVITÓ AL MÁXIMO CONEXIONES EN LA PARTE INFERIOR DE LA TUBERÍA?  |  |  |  |
| 39 | ¿DISEÑÓ Y ORDENÓ VÁLVULAS AL INICIO YA SEA POR TIEMPO DE ENTREGA O POR DIÁMETRO?   |  |  |  |
| 40 | ¿EVALUÓ EL RIESGO DE ORDENAR LAS VÁLVULAS BASÁNDOSE EN LOS DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREVIO A LA REVISIÓN O EN COMPARACIÓN CON RETRASOS POTENCIALES AL PROGRAMA? |  |  |  |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS**

| No                       | CONCEPTO  | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|--------------------------|---|---------------|----|-------------|
|                          |   | SI            | NO |             |
| 41                       | ¿VERIFICÓ QUE LAS VÁLVULAS QUE TENGAN EXTREMOS PARA SOLDAR Y SELLOS O PARTES INTERNAS SUAVES QUE PUEDEN SUFRIR DAÑO O DESTRUIRSE POR MEDIO DE SOLDADURA EN EL CAMPO CUENTEN CON NIPLES DE 6" COLOCADOS POR EL VENDEDOR O DESARROLLAR OTRO PLAN DE PROTECCIÓN? |               |    |             |
| 42                       | ¿REVISÓ CON CUIDADO LAS ESPECIFICACIONES DE ACABADOS DE VÁLVULAS, TORNILLOS, EMPAQUE, Y CARAS DE BRIDAS ANTES DE PEDIR LAS VÁLVULAS?  |               |    |             |
| 43                       | ¿VERIFICÓ QUE LOS FABRICANTES DE VÁLVULAS PROPORCIONEN PROCEDIMIENTOS DE CUIDADO Y PROTECCIÓN PARA LOS EMPAQUES DE SELLOS SUAVES, ENTRE OTROS?  |               |    |             |
| 44                       | ¿IDENTIFICÓ INGENIERÍA LA NECESIDAD DE PEDIR MALLAS O FILTROS TEMPORALES?   |               |    |             |
| 45                       | ¿PROPORCIONÓ LAS ESPECIFICACIONES PARA LOS REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y DE ALMACENAMIENTO DE ARTÍCULOS ESPECIALIZADOS?  |               |    |             |
| 46                       | ¿UTILIZÓ UN SISTEMA MÁXIMO/MÍNIMO PARA MATERIALES DE TUBERÍA DE ORIFICIOS PEQUEÑOS, TORNILLOS Y EMPAQUES?   |               |    |             |
| 47                       | ¿UTILIZÓ A INGENIEROS DE CAMPO PARA ELABORAR LA LISTA DE MATERIALES EN LA OFICINA CENTRAL?  |               |    |             |
| <b>TUBERÍA ENTERRADA</b> |   |               |    |             |
| 48                       | ¿LOCALIZÓ CUANDO FUERA FACTIBLE, LA TUBERÍA ENTERRADA DE MANERA QUE PUEDA HABER INSTALACIÓN MÚLTIPLE CON UNA SOLA EXCAVACIÓN, PARTICULARMENTE EN CRUCES CON CAMINOS?  |               |    |             |
| 49                       | ¿ESPECIFICÓ DRENAJES AJUSTABLES, EN CASO DE QUE FUERA POSIBLE?  |               |    |             |
| 50                       | ¿CONSIDERÓ UN NIVEL CONSISTENTE EN ZONAS LA TUBERÍA Y CONDUIT ELÉCTRICO, EN CASO DE QUE FUERA POSIBLE?  |               |    |             |
| 51                       | ¿PROPORCIONÓ UN ADECUADO ACCESO PARA LIMPIEZA DE TODA LA TUBERÍA DE DRENAJE (ASUMIENDO QUE TODA LA TUBERÍA DE DRENAJE SE TAPARÁ EN ALGÚN MOMENTO)?  |               |    |             |
| 52                       | ¿CONSIDERÓ LA INGENIERÍA DE CAMPO MANTENER CON PRECISIÓN LAS DIMENSIONES Y COORDENADAS AS BUILT PARA LA TUBERÍA Y COMPONENTES INSTALADOS BAJO TIERRA?   |               |    |             |
| 53                       | ¿VERIFICÓ QUE SE MUESTRAN LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES EN LOS PLANOS TÍPICOS PARA LAS INSTALACIONES BAJO TIERRA?  |               |    |             |
| 54                       | ¿CONSIDERÓ UNA BUENA COORDINACIÓN DEL TRABAJO DE TUBERÍA ENTERRADA?   |               |    |             |
| 55                       | ¿CONSIDERÓ UN PROGRAMA DE EXCAVACIONES?   |               |    |             |
| 56                       | ¿CONSIDERÓ TUBERÍA GALVANIZADA O CON PROTECCIÓN ANTICORROSIVA?  |               |    |             |
| 57                       | ¿DISEÑO UN PROGRAMA DE TRABAJOS SUBTERRANEOS?   |               |    |             |

## LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS

| No                  | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---------------------|--|---------------|----|-------------|
|                     |  | SI            | NO |             |
| 58                  | ¿UTILIZÓ TRINCHERAS DE EXCAVACIÓN COMUNES PARA LA TUBERÍA ENTERRADA?   |               |    |             |
| 59                  | ¿CONSIDERÓ UN PLANO COMPUESTO PARA TODAS LAS ACTIVIDADES SUBTERRÁNEAS (COMO CIMENTACIONES, TUBERÍA Y ELÉCTRICO), YA SEAN TEMPORALES, NUEVAS Y EXISTENTES?  |               |    |             |
| 60                  | ¿DISEÑO OPORTUNAMENTE TUBERÍA ENTERRADA, BANCOS DE DUCTOS Y TRABAJOS DE DUCTOS, DE FORMA QUE PUEDAN SER INSTALADOS DURANTE EL TRABAJO DE CIMENTACIONES?  |               |    |             |
| 61                  | ¿ESPECIFICÓ LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIAL DE SOPORTE EN LÍNEAS ENTERRADAS?  |               |    |             |
| 62                  | ¿CONSIDERÓ QUE EL MATERIAL DE SOPORTE DE LAS LÍNEAS ENTERRADAS PUEDAN UTILIZARSE PARA LOS REQUERIMIENTOS DE COMPACTACIÓN?  |               |    |             |
| 63                  | ¿CONSIDERÓ UNA BUENA COORDINACIÓN EN EL MONTAJE DE LAS INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS?   |               |    |             |
| 64                  | ¿CONSIDERÓ UN PLAN BIEN ESTRUCTURADO PARA QUE LOS TRABAJOS DE TUBERÍA SUBTERRÁNEA SE CONCLUYAN ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS DE PAVIMENTACIÓN?   |               |    |             |
| <b>PROGRAMACIÓN</b> |  |               |    |             |
| 65                  | ¿EMITIÓ AL INICIO LOS TIPOS DE METALES/ALEACIONES A USAR Y LAS CÉDULAS DE ESPESOR DE PARED?  |               |    |             |
| 66                  | ¿PROPORCIONÓ INGENIERÍA CON APOYO DE CONSTRUCCIÓN LA CURVA DE PRONÓSTICO DE EMISIÓN DE ISOMÉTRICOS?  |               |    |             |
| 67                  | ¿FINALIZÓ EL DISEÑO Y LIBERÓ PARA CONSTRUCCIÓN TODAS LAS LÍNEAS GRANDES AL INICIO DEL PROGRAMA? LAS TUBERÍAS MENORES PUEDEN SEGUIR DESPUÉS EN ETAPAS ACORDADAS.  |               |    |             |
| 68                  | ¿ESTIMULÓ LA PREPARACIÓN Y EMISIÓN TEMPRANA DE LOS PLANOS DE LOS COLGADORES Y SOPORTES DE TUBERÍA PARA QUE LAS CUADRILLAS ESPECIALIZADAS PUEDAN INSTALAR LOS SOPORTES ANTES DE LAS CUADRILLAS DE ERECCIÓN?   |               |    |             |
| 69                  | ¿DISEÑO SISTEMAS DE TUBERÍAS QUE SE COLOCAN A MAYOR PROFUNDIDAD?   |               |    |             |
| 70                  | ¿TOMÓ EN CUENTA A CONSTRUCCIÓN EN LAS PRIORIDADES PARA LA TUBERÍA FABRICADA FUERA DEL SITIO?   |               |    |             |
| 71                  | ¿ESTABLECIÓ UN COMPROMISO CON EL FABRICANTE LAS SECUENCIAS FIRMES EN CUANTO A LA FABRICACIÓN Y ENTREGA DE CARRETES Y SE MANTUVO PROCEDIMIENTOS PARA EXIGIRLES QUE SIGAN EL PROGRAMA, AUNQUE ESTO SIGNIFIQUE QUE NO PUEDAN HACER TODOS LOS ELEMENTOS IGUALES JUNTOS O TRABAJAR DE OTRA MANERA PARA SOSTENER LA EFICIENCIA EN LA FÁBRICA A EXPENSAS DE QUE HAYA INEFICIENCIA EN EL |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS**

| No                               | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|----------------------------------|--|---------------|----|-------------|
|                                  |  | SI            | NO |             |
|                                  | CAMPO?   |               |    |             |
| 72                               | ¿IDENTIFICÓ PARA SU FABRICACIÓN TEMPRANA LOS CARRETES QUE DEBEN COLOCARSE EN SÓTANOS, TÚNELES U OTRAS ÁREAS, PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LOS TECHOS? ESTOS CARRETES PUEDEN COLOCARSE EN EL PISO PARA EREGIRSE DESPUÉS.         |               |    |             |
| 73                               | ¿REVISÓ LAS TUBERÍAS MAYORES Y SE ESTABLECIÓ SECUENCIAS PARA COLOCAR LAS TUBERÍAS EN SU POSICIÓN EN UN PROGRAMA COORDINADO CON LA ERECCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES?   |               |    |             |
| 74                               | ¿DISEÑÓ AL INICIO LOS DRENAJES DE TECHOS Y PISOS?  |               |    |             |
| <b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</b> |  |               |    |             |
| 75                               | ¿REVISÓ DISEÑO LOS PLANOS DEL EQUIPO DEL PROVEEDOR EN LOS PUNTOS DONDE EL EQUIPO HACE INTERFAS CON LAS TUBERÍAS?   |               |    |             |
| 76                               | ¿CONSIDERÓ EN ESTA REVISIÓN ASPECTOS COMO SON EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA, PROGRAMA, MATERIALES Y LOCALIZACIÓN DE LA CONEXIÓN?   |               |    |             |
| 77                               | ¿VERIFICÓ QUE NO HAYA VIBRACIONES Y QUE ESTÉN BIEN SOPORTADAS LAS LÍNEAS DE FLUJO DE DOS FASES?  |               |    |             |
| 78                               | ¿VERIFICÓ EN LAS LÍNEAS DE FLUJO DE DOS FASES LAS DIVERSAS INTERFACES CON INGENIERÍA ESTRUCTURAL?  |               |    |             |
| 79                               | ¿REVISÓ LA TUBERÍA DE LOS SISTEMAS CALIENTE Y FRÍO EN CUANTO A FLEXIBILIDAD Y APOYO?   |               |    |             |
| 80                               | ¿PLANEÓ EL USO DE LAS REDES DE TUBERÍAS PERMANENTES EN LA PLANTA COMO SEA PRÁCTICO PARA LAS LÍNEAS DE CONSTRUCCIÓN, AUNQUE ESTO SIGNIFIQUE CAMBIAR LOS SERVICIOS Y LOS FLÚIDOS TEMPORALMENTE Y CONECTARSE A LÍNEAS TEMPORALES? |               |    |             |
| 81                               | ¿AGRUPÓ EN UN LUGAR COMÚN LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN PARA LAS TUBERÍAS EN RACKS EN CASO DE QUE FUERA POSIBLE?   |               |    |             |
| 82                               | ¿ESTANDARIZÓ LOS DISPOSITIVOS DE TUBERÍAS COMO SON: TRAMPAS DE VAPOR, ESTACIONES DE SERVICIOS, PUNTOS DE MUESTREO, ESTACIONES DE VÁLVULAS DE CONTROL, ENTRE OTROS, PARA QUE PUEDAN PREFABRICARSE?                              |               |    |             |
| 83                               | ¿REALIZÓ CHEQUEOS ADECUADOS EN LOS SOPORTES DE TUBERÍAS DEL EQUIPO ROTATORIO PARA ASEGURAR QUE NO SE IMPONGA CARGA A LAS BOQUILLAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN O LA OPERACIÓN QUE AFECTE LA ALINEACIÓN?                            |               |    |             |
| 84                               | ¿VERIFICÓ SI EL REDUCIR LAS VÁLVULAS DE BLOQUEO EN LAS BOMBAS ES ECONÓMICAMENTE FACTIBLE?  |               |    |             |
| 85                               | ¿REVISÓ QUE LOS ORIFICIOS PARA LOS TORNILLOS DE LAS BRIDAS ESTÉN CORRECTAMENTE ORIENTADOS CON LA LÍNEA CENTRAL?  |               |    |             |



## LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS

| No                           | CONCEPTO  | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|------------------------------|---|---------------|----|-------------|
|                              |   | SI            | NO |             |
| 86                           | ¿REVISÓ EL EQUIPO EN LAS INSTALACIONES DEL PROVEEDOR ANTES DE SU EMBARQUE?  |               |    |             |
| 87                           | ¿REALIZÓ UN SUAVE AJUSTE EN LA BRIDA AL CONECTAR AL RECIPIENTE?   |               |    |             |
| 88                           | ¿SOLDÓ EN EL CAMPO PARA ASEGURAR UNA ORIENTACIÓN CORRECTA?  |               |    |             |
| 89                           | ¿EVITÓ UTILIZAR TUBERÍA ROSCADA EN SISTEMAS MAYORES A 2"?   |               |    |             |
| 90                           | ¿INSTALÓ VÁLVULAS PARA TUBERÍA DE SERVICIO A INTERVALOS DE 20', 40' Y 60'?  |               |    |             |
| 91                           | ¿DETALLÓ TODA LA PENETRACIÓN DE TUBERÍAS EN ESTRUCTURAS ELEVADAS PARA MOSTRAR LAS SOLDADURAS DE CAMPO ARRIBA DEL NIVEL DE PISO (4" ARRIBA PREFERIBLEMENTE) PARA MINIMIZAR ANDAMIOS?         |               |    |             |
| 92                           | ¿INSTALÓ UNIONES/BRIDAS CERCA DE TODAS LAS VÁLVULAS CRÍTICAS PARA FACILITAR SU REMOCIÓN Y REPOSICIÓN PARA MANTENIMIENTO?  |               |    |             |
| <b>CONEXIONES DE TUBERÍA</b> |   |               |    |             |
| 93                           | ¿VERIFICÓ QUE SE MANTENGA LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DESPUÉS DE HABER HECHO UNA CONEXIÓN Y ANTES DEL ARRANQUE DE UN SISTEMA NUEVO?  |               |    |             |
| 94                           | ¿PROPORCIONÓ UNA VÁLVULA DE BLOQUEO PARA AISLAR EL NUEVO SISTEMA DEL SISTEMA EXISTENTE?   |               |    |             |
| 95                           | ¿IDENTIFICÓ Y PRIORIZÓ EL MATERIAL PARA INTERCONEXIONES EN LAS ÓRDENES DE COMPRA?   |               |    |             |
| 96                           | ¿VERIFICÓ Y REVISÓ EN EL CAMPO LA CALIDAD DE LA TUBERÍA PARA INTERCONEXIÓN ANTES DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN FINALES, REVISANDO SU INTEGRIDAD, ESPECIFICACIONES DE MATERIAL E INTERFERENCIAS?  |               |    |             |
| <b>SISTEMAS DE ENTREGA</b>   |   |               |    |             |
| 97                           | ¿DESARROLLÓ UN JUEGO DE DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DE LIMITE DE SISTEMA, CON CÓDIGO DE COLOR POR SISTEMA DE ENTREGA?  |               |    |             |
| 98                           | ¿INCORPORÓ AL INICIO DEL DISEÑO BASES DE DATOS CON UN CAMPO PARA IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS QUE INCLUYA LISTAS DE LÍNEAS, DE EQUIPO E ÍNDICES DE INSTRUMENTOS?                              |               |    |             |
| 99                           | ¿ACORDÓ DETALLES CON EL GRUPO DE ARRANQUE Y COMISIONAMIENTO AL PRINCIPIO DEL PROGRAMA PARA QUE LAS SECUENCIAS REQUERIDAS DE LOS SISTEMAS FINALES PUEDAN INCLUIRSE EN LA PLANEACIÓN INICIAL? |               |    |             |
| 100                          | ¿PROPORCIONÓ AL CLIENTE UN JUEGO MAESTRO DE ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS Y PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA AL FINAL DEL PROYECTO?   |               |    |             |
| 101                          | ¿INCLUYÓ TODOS LOS REPORTES DE DATOS Y LOS DOCUMENTOS DE CALIDAD?   |               |    |             |
| <b>PRUEBA Y LIMPIEZA</b>     |   |               |    |             |
| 102                          | ¿ESTABLECIÓ PARÁMETROS CLAROS DE REQUERIMIENTOS DE PRUEBAS PARA VÁLVULAS  |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS**

| No                                   | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|--------------------------------------|--|---------------|----|-------------|
|                                      |  | SI            | NO |             |
|                                      | DE INTERCONEXIÓN Y OTRAS VÁLVULAS DE CIERRE?   |               |    |             |
| 103                                  | ¿ESPECIFICÓ LOS REQUERIMIENTOS DE LÍMITE DE FUGAS Y SOLICITÓ QUE EL PROVEEDOR PRUEBE LAS VÁLVULAS PREVIO A SU EMBARQUE?  |               |    |             |
| 104                                  | ¿TOMÓ EN CUENTA CUANDO SE REQUIERA LIMPIEZA QUÍMICA AL DISEÑAR LA TUBERÍA DE ACUERDO A LAS CONEXIONES, DRENAJES Y BRIDAS DE DESCONEXIÓN ADECUADOS PARA FACILITAR LA CIRCULACIÓN, DRENADO Y SECADO?   |               |    |             |
| 105                                  | ¿VERIFICÓ QUE LOS ISOMÉTRICOS PARA LA TUBERÍA DE SUCCIÓN DEL COMPRESOR O PARA OTROS SISTEMAS QUE REQUIERAN LIMPIEZA QUÍMICA DEBEN TENER NOTAS ESPECÍFICAS ACERCA DE CUÁLES REQUIEREN REMOCIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS INTERNOS, TALES COMO "LACA NEGRA" EN EL TALLER?      |               |    |             |
| 106                                  | ¿PROPORCIONÓ AL INICIO UNA DEFINICIÓN CLARA DE LOS REQUERIMIENTOS DE LIMPIEZA QUÍMICA, ESTO ES, ESPECIFICACIONES QUE SE EMPLEARAN, VÁLVULAS Y LÍNEAS QUE SE REQUIEREN?   |               |    |             |
| 107                                  | ¿DETERMINÓ INICIALMENTE EL ESQUEMA PARA LA LIMPIEZA INTERNA DE LA TUBERÍA?   |               |    |             |
| 108                                  | ¿CONSIDERÓ EL HACER PRUEBAS A VAPOR PARA LA TUBERÍA DISEÑADA PARA CONDICIONES DE BARRIDO DE VAPOR EN LUGAR DE PRUEBA HIDROSTÁTICA?   |               |    |             |
| <b> AISLAMIENTO Y RECUBRIMIENTO </b> |  |               |    |             |
| 109                                  | ¿VERIFICÓ QUE LOS ESPACIOS LIBRES ENTRE TUBERÍAS, ELEMENTOS ESTRUCTURALES, EQUIPO, ETC, SEAN LO SUFICIENTES PARA EVITAR RECORTAR EL AISLAMIENTO EN EL CAMPO (INCLUYENDO LAS ZAPATAS EN LÍNEAS DE VAPOR)?   |               |    |             |
| 110                                  | ¿VERIFICÓ QUE EN LOS ISOMÉTRICOS Y ORTOGONALES CUENTEN CON MARCAS DONDE DEFINA CLARAMENTE LOS LÍMITES DEL AISLAMIENTO PARA PROTECCIÓN DEL PERSONAL, RASTREO DE VAPOR Y LOS PUNTOS DE ROMPIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES ACÚSTICAS Y DE AISLAMIENTO?                     |               |    |             |
| 111                                  | ¿VERIFICÓ QUE LOS PLANOS DE LOS RECIPIENTES PARA LOS MEDIDORES DE NIVEL, INTERRUPTORES, EN LAS TORRES DEBEN MARCARSE LAS DIMENSIONES VERTICALES Y HORIZONTALES, EN PARTICULAR EN LA INTERFAZ CON EL AISLAMIENTO, Y NO DEBEN SER CLASIFICADOS COMO "CORRIDA EN EL CAMPO"? |               |    |             |
| 112                                  | ¿APLICÓ PINTURA PRIMER Y CAPA EXTERIOR EN FÁBRICA?   |               |    |             |
| 113                                  | ¿UTILIZÓ PINTURA COMO ÓXIDO DE ALUMINIO EN LAS PREPARACIONES PARA SOLDADURAS DE CAMPO?   |               |    |             |
| 114                                  | ¿ESPECIFICÓ LA TUBERÍA PRE-AISLADA EN LUGAR DE AISLARLA A MANO PARA LAS LÍNEAS   |               |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS**

| No                              | CONCEPTO   | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---------------------------------|--|----------------|----|-------------|
|                                 |  | SI             | NO |             |
|                                 | DE RASTREO DE VAPOR Y DE REGRESO, CUANDO SEA MÁS PRÁCTICO?   |                |    |             |
| 115                             | ¿MAXIMIZÓ LA PINTURA PREVIA Y SE UTILIZÓ COMO MÁXIMO DOS CAPAS DE PINTURA E INCLUYÓ EN LA ORDEN DE COMPRA DEL FABRICANTE DE TUBERÍA?   |                |    |             |
| <b>MARCADO E IDENTIFICACIÓN</b> |  |                |    |             |
| 116                             | ¿VERIFICÓ QUE LA TUBERÍA PROPORCIONADA POR EL PROVEEDOR DEBE APARECER EN LOS ISOMÉTRICOS Y ORTOGONALES E IDENTIFICARSE DE ACUERDO A LAS MARCAS DEL PROVEEDOR?  |                |    |             |
| 117                             | ¿VERIFICÓ QUE LOS NÚMEROS DE LOS CARRETES SEAN MARCADOS POR LOS INGENIEROS CON UN MÉTODO QUE DIFERENCIE A LOS CARRETES FABRICADOS Y LOS HECHOS EN EL CAMPO?  |                |    |             |
| <b>SOPORTES Y TIRANTES</b>      |  |                |    |             |
| 118                             | ¿LOCALIZÓ TODOS LOS SOPORTES Y COLGADORES CALCULADOS POR MEDIO DE COORDENADAS Y ELEVACIONES Y SE IDENTIFICÓ CLARAMENTE POR MEDIO DE ETIQUETA Y/O NÚMERO DE CATÁLOGO EN LOS ISOMÉTRICOS Y/O ORTOGONALES?  |                |    |             |
| 119                             | ¿REVISÓ LA UBICACIÓN DEL COLGADOR DE RESORTE, AMARRES Y POSTES PARA QUE NO HAYA INTERFERENCIA CON LA ESTRUCTURA Y TODAS LAS CONEXIONES DE VARILLAS?  |                |    |             |
| 120                             | ¿VERIFICÓ QUE LA ESCALA DEL COLGADOR DE RESORTE DEBA ESTAR VISIBLE DESDE UNA PLATAFORMA O ESCALERA CUANDO SEA POSIBLE?   |                |    |             |
| 121                             | ¿MINIMIZÓ EL USO DE SOPORTES DISEÑADOS Y COLGADORES DE RESORTE?  |                |    |             |
| 122                             | ¿UTILIZÓ SOPORTES Y TIRANTES AJUSTABLES PARA COLGADORES CUANDO SEA POSIBLE?  |                |    |             |
| 123                             | ¿EVITÓ UTILIZAR ZAPATAS Y ABRAZADERAS GALVANIZADAS EN LA LÍNEAS DE VAPOR A ALTA TEMPERATURA?   |                |    |             |
| 124                             | ¿CONSIDERÓ EL USO DE ZAPATAS MECÁNICAS AJUSTADAS PARA TUBERÍAS?  |                |    |             |
| 125                             | ¿VERIFICÓ QUE DEBAN INSTALARSE ZAPATAS DE TUBERÍAS MUÑONES Y PIERNAS ARTIFICIALES EN LOS CARRETES FABRICADOS EN TALLER Y DEBAN TENER RANURAS PARA BANDAS DE AISLAMIENTO EN CASO DE REQUERIRSE?   |                |    |             |
| 126                             | ¿DETERMINÓ CLARAMENTE QUE LOS COMPONENTES DE LOS COLGADORES QUE NO REQUIERAN SOLDADURA EN EL CAMPO Y QUE SEAN DIFÍCILES DE PINTAR DESPUÉS DE INSTALADOS DEBAN PINTARSE EN EL TALLER CON EL SISTEMA APROPIADO DE PINTURA? ESTO ES ESPECIALMENTE IMPORTANTE PARA ELEMENTOS COMO POSTES O BOTES DE RESORTE? |                |    |             |
| 127                             | ¿ESTANDARIZÓ LOS COMPONENTES USADOS EN LA FABRICACIÓN DE COLGADORES?   |                |    |             |
| 128                             | ¿VERIFICÓ QUE LOS HIDRÁULICOS DEBAN INSTALARSE CON EL TAPÓN DEL DEPÓSITO DE  |                |    |             |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS**

| No                          | CONCEPTO   | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|-----------------------------|--|----------------|----|-------------|
|                             |  | SI             | NO |             |
|                             | ACEITE EN LA PARTE SUPERIOR PARA LIMPIEZA DE MANTENIMIENTO?  |                |    |             |
| 129                         | ¿DISEÑÓ Y FÁBRICO AL INICIO LOS COLGADORES Y SOPORTES PERMANENTES?   |                |    |             |
| 130                         | ¿VERIFICÓ QUE LOS COLGADORES Y SOPORTES PERMANENTES Y TODOS LOS MATERIALES ASOCIADOS DEBAN SER ENTREGADOS PREVIAMENTE A LOS CARRETES DE TUBERÍA?   |                |    |             |
| 131                         | ¿PREPARÓ Y EMITIÓ INICIALMENTE LOS PLANOS DE LOS COLGADORES Y SOPORTES DE TUBERÍAS PARA QUE LAS CUADRILLAS ESPECIALIZADAS PUEDAN INSTALAR SOPORTES ANTES DE QUE ENTREN LAS CUADRILLAS DE ERECCIÓN?                           |                |    |             |
| 132                         | ¿EVITÓ UTILIZAR BOTES DE RESORTE DONDE SE ESPERE QUE HAYA GRANDES MOVIMIENTOS HORIZONTALES?  |                |    |             |
| 133                         | ¿EVITÓ AL MÁXIMO UTILIZAR SOPORTES ALTOS TIPO PALILLO, ESPECIALMENTE EN ÁREAS SÍSMICAS Y DE MUCHO VIENTO?  |                |    |             |
| <b>FABRICACIÓN</b>          |  |                |    |             |
| 134                         | ¿PREPARÓ ISOMÉTRICOS PARA TODOS LOS MARCOS DEL EQUIPO Y SE EMITIÓ TAN PRONTO COMO FUE POSIBLE (RECIPIENTES, BOMBAS, INTERCAMBIADORES, ENTRE OTROS)?  |                |    |             |
| 135                         | ¿DEJÓ UNA SOLDADURA DE CAMPO EN LA ÚLTIMA BRIDA PARA TODO EL EQUIPO ROTATORIO QUE UTILICE TUBERÍA FABRICADA EN TALLER. (EL FABRICANTE DEBE EMBARCAR LA BRIDA CUATRO PUNTEADA AL CARRETE)?                                    |                |    |             |
| 136                         | ¿UTILIZÓ AL MÁXIMO LA FABRICACIÓN EN TALLER, SIN CONSIDERAR EL TAMAÑO DE TUBERÍA, INCLUYENDO LOS ENSAMBLES REPETITIVOS (TRAMPAS DE VAPOR, ESTACIONES DE SERVICIOS, COLECTOR DE VAPOR, ENFRIADORES DE MUESTRAS, ENTRE OTROS)? |                |    |             |
| 137                         | ¿VERIFICÓ EL EMPLEO DE TRAMOS RECTOS DE TUBERÍA PARA LOS RACKS, INCLUYENDO TRAZAS DE VAPOR PARA VER SI ES PRÁCTICO FABRICAR TRAMOS DE HASTA 80 PIES?   |                |    |             |
| 138                         | ¿LIMPIÓ CON CHORRO DE ARENA LOS TRAMOS RECTOS DE TUBERÍA Y SE APLICÓ PRIMER Y CAPA SUPERIOR (EN CASO DE REQUERIRSE) E INSTALÓ CON EL ACERO DEL RACK AL IR INSTALANDO LOS RACKS?  |                |    |             |
| 139                         | ¿SE COMPRÓ DOBLES LONGITUDES DE TUBERÍA CUANDO FUÉ POSIBLE?  |                |    |             |
| 140                         | ¿SELECCIONÓ A LOS FABRICANTES EN BASE A SU CAPACIDAD PROBADA PARA CUMPLIR CON LOS PROGRAMAS REQUERIDOS Y LA PRECISIÓN EN LA FABRICACIÓN EN LUGAR DE BASARSE SOLAMENTE EN SUS PRECIOS?  |                |    |             |
| 141                         | ¿MAXIMIZÓ LA FABRICACIÓN EN TALLER DE LAS BRIDAS DE INSTRUMENTOS Y OTROS ELEMENTOS PARA TUBERÍAS?  |                |    |             |
| <b>TORNILLOS Y EMPAQUES</b> |  |                |    |             |
| 142                         | ¿ESPECIFICÓ CLARAMENTE LOS REQUERIMIENTOS PARA RECUBRIR LOS TORNILLOS (GRASA, LUBRICANTE, PINTURA/NO   |                |    |             |

| LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS |          |                |    |             |
|--|----------|----------------|----|-------------|
| No   | CONCEPTO | SATIS FACTORIO |    | COMENTARIOS |
|  |          | SI             | NO |             |

|     |   |  |  |  |
|-----|---|--|--|--|
|     | PINTURA ENTRE OTROS)?   |  |  |  |
| 143 | ¿REVISÓ LAS ESPECIFICACIONES PARA MINIMIZAR EL NÚMERO DE DIFERENTES TIPOS DE EMPAQUES Y TORNILLOS?              |  |  |  |
| 144 | ¿DESARROLLÓ UN SISTEMA DE CÓDIGO DE COLOR PARA QUE EL PROVEEDOR LO APLIQUE PREVIO A QUE SE RECIBAN EN EL CAMPO? |  |  |  |

#### SOLDADURA

|     |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|
| 145 | ¿VERIFICÓ QUE LAS ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA PERMITAN EL USO DE SOLDADURA AUTOMÁTICA/SEMIAUTOMÁTICA EN TUBERÍA DE ORIFICIO GRANDE?                            |  |  |  |
| 146 | ¿TOMÓ MEDIDAS QUE MINIMICEN EL NÚMERO DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA REQUERIDOS Y DE PROCEDIMIENTOS DE CALIFICACIÓN DE PROVEEDORES?                              |  |  |  |
| 147 | ¿VERIFICÓ QUE LOS ESPACIOS ENTRE TUBERÍAS, SOPORTES, ENTRE OTROS FACILITEN EL USO DE EQUIPO ORBITAL AUTOMÁTICO DE SOLDADURA EN TUBERÍA DE GRAN ESPESOR DE PARED? |  |  |  |
| 148 | ¿UTILIZÓ SOLDADURA DE ARCO DE NÚCLEO FUNDENTE EN TODA LA TUBERÍA DE ACERO AL CARBÓN CON GRAN ESPESOR DE PARED?   |  |  |  |

#### PROCURACIÓN Y CONTRATOS

##### TUBERÍAS/ACERO ESTRUCTURAL

|     |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|
| 149 | ¿VERIFICÓ QUE SE HAGAN PEDIDOS AL INICIO PARA ARTÍCULOS DE ENTREGA PROLONGADA QUE NO ESTÉN DISPONIBLES PARA ASEGURAR QUE LLEGUEN PARA CUMPLIR CON EL PROGRAMA DE ERECCIÓN (VÁLVULAS, COLADERAS, TRAMPAS Y ACCESORIOS, COPLES DE MANGUERAS, SOPORTES DE RESORTE)? |  |  |  |
| 150 | ¿SOLICITÓ UN AMPLIO SURTIDO DE REFACCIONES PARA ELEMENTOS COMO SON VÁLVULAS, HIDRANTES, ETC?   |  |  |  |
| 151 | ¿DETERMINÓ SI LOS CARRETES DE TUBERÍA SE FABRICARÁN FUERA O EN EL SITIO?   |  |  |  |
| 152 | ¿VERIFICÓ LA PROTECCIÓN DE LAS CARAS DE LOS EMPAQUES EN EL SITIO YA QUE EVITARÁ COSTOSAS FUGAS DURANTE LAS PRUEBAS HIDROSTÁTICAS Y EL ARRANQUE?  |  |  |  |
| 153 | ¿EMITIÓ AL INICIO LOS TIPOS DE METALES/ALEACIONES QUE SE UTILIZARÁN?   |  |  |  |
| 154 | ¿SELECCIONÓ A LOS PROVEEDORES DE VÁLVULAS Y OTROS COMPONENTES NO SOLAMENTE POR EL PRECIO?  |  |  |  |
| 155 | ¿SE REALIZÓ EVALUACIONES DE SU DESEMPEÑO PASADO DE LOS PROVEEDORES?  |  |  |  |
| 156 | ¿REALIZÓ UN ANÁLISIS DE COSTOS EMPLEANDO ACERO INOXIDABLE PARA LOS SISTEMAS DE ACEITE LUBRICANTE? ¿DEFINIÓ CLARAMENTE EL PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA? ¿EVITÓ LAS CONEXIONES EN LA PARTE INFERIOR?  |  |  |  |
| 157 | ¿UTILIZÓ CÓDIGOS DE COLOR (CIRCUNFERENCIAL) PARA LOS CARRETES FABRICADOS EN TALLER Y SE MOSTRO EN CADA ISOMÉTRICO?   |  |  |  |
| 158 | ¿ESTABLECIÓ SISTEMAS DE RASTREO PARA LA  |  |  |  |

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONSTRUCTABILIDAD PARA LAS TUBERÍAS**

| No                              | CONCEPTO   | SATISFACTORIO |    | COMENTARIOS |
|---------------------------------|--|---------------|----|-------------|
|                                 |  | SI            | NO |             |
|                                 | PREFABRICACIÓN DE CARRETES DESDE LA EMISIÓN DEL PRIMER ISOMÉTRICO?   |               |    |             |
| 159                             | ¿ESTABLECIÓ UN PROCEDIMIENTO DE CARGOS Y TARIFAS UNITARIAS PARA REPARAR TUBERÍA MAL FABRICADA E INCLUYÓ ESTOS REQUERIMIENTOS EN LA ORDEN DE COMPRA DE TUBERÍA FABRICADA?   |               |    |             |
| <b>PREENSAMBLE</b>              |  |               |    |             |
| 160                             | ¿SUMINISTRÓ INGENIERÍA PLANOS DE RACKS CARGADOS PARA INSTALACIÓN O ERECCIÓN DE RACKS DE TUBERÍA Y PARA PLANEACIÓN DE MODULARIZACIÓN?   |               |    |             |
| 161                             | ¿REVISÓ EN LA MODULARIZACIÓN DE RACKS DE TUBERÍA LA CAPACIDAD PRÁCTICA DE FABRICACIÓN EN LONGITUDES HASTA 30 METROS E INSTALACIÓN CON RACKS DE TUBERÍA A BASE DE ACERO, COMO SEAN INSTALADOS LOS NIVELES DE LOS RACKS? |               |    |             |
| <b>RECUBRIMIENTO Y ACABADOS</b> |  |               |    |             |
| 162                             | ¿ESTANDARIZÓ LOS SISTEMAS DE PINTURA ARQUITECTÓNICA -ESTRUCTURAL, ARQUITECTURA, EQUIPO Y TUBERÍA?  |               |    |             |
| 163                             | ¿DISEÑÓ LOS ESQUEMAS DE COLORES DE MANERA TEMPRANA -EDIFICACIÓN, EQUIPO Y TUBERÍA?   |               |    |             |
| 164                             | ¿SELECCIONÓ UN SOLO COLOR PARA PINTURA DE TUBERÍA Y SE UTILIZÓ LAS ETIQUETAS PARA IDENTIFICAR LA UTILIZACIÓN DE LA TUBERÍA?  |               |    |             |

**CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN ACERCA DE LA CONSTRUCTIBILIDAD EN LOS PROYECTOS**

FECHA: \_\_\_\_\_

NOMBRE: \_\_\_\_\_

PUESTO: \_\_\_\_\_

EMPRESA: \_\_\_\_\_

**SELECCIONE EL GRADO DE CONOCIMIENTO QUE TENGA ACERCA DE LA CONSTRUCTIBILIDAD**

|   | MUCHO                 | REGULAR               | POCO                  | NADA                  |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. ESTÁ FAMILIARIZADO CON LOS OBJETIVOS DE LA CONSTRUCTIBILIDAD   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2. ESTÁ FAMILIARIZADO CON LOS BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN AL UTILIZAR LA CONSTRUCTIBILIDAD                                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3. ESTÁ FAMILIARIZADO CON LA POLÍTICA DE CONSTRUCTIBILIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4. ESTÁ FAMILIARIZADO CON LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA APLICAR LA CONSTRUCTIBILIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5. APLICA LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6. IDENTIFICA FÁCILMENTE LAS BARRERAS QUE IMPOENAJMITAN LA IMPLEMENTACIÓN EFECTIVA DE LA CONSTRUCTIBILIDAD EN EL PROYECTO | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 7. CONOCE COMO COMBATIR LAS BARRERAS QUE IMPOENAJMITAN LA CONSTRUCTIBILIDAD   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 8. ESTÁ FAMILIARIZADO CON LOS PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**SELECCIONE LA FRECUENCIA CON CUI OCURREN ESTOS ELEMENTOS PARA IMPLEMENTAR LA CONSTRUCTIBILIDAD EN LA EMPRESA**

|   | NUNCA                 | A VECES               | CON FRECUENCIA        | MUY FRECUENTEMENTE    |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 9. DIFUNDE LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD A TODOS LOS NIVELES (A TRAVÉS DE PLÁTICAS, JUNTAS, CURSOS, ETC) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 10. REALIZA REUNIONES DE CONSTRUCTIBILIDAD AL INICIO DEL PROYECTO   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 11. REALIZA REUNIONES DE CONSTRUCTIBILIDAD DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO                                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 12. REALIZA REUNIONES DE CONSTRUCTIBILIDAD AL CIERRE DEL PROYECTO   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 13. FORMA E INTEGRÁ EQUIPOS DE CONSTRUCTIBILIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 14. IDENTIFICA AL RESPONSABLE DE CONSTRUCTIBILIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 15. SE INCLUYE LA CONSTRUCTIBILIDAD EN LOS CONTRATOS  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 16. CUENTA CON ESTRATEGIAS DE CONSTRUCTIBILIDAD EN LA SUBCONTRATACIÓN   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 17. CUENTA CON UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTOS POR LA APORTACIÓN DE BUENAS IDEAS PARA LA CONSTRUCTIBILIDAD      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 18. APLICA SISTEMÁTICAMENTE LA CONSTRUCTIBILIDAD EN LOS PROYECTOS   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 19. CUENTA CON APLICACIÓN DE MATRIZ DE CONSTRUCTIBILIDAD PARA CADA ETAPA DEL PROYECTO                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**SELECCIONE COMO EVALUÓ LOS ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE LA CONSTRUCTIBILIDAD EN LA EMPRESA**

|   | INADECUADO            | POCO ADECUADO         | ADECUADO              | EXCELENTE             |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 20. CREA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 21. COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN ENTRE DISCIPLINAS INVOLUCRADAS (PROCESO, SISTEMAS, TUBERIAS, DUCTOS, ENTRE OTROS)  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 22. COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN EN CADA ETAPA DEL PROYECTO (INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA, DETALLE, ENTRE OTROS)   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 23. COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN CON EL CLIENTE   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 24. COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN CON PROVEEDORES  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 25. SISTEMA DE RECONOCIMIENTOS  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 26. CUENTA CON EQUIPOS DE CONSTRUCTIBILIDAD RECEPTIVOS A NUEVAS IDEAS   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 27. CUENTA CON EQUIPOS DE CONSTRUCTIBILIDAD CON HABILIDADES DE COMUNICACIÓN   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 28. CUENTA CON EQUIPOS DE CONSTRUCTIBILIDAD CON CAPACIDAD PARA EVALUAR OBJETIVAMENTE EL DISEÑO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 29. CUENTA CON EQUIPOS DE CONSTRUCTIBILIDAD CON CAPACIDAD PARA EVALUAR OBJETIVAMENTE LA CONSTRUCCIÓN  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 30. LA ESTRUCTURA DE ORGANIZACIÓN DE CONSTRUCTIBILIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 31. COMO CALIFICA LA EXISTENCIA DE UN COMPROMISO BIEN DESARROLLADO, CLARO EXTENSO Y TOTALMENTE COMPRENSIVO A NIVEL EMPRESA PARA IMPLEMENTAR LA CONSTRUCTIBILIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 32. COMO CALIFICA LA EXISTENCIA DE UN COMPROMISO BIEN DESARROLLADO, CLARO EXTENSO Y TOTALMENTE COMPRENSIVO A NIVEL PROYECTO PARA IMPLEMENTAR LA CONSTRUCTIBILIDAD | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**SELECCIONE CON QUE FRECUENCIA SE USA EN CADA ETAPA DEL PROYECTO PARA EL CONCEPTO DE CONSTRUCTIBILIDAD**

|                           | NUNCA                 | A VECES               | CON FRECUENCIA        | MUY FRECUENTEMENTE    |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 33. INGENIERÍA CONCEPTUAL | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 34. INGENIERÍA BÁSICA     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 35. INGENIERÍA DE DETALLE | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 36. PROCURA               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 37. CONSTRUCCIÓN          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 38. ARRANQUE DE PLANTA    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**SELECCIONE CON QUE FRECUENCIA SE USA EN CADA ETAPA DEL PROYECTO PARA EL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN SE INVOLUCRA TIEMPO ANTES EN EL PROYECTO**

|   | NUNCA                 | A VECES               | CON FRECUENCIA        | MUY FRECUENTEMENTE    |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 39. AYUDA A ESTABLECER LAS METAS Y OBJETIVOS DEL PROYECTO                                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 40. REVISAR PERIÓDICAMENTE LOS DOCUMENTOS DE INGENIERÍA DURANTE LA FASE DE DISEÑO           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 41. CONTRIBUYE A LA DETERMINACIÓN EFICIENTE DE MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 42. ASIGNA AL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN A LA OFICINA DE INGENIERÍA DURANTE EL DISEÑO         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 43. ASIGNA AL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN A LA OFICINA DE INGENIERÍA DURANTE LA MODULARIZACIÓN | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 44. DETERMINA CON TIEMPO EL USO DE EQUIPO DE OZALIE   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 45. ESTABLECE CON TIEMPO LAS ÁREAS DE COLOCACIÓN DE MATERIALES                              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 46. UTILIZA TECNOLOGÍAS AVANZADAS (MODELOS FÍSICOS O DE TERCERA DIMENSIÓN CAD)              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 47. DETERMINA EL NÚMERO DE SOLDADURAS EN CAMPO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 48. CONSIDERA LA ACCESIBILIDAD AL SITIO DE TRABAJO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 49. DESARROLLA ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 50. MINIMIZA RETRABAJO DE CONSTRUCCIÓN  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 51. MINIMIZA RETRABAJO DE DISEÑO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 52. MINIMIZA CONGESTIONES EN EL SITIO DE TRABAJO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 53. MINIMIZA DISPUTAS ENTRE LA MANO DE OBRA   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 54. ANALIZA LA FACTIBILIDAD DEL PROGRAMA  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

|    |   |                       |                       |                       |                       |
|----|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 65 | CREA SUPOSICIONES DE PRODUCTIVIDAD                                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 66 | SELECCIONA EL SITIO DEL PROYECTO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 67 | IDENTIFICA RECURSOS MATERIALES Y DE EQUIPO                              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 68 | PREPARA ESTIMADOS Y PRESUPUESTOS  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 69 | USA LA ESTANDARIZACION  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 60 | DESARROLLA ESPECIFICACIONES COMPLETAS, CONSISTENTES Y LIBRES DE ERRORES | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 61 | CONTRIBUYE EN LA SELECCION DE MODULARIZAR, PRENSAMBLAR O PREFABRICAR    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**6. SELECCIONE CON QUE FRECUENCIA HA LOGRADO ESTOS BENEFICIOS AL APLICAR EL CONCEPTO DE CONSTRUCTABILIDAD**

|    | NUNCA  | A VECES               | CON FRECUENCIA        | MUY FRECUENTEMENTE    |                       |
|----|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 52 | BENEFICIOS EN COSTO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 53 | BENEFICIOS EN CALIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 54 | BENEFICIOS EN SEGURIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 55 | BENEFICIO EN PROGRAMA  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 56 | BENEFICIOS AL CONTAR CON UNA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 57 | CUENTA CON LA PARTICIPACION DEL EQUIPO DE CONSTRUCTABILIDAD  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 58 | MEJORA LA COMPRENSION DEL DISEÑO PENSADO POR EL PERSONAL DE CONSTRUCCION                                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 59 | OBTIENE EXPERIENCIA DE CONSTRUCCION EN CAMPO   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 70 | DETERMINA LA DISPONIBILIDAD DE PERSONAL CALIFICADO   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 71 | DETERMINA LA SECUENCIA DE TRABAJO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 72 | REDUCE TRABAJO   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 73 | REDUCE ERRORES/RETRABAJO EN EL PROYECTO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 74 | REDUCE ÓRDENES DE CAMBIO POR PARTE DEL CLIENTE   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 75 | REDUCE ÓRDENES DE CAMBIO POR PARTE DEL CONTRATISTA   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 76 | REDUCE DEMANDAS POR PARTE DEL CLIENTE  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 77 | REDUCE DEMANDAS POR PARTE DEL CONTRATISTA  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 78 | OBTIENE PRODUCTOS TERMINADOS DE ALTA CALIDAD   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 79 | DESARROLLE PRESUPUESTOS Y PROGRAMAS MÁS REALISTAS  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 80 | DISMINUYE PROBLEMAS DE CONTRATACION  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 81 | DISMINUYE PROBLEMAS DE SUBCONTRACION   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 82 | DISMINUYE PROBLEMAS DE ESPECIFICACION POR PARTE DE PROCURA   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 83 | DISMINUYE EL DOBLE MANEJO DEL MATERIAL Y EQUIPO  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 84 | DISMINUYE RETRASOS   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 85 | DISMINUYE PROBLEMAS DE TOLERANCIA (ENTREGA OPORTUNA DEL EQUIPO Y EL MATERIAL REQUERIDO PARA EL PROYECTO) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 86 | DISMINUYE PROBLEMAS DE INTERFERENCIA FISICA  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 87 | PREVIENE PROBLEMAS OCASIONADOS POR CONDICIONES CLIMÁTICAS ADVERSAS                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 88 | CUMPLE LAS EXPECTATIVAS DEL CLIENTE  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**7. SELECCIONE EL GRADO DE SATISFACCION LOGRADA AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD**

|    | MUY INSATISFECHO   | INSATISFECHO          | SATISFECHO            | MUY SATISFECHO        |                       |
|----|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 89 | PERSONAL (SALUD, TRANQUILIDAD, ETC.)                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 90 | PROFESIONAL (ASCENSOS, RECONOCIMIENTOS, ETC.)                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 91 | RELACIONES LABORALES (ARMONIA, CONVIVENCIA, ADAPTABILIDAD, ETC.) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

¿CON QUE PALABRA CLAVE DEFINIRIA LA CONSTRUCTABILIDAD?

---



---



---



---

¿QUÉ OTROS BENEFICIOS HA OBTENIDO DE LA CONSTRUCTABILIDAD?

---



---



---



---

¿PORQUÉ NO SE HA DIFUNDIR EL CONCEPTO Y APLICACION DE LA CONSTRUCTABILIDAD?

---



---



---



---

RECOMENDACIONES

---



---



---



---



| EQUIPOS                    | LECCIONES APRENDIDAS DE CONSTRUCTABILIDAD APLICADA (%) | GRADO DE IMPACTO | OBSERVACIONES  |
|----------------------------|--|------------------|--|
| ARREGLO DE PLANTA Y EQUIPO | 100  | ALTO             | <p>•EN LA PREGUNTA No. 1. <i>CONSIDERACIONES OPORTUNAS PARA TRABAJOS DE MODULARIZACIÓN</i>. EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA ISOMERIZADORA SI SE CONSIDERÓ, AUNQUE POR CUESTIONES DE COSTO DE LOS PERIFERICOS ASOCIADOS O ALGUNOS EQUIPOS ESTOS FUERON COMPRADOS APARTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 3. <i>CONSIDERACIONES OPORTUNAS EN LOS DISEÑOS RESPECTO A PREFABRICAR</i>. SE CONSIDERÓ SOLAMENTE LA PREFABRICACIÓN DE LÍNEAS DE TUBERÍAS MAYORES A 3".</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 5. <i>CONSIDERACIONES TEMPRANAS EN LA PLANEACIÓN DE UN ARREGLO DE PLANTA FINAL</i>. SI SE CONTEMPLÓ TEMPRANAMENTE AUNQUE HUBIERON INSTALACIONES SOBRE TODO SUBTERRÁNEAS QUE NO SE CONSIDERARON DE ORIGEN.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 6. <i>CONSIDERACIONES TEMPRANAS EN LA PLANEACIÓN DE UN ARREGLO DE EQUIPOS</i>. EN LA PLANTA ISOMERIZADORA SE CONTEMPLÓ TEMPRANAMENTE AUNQUE EL ARREGLO FINAL DEPENDIÓ DE LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE.</p> <p>•CON RESPECTO A LA PREGUNTA No.7. <i>INFORMACIÓN DEL PROVEEDOR CONTEMPLADA EN LOS DISEÑOS CON RESPECTO A LOS EQUIPOS PRINCIPALES</i>. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA SE REALIZÓ ESTA PRÁCTICA CONFORME AL PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DE LOS MISMOS, ES DECIR SE REVISÓ EL ARREGLO CONFORME SE GENERABA LA INFORMACIÓN DE FABRICANTE (REACTORES, TORRES, SECADORES, ENFRIADORES POR AIRE, SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO, TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN, CUARTO DE CONTROL DE MOTORES, ENTRE OTROS).</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 8. <i>CONSIDERACIONES TEMPRANAS EN LA PLANEACIÓN DE LAYOUT DE EDIFICIOS</i>. CON RESPECTO A LA PLANTA ISOMERIZADORA SI SE CONSIDERÓ ESTA PRÁCTICA DE MANERA OPORTUNA, AUNQUE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS OFICINAS DEPENDIÓ DE LA DISPONIBILIDAD DE ESPACIOS QUE PROPORCIONÓ EL CLIENTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 12. <i>UBICACIÓN OPORTUNA DE OFICINAS PERMANENTES</i>. NO APLICA YA QUE NO SE CONTÓ CON OFICINAS PERMANENTES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 13. <i>CONSIDERACIONES EN EL ARREGLO DE PLANTA DE ELEVACIÓN Y PENDIENTES PARA DRENAJES</i>. SE LLEVÓ A CABO LA LIMPIEZA DEL TERRENO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN Y POSTERIORMENTE SE DESARROLLARON LAS INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS. SIN EMBARGO HUBIERA SIDO MEJOR PREEVER DICHAS INSTALACIONES PARA AHORRAR TRABAJO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 14. <i>CONSIDERACIONES DE LA UTILIZACIÓN DE DRENAJES TEMPORALES</i>. SE DIERON EN CIERTOS LUGARES PARA DISPONER DE LOS EFLUENTES GENERADOS PERO NO HUBO UNA PLANEACIÓN COMO TAL.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 15. <i>CONSIDERACIONES DE ESPACIOS PARA ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE PIEZAS PREENSAMBLADAS</i>. NO APLICA ÉSTA PRÁCTICA YA QUE LOS PATIOS DE FABRICACIÓN FUERON REALMENTE EL LUGAR DE ALMACENAMIENTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No.16. <i>CONSIDERACIONES EN EL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPO SOBRE ACCESOS ADECUADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN</i>. SE CONSIDERARON LOS ACCESOS DENTRO DE LA PLANTA, SIN EMBARGO SE DEBIERON CONSIDERAR INCLUSO LOS ACCESOS ADECUADOS PARA LLEGAR A LA PLANTA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 17. <i>CONSIDERACIONES EN EL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPOS DE ACCESOS ADECUADOS PARA MANTENIMIENTO</i>. SI SE CONSIDERÓ ÉSTA PRÁCTICA SOBRE TODO PARA EL ÁREA DE CARGA Y DESCARGA DE CATALIZADOR, AUNQUE PARA EL ÁREA DE SECADORES QUEDÓ BASTANTE CONGESTIONADA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 18. <i>CONSIDERACIONES EN EL ARREGLO DE PLANTA DE ACCESOS AMPLIOS Y PUERTAS PARA MOVILIZACIÓN DE GRÚAS</i>. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA ALGUNOS ACCESOS FUERON CONSIDERADOS PARA LA ENTRADA A LA PLANTA ESTOS SE DIERON CONFORME FUERON SURGIENDO LAS NECESIDADES SOBRE TODO EL ACCESO POR LA CALLE 98.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No.19. <i>CONSIDERACIONES DEL ARREGLO DE PLANTA DE ACCESOS DE GRÚAS PARA EQUIPOS PESADOS</i>. EN EL CASO DE LA TORRE ESTABILIZADORA NO SE CONSIDERÓ ADECUADAMENTE EL PESO DE LA MISMA, QUEDANDO CORTA PARA SU IZAJE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 20. <i>CONSIDERACIONES DEL ARREGLO DE PLANTA PARA EL USO DE TRINCHERAS LO SUFICIENTEMENTE ANCHAS PARA TUBERÍAS Y COLOCACIÓN DE VÁLVULAS</i>. ALGUNOS DERECHOS DE VÍA FUERON CAMBIADOS, AÚN Y CUANDO ESTOS YA HABÍAN SIDO DEFINIDOS POR EL CLIENTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 21. <i>CONSIDERACIONES EN EL ARREGLO DE PLANTA PARA EL USO DE MANERALES Y TOMAS CONTRA INCENDIO</i>. LA DISPOSICIÓN DE LOS MISMOS SE DIÓ CONFORME AL AVANCE DEL PROYECTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 23. <i>VERIFICACIÓN EN EL DISEÑO DE NO COLOCAR BOMBAS O EQUIPOS EN ACCESOS RESTRINGIDOS</i>. EN EL ARREGLO Y COLOCACIÓN SE DIÓ CONFORME A LO INDICADO EN EL PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS INCLUSO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 25. <i>CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO SOBRE ESCALERAS ARMADAS PARA ACCESAR A LAS ÁREAS</i>. ALGUNAS ESCALERAS COMO EN EL CASO DEL "MAKE UP" DRUM FUERON HABILITADAS DIRECTAMENTE EN EL CAMPO PARA PODER ACCESAR A LOS INSTRUMENTOS EN LA PARTE SUPERIOR DEL EQUIPO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No.26. <i>REVISIÓN DEL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPO PROPUESTOS CON EL PERSONAL DE OPERACIÓN</i>. EN EL DISEÑO SE CONTEMPLA LA REVISIÓN POR PARTE DEL PERSONAL DE OPERACIÓN DE LA PROPIA FIRMA, SIN EMBARGO SE DEBIÓ CONSIDERAR LA PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL DE OPERACIÓN DE LA REFINERÍA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 27. <i>DETERMINACIÓN DE LA MEJOR UBICACIÓN DE LOS CONTROLES CON RESPECTO A LAS ÁREAS DE OPERACIÓN</i>. CON RESPECTO A LA PLANTA ISOMERIZADORA EL ÁREA DE OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE LOS SECADORES QUEDÓ SUMAMENTE CONGESTIONADA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 28. <i>CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DONDE HAY PROBABILIDADES DE RIESGO Y UBICACIÓN DE ESTACIONES DE SERVICIO CON QUE VA A CONTAR EL ÁREA DE PRODUCCIÓN</i>. SI SE CONSIDERÓ EN EL DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO LAS ÁREAS DE POSIBLE RIESGO. SIN EMBARGO SE DEBIÓ HABER COMPLEMENTADO CON UN HAZOP, EL CUAL NO FUÉ ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE INGENIERÍA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 29. <i>CONSIDERACIONES DE ACCESOS ADECUADOS PARA RETIRAR EQUIPOS CRÍTICOS PARA SU REEMPLAZO</i>. EL ÁREA PARA MANTENIMIENTO DE LOS TRABAJOS A CAMBIADORES SE OBSERVAN UN TANTO CONGESTIONADAS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 30. <i>CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO EL USO DE PANELES DE TECHUMBRE REMOVIBLES, GRÚAS, ELEVADORES Y SECCIONES DE PARED REMOVIBLES</i>. NO APLICA YA QUE NO SE REQUIERO PARA ESTE PROYECTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No.32. <i>CONSIDERACIONES DE ESPACIOS PARA EXPANSIÓN DE OFICINAS TEMPORALES O PERMANENTES</i>. NO APLICA YA QUE LA DISPOSICIÓN DE ÁREA SE DIÓ EN FUNCIÓN A LA DESIGNACIÓN DE ESPACIOS POR EL CLIENTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 33. <i>REVISIÓN PERSONAL DE EXPERTOS EN IZAJES EN EL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPO</i>. LOS EQUIPOS SE PREVIERON CON LAS RESPECTIVAS OREJAS DE IZAJE CONFORME LO MARCA EL DISEÑO. SIN EMBARGO ÉSTOS DEBIERON SER REVISADOS POR UN EXPERTO MANIOBRISTA O EXPERTO EN IZAJES.</p> |

| EQUIPOS | LECCIONES APRENDIDAS DE CONSTRUCTABILIDAD APLICADA (%) | GRADO DE IMPACTO | OBSERVACIONES   |
|---------|--|------------------|---|
|         |  |                  | <p>•EN LA PREGUNTA No. 34. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE CORREDORES DE SERVICIOS SUBTERRÁNEOS DE MANERA QUE NO AFECTEN LA CONSTRUCCIÓN NI LAS CIMENTACIONES DE GRAN PROFUNDIDAD. HUBIERON INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS EXISTENTES NO DOCUMENTADAS POR EL CLIENTE OUE AFECTARON EL DISEÑO EL DISEÑO DE INGENIERÍA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 35. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE ESPACIOS PARA LA TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN CERCANA A LOS EQUIPOS. CON RESPECTO AL ÁREA DE SECADORES QUEDÓ SUMAMENTE CONGESTIONADA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 38. AGRUPACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS EN LAS ÁREAS DE PELIGRO. EL DISEÑO SE DIO CONFORME AL PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 39. ORIENTACIÓN ADECUADA DEL ARREGLO DE PLANTA/EQUIPO PARA MINIMIZAR LAS TRAYECTORIAS DE TUBERÍA Y CABLEADO ELÉCTRICO. HUBO UNA CANCELACIÓN DE EQUIPO IMPORTANTE (COMPRESORES DE HIDROGÉNO) SIN QUE SE REORDENARA EL ARREGLO DE EQUIPO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 41. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN ADECUADA DEL EQUIPO PARA FACILITAR LA SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN. SE DIÓ EN FUNCIÓN AL FLUJO DE PROCESO, TIEMPO DE ENTREGA Y CONDICIONES DE VIENTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 42. CONSIDERACIONES DE CONTINGENCIAS PERTINENTES EN EL DISEÑO CON RESPECTO A LA ENTREGA TARDÍA DE EQUIPOS GRANDES O PESADOS. NO SE CONSIDERÓ ÉSTA PRÁCTICA YA QUE EN EL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA SE RETRASÓ EL IZAJE DE LA TORRE DA-301 DEBIDO A LA ENTREGA TARDÍA DA-302.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 43. CONSIDERACIONES EN EL ARREGLO DE PLANTA PARA EL EMPLEO DE MÓDULOS O SKIDS PAQUETES CON UN PROGRAMA MODULAR O COMPLETO. ÉSTA PRÁCTICA SE EFECTUÓ DE MANERA PARCIAL, AUNQUE SURGIERON PROBLEMAS EN LOS PAQUETES DE SECADORES AL DIVIDIR LA COMPRA DE LAS VÁLVULAS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 44. UBICACIÓN OPORTUNA EN EL DISEÑO DE CORREDORES DE SERVICIOS SUBTERRÁNEOS PARA EVITAR INTERFERENCIAS CON LA CONSTRUCCIÓN Y LAS CIMENTACIONES DE GRAN PROFUNDIDAD. SE DETECTARON TUBERÍAS SUBTERRÁNEAS EXISTENTES OUE DIERON ORIGEN EL MOVER EL MARCO A DE TUBERÍA A, TANQUE DE BALANCE Y TANQUE DE DESFOGUE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 45. REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE IZAJES A TRAVÉS DE SOFTWARE ESPECIALIZADOS. SE REALIZARON ANÁLISIS DE IZAJES DE TORRES, REACTORES, CAMBIADORES DE CALOR, SOLAIRES Y TANQUES A PRESIÓN.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 46. CONSIDERACIONES DE TERMINACIONES DE RACKS DE TUBERÍAS ABIERTAS. SE DEJARON ESPACIOS EN CAMAS DE TUBERÍAS COMO FUTUROS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 47. DISEÑO DE TUBERÍAS EN SECUENCIA. SE HICIERON PREFABRICADOS DE TUBERÍA EN TALLER ALEDAÑO Y SE MONTARON TUBERÍAS PRINCIPALES EN RACK. SE OBSERVARON PROBLEMAS EN DERECHOS DE VÍAS EN LA PARTE DE INTEGRACIÓN.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 48. MAXIMIZAR LA CONSTRUCCIÓN A NIVEL DE SUELO. AUNQUE SE OBSERVÓ EN PRIMER INSTANCIA UN NIVEL DE PISO TERMINADO IGUAL EN TODA EL ÁREA DE TRABAJO DE LA PLANTA Y POSTERIORMENTE SE TRABAJÓ EN TUBERÍAS Y DUCTOS SUBTERRÁNEOS ASI COMO EN LAS CIMENTACIONES DE EQUIPO. SE TUVIERON PROBLEMAS EN LA LOCALIZACIÓN Y DISEÑO DE MOCHETAS POR FALTA DE TOPOGRAFÍA EN LA PARTE DEL TERRENO A UTILIZAR.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 51. ADECUADAS RUTAS DE EVACUACIÓN PARA EMERGENCIAS. EN PRIMER INSTANCIA SOLO SE CONTÓ CON UN ACCESO A LAS INSTALACIONES EN ZONA SUR.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 52. DETERMINACIÓN EN EL DISEÑO DE LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN AUDITIVA. PARA ÉSTA PRÁCTICA SE CONSIDERÓ SOBRE TODO PARA EL EQUIPO DINÁMICO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 53. CONSIDERACIONES DE ESPACIOS PARA REGADERAS DE SEGURIDAD Y LAVABO DE OJOS. SE REALIZÓ CONFORME AL DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD NO ASÍ EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 54 DETERMINACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE ESPACIOS ADECUADOS A LOS MATERIALES PELIGROSOS. LA APLICACIÓN DE ÉSTA PRÁCTICA FUÉ RELATIVA, YA QUE SOLO CONTÓ CON UN ÁREA DE ALMACEN AL OESTE DE LAS INSTALACIONES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 55. UBICACIÓN DEL EQUIPO PARA PARA QUE PUEDA SER MONITOREADO POR PANTALLAS EN CASO DE INCENDIOS. LAS INSTALACIONES PREVIERON LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO Y SISTEMA CONTRA INCENDIO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 56. UBICACIÓN DEL EQUIPO PARA ACCESAR LIBREMENTE EL PERSONAL CONTRA INCENDIO. ÉSTA PRÁCTICA FUÉ APLICADA CONFORME AL DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 57. CONSIDERACIONES DE ESPACIOS DENTRO DE LAS INSTALACIONES PARA EL ACCESO DE PERSONAL DE VISITA DE MANERA QUE NO INTERFIERA CON EL PERSONAL DE OPERACIONES. EN EL PROYECTO ÉSTA PRÁCTICA NO SE APLICÓ YA QUE SÓLO SE CONSIDERÓ EL ÁREA DE LAS INSTALACIONES, PREFABRICACIÓN Y ALMACENAMIENTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 58. UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MANERA QUE MINIMICEN LOS REQUERIMIENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA FUEGO. PARA ESTE PROYECTO SE UBICARON CONFORME EL PROCESO LO DEMANDÓ ASI COMO A LAS PRÁCTICAS Y ESTÁNDARES DE LOCALIZACIÓN DE EQUIPO CONSIDERANDO LOS VIENTOS REINANTES Y DOMINANTES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 60, 61 Y 62 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE ESPACIOS ADECUADOS PARA CASILLEROS. EN LA PLANTA SE DISEÑÓ PARA OPERARSE A TRAVÉS DE UN CUARTO DE CONTROL CENTRALIZADO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 65. INCORPORACIÓN DE LAS CIMENTACIONES PEQUEÑAS EN EL DISEÑO DE ÁREAS DE PLANTILLAS QUE LAS PUEDAN RECIBIR. PARA ÉSTE PROYECTO SE DISEÑARON EN FUNCIÓN A LOS DIBUJOS DE FABRICANTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 67. CONSIDERACIONES PARA EXTENDER LAS DIMENSIONES DE LA LOSA 4" CUANDO SE COLOQUEN MUROS POR ENCIMA DE ELLA PARA DAR ESPACIO DESDE AFUERA DE LA LOSA. ÉSTE CONCEPTO ES MUY ESPECIFICO Y DEPENDE DEL DISEÑO PARTICULAR DE CUARTOS SATELITES O CUARTO CENTRAL DE MOTORES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 68. CONSIDERACIONES DE COLOCACIÓN DE ANCLAS DE 2" MÁS O MENOS ARRIBA EN LAS CIMENTACIONES DE EQUIPOS GRANDES PARA QUE ACTÚE COMO GUÍA CUANDO SE COLOQUE EL EQUIPO. NO APLICA ÉSTA PRÁCTICA YA QUE EL DISEÑO SE GENERÓ CONFORME A LA INFORMACIÓN DE FABRICANTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 71. ESTANDARIZACIÓN DE LAS DIMENSIONES ENTRE COLUMNAS DE ACERO. SI SE ESTANDARIZÓ, AUNQUE EL DISEÑO DEPENDIÓ DE LAS CONDICIONES DE CARGA, SISMO Y VIENTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 72. EVITAR AL MÁXIMO CIMENTACIONES CIRCULARES PARA EQUIPOS MAYORES DE 4 PIES EN DIÁMETRO. EN EL PROYECTO PARA EL CASO DE COLUMNAS Y REACTORES SE OPTÓ POR CIMENTACIONES OCTAGONALES.</p> |

| EQUIPOS | LECCIONES APRENDIDAS DE CONSTRUCTABILIDAD APLICADA (%) | GRADO DE IMPACTO | OBSERVACIONES   |
|---------|--|------------------|---|
|         |  |                  | <p>•EN LA PREGUNTA No. 73 y 74. ESTADARIZACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE CIMENTACIONES DE CONCRETO Y SU PROGRAMACIÓN. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA EN EL DISEÑO SE GENERÓ CONSIDERANDO LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 76 y 77. CAMINOS PERMANENTES EN LA PLANTA Y ÁREAS PAVIMENTADAS EN LA VECINDAD DE CORREDORES DE TUBERÍAS Y ÁREAS DE TRÁFICO PESADO ASI COMO SUMINISTRO DE ENTRADAS LATERALES Y CAMINOS DE CONCRETO. SE TUVIERON LIMITACIONES DE ACCESO. UNA SOLA ENTRADA DEL LADO SUR Y LA CONSTRUCCIÓN DE LA CALLE 99 SE DIÓ EN FORMA TARDÍA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 78. UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS DE ACERO O METÁLICOS EN VEZ DE ELEMENTOS DE MADERA COMO MOLDES O CIMBRAS EN LAS UNIONES DE ÁREAS PAVIMENTADAS. NO APLICA YA QUE PARA ÉSTE PROYECTO SE UTILIZARON OTRO TIPOS DE JUNTAS</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 80. CONSIDERACIONES OPORTUNAS DE LA CANTIDAD DE CONCRETO REQUERIDA PARA EL EMPLEO DE UNA PLANTA DE CONCRETO EN SITIO. LA MAYORÍA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO FUERON PREFABRICADAS Y EN OTROS CASOS FUERON DE ACERO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 81. SE DISEÑARON LOS MONTAJES DE EQUIPOS DE TAL FORMA QUE PERMITAN UNA REMOCIÓN FÁCIL Y UNA REINSTALACIÓN DURANTE EL MANTENIMIENTO. EL DISEÑO SE LIMITÓ AL ÁREA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE NEGOCIANDO INCLUSO UN ÁREA ADICIONAL AL NORTE DE LA PLANTA PARA CUMPLIR CON EL ESPACIO MÍNIMO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 82. SE DISEÑARON Y ERIGIERON ESCALONES PERMANENTES, PLATAFORMAS Y ESCALERAS PLANAS. SE DISEÑARON BASICAMENTE RAMPAS DE ACCESO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 83. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DEL USO DE ESCALERAS PLANAS, ESCALONES Y PLATAFORMAS PARA OPERADORES Y MANTENIMIENTOS ADECUADOS PARA ACCESO DEL PERSONAL. PARA EL CASO DEL MAKE UP KNOCK OUT DRUM LA ESCALERA SE HABILITÓ EN FORMA TARDÍA OBSERVANDO SU REQUERIMIENTO HASTA LA INSTALACIÓN DEL EQUIPO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 85. DETALLE DE BAHÍAS ALTAS DE ACERO DE MANERA QUE PERMITAN LA FABRICACIÓN DE SISTEMAS DE TECHUMBRE A NIVEL DE SUELO. PARA ESTE CASO SOLO EL COMPRESOR DE AIRE CONTÓ CON UNA TECHUMBRE</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 86. DESARROLLO DE ESPECIFICACIONES Y ORDEN DE MANERA TEMPRANA DEL ELEVADOR. ÉSTA PRÁCTICA NO APLICA YA QUE NO HUBO ELEVADOR.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 87. DESARROLLO DE ESPECIFICACIONES Y ORDEN DE ELEMENTOS DE LOS BAÑOS COMO MUEBLES EN FORMA OPORTUNA. PARA EL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA NO SE PREVIO LA CONSTRUCCIÓN DE BAÑOS EN LA INSTALACIÓN.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 88. CONSIDERACIONES DE MÉTODOS DE DISEÑO QUE PERMITEN LA INSTALACIÓN DE LAS PAREDES DEL CUARTO DE EQUIPO DESPUÉS DE LA COLOCACIÓN DE EQUIPO PESADO. SE PREVIERON RAMPAS DE ACCESO Y PUERTAS ACORDES AL DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO EN CUARTO SÁTELITE Y CUARTO DE CONTROL DE MOTORES</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 89. IDENTIFICACIÓN EN EL DISEÑO PARA FABRICACIÓN TEMPRANA DE NECESIDADES DE DUCTOS LARGOS O GRANDES PARA SER INSTALADO. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA SE PREVIO EN PRIMER INSTANCIA LAS INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS, TENDIDO DE TUBERÍA EN RACKS Y MOCHETAS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 92. UTILIZACIÓN DE SELLOS PARA PUERTAS MAGNÉTICAS EN VEZ EL TIPO DE AJUSTE ATORNILLADO. ESTA PRÁCTICA SE REALIZÓ SOLO EN CUARTO SÁTELITE Y CUARTO DE CONTROL CENTRALIZADO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 93. ELEVACIÓN DEL PISO PARA COMPUTADORAS SEA ADECUADA PARA PERMITIR HACER UNIONES DE CABLES DENTRO DEL EQUIPO. SE INSTALÓ PISO FALSO EN CUARTO DE CONTROL SÁTELITE Y CUARTO DE CONTROL CENTRALIZADO Y SÓTANO EN CUARTO DE CONTROL DE MOTORES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 95. UBICACIÓN DE DUCTOS EN LOS PISOS PARA EVITAR INTERFERENCIAS CON LA TUBERÍA CONTRA INCENDIO Y LOS ROCIADORES. DURANTE EL DESARROLLO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA SE VERIFICARON INTERFERENCIAS PREVIO A SU INSTALACIÓN.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 96. ESTANDARIZACIÓN DE LOS NIVELES DE LOS PISOS. SE CONSIDERÓ LA TOPOGRAFÍA Y NIVELES DE ESCURRIMIENTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 98. VERIFICACIÓN PARA INCLUIR EN PLANOS/ESPECIFICACIONES DE DISEÑO EL SISTEMA DE DRENAJE PARA EL EQUIPO MONTADO EN PATINES. PARA ÉSTE PROYECTO SE VERIFICÓ EN EQUIPO DE BOMBEO Y COMPRESORES AL DRENAJE ACEITOSO Y PARA EL DRENAJE OÍUMICO EN TORRES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 100. VERIFICACIÓN DEL EQUIPO MONTADO EN PATINES QUE ESTE BIEN EMPACADO PARA PREVENIR DAÑOS DURANTE EL EMBARQUE. SE PREVIO EL EMPAQUETAMIENTO CON NITRÓGENO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 101. REQUERIMIENTOS EN LAS ESPECIFICACIONES DE LA OFERTA QUE EL PROVEEDOR DISEÑE Y PROPORCIONE VIGAS ESPECIALES PARA EL EQUIPO Y COMPONENTES QUE REQUIERAN IZADO. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA EL DISEÑO CONTEMPLÓ LOS ACCESORIOS DE IZAJE NECESARIOS PARA SU INSTALACIÓN.</p> <p>•EN LA PREGUNTA 106. ENTREGA OPORTUNA DE LISTA DE EQUIPO CON PESOS Y DIMENSIONES, PLANOS PLOTEADOS, PLANOS DE EQUIPO, FORMA DE TRANSPORTACIÓN PROPUESTO Y PROGRAMA DE ENTREGA PARA FORMULAR UN PLAN MAESTRO DE IZAJE PRELIMINAR. ESTE FUÉ UN PROCESO DINÁMICO YA QUE EL DISEÑO SE RETROALIMENTÓ DE LA INFORMACIÓN DE FABRICANTE DE LOS DISTINTOS EQUIPOS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 109. CONSIDERAR EL ESPESOR DEL AISLAMIENTO Y EL PESO PARA EL DISEÑO DE LAS OREJAS DE IZADO PARA QUE EL EQUIPO ESTÉ AISLADO EN POSICIÓN HORIZONTAL PREVIO A SU COLOCACIÓN. EN ALGUNOS EQUIPOS EL AISLAMIENTO SE DIÓ POSTERIOR A LA INSTALACIÓN DEL EQUIPO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 110. ESPECIFICACIÓN EN LOS PLANOS DEL PLAN DE REMOCIÓN DE LAS OREJAS DE IZADO. ÉSTA PRÁCTICA NO SE UTILIZÓ YA QUE NO FUE EL CASO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 118 Y 117. ESTUDIO DE LOS DOCUMENTOS QUE PROPORCIONA EL PROVEEDOR Y CONSULTA A PROFESIONALES DE SEGURIDAD ASI COMO NECESIDADES DEL EQUIPO Y ROPA DE PROTECCIÓN. SE CONTÓ PARTICULARMENTE CON UN EQUIPO DE SEGURIDAD QUE ASEGURABA CONDICIONES SEGURAS DE TRABAJO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 121. DISEÑO DE GUARDAS DETALLADAS DE EQUIPO PARA EL EQUIPO ROTATORIO DE GRAN MAGNITUD. SI SE DISEÑO PARA EL EQUIPO DINÁMICO (BOMBAS).</p> |

| EQUIPOS | LECCIONES APRENDIDAS DE CONSTRUCTABILIDAD APLICADA (%) | GRADO DE IMPACTO | OBSERVACIONES   |
|---------|--|------------------|---|
|         |  |                  | <p>•EN LA PREGUNTA No. 129. CONSIDERACIONES DE REQUERIMIENTOS PARA ENSAMBLADO EN TALLER, MARCAS DE IGUALACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE EQUIPO QUE PUEDA PRESENTAR PROBLEMAS DE AJUSTE. PARA ÉSTE PROYECTO EL EQUIPO DINÁMICO SE PROBÓ EN TALLER Y EN SITIO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 130. UBICACIÓN FUERA DE RECINTOS CON RUIDO DE LA INSTRUMENTACIÓN Y VÁLVULAS DE OPERACIÓN. PARA ÉSTE PROYECTO LA INSTRUMENTACIÓN Y VÁLVULAS SE ESPECIFICARON CONSIDERANDO ESTOS CONCEPTOS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No.135. APLICACIÓN EN FÁBRICA DEL ACABADO CONTRA FUEGO/PINTURA/RECUBRIMIENTO INTERIOR. EN EL CASO DE ESFERAS DE ALMACENAMIENTO SE DIÓ DIRECTAMENTE EN CAMPO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 138, 139 Y 140. CONSIDERACIONES DE ENERGÍA. CLIENTE PROPORCIONÓ UN NIVEL DE VOLTAJE BASTANTE ELEVADO POR LO QUE HUBO NECESIDAD DE INCORPORAR EQUIPO PARA TRABAJAR EL NIVEL DE VOLTAJE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA 142. ESTABLECIMIENTO POR PARTE DE INGENIERÍA DE CORREDORES EN LOS PLANOS DE DISEÑOS ELÉCTRICOS Y DE TUBERÍAS PARA EL SISTEMA DE INUNDACIÓN DURANTE LAS PRIMERAS ETAPAS DE DISEÑO. EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA ISOMERIZADORA SE PREVIÓ EN PRIMER INSTANCIA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA 143. IDENTIFICACIÓN/PROGRAMACIÓN DE PARTES DEL TRABAJO QUE PUEDAN ADELANTARSE PARA EVITAR DESPUÉS TENER PICOS DE TRABAJO PARA LA MANO DE OBRA CRÍTICA. SE SUCEDIERON EVENTOS QUE ORIGINARON CORRIMIENTOS EN FECHAS TALES COMO CAMBIOS EN LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y DISEÑO EN REACTORES POR PARTE DEL LICENCIADOR.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 146. VERIFICACIÓN DE QUE EL DISEÑO ENTIENDA QUE UN DOCUMENTO ENTREGABLE ES UNA BASE DE DATOS CON LA CUAL SE PUEDA IMPRIMIR MARCADORES DE CABLEADO. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA SE GENERARON LOS PLANOS DE CEDULAS CORRESPONDIENTES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 153 Y 157. REVISIÓN CON OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA PARA LOCALIZAR LAS ESTACIONES DE CONTROL/PARO DE EMERGENCIA EN TODA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN Y SU IDENTIFICACIÓN EN UN MODELO PDS LOS LIMITES DE LAS ÁREAS PELIGROSAS. EL SISTEMA DE PARO POR EMERGENCIA SE UBICÓ EN EL CUARTO DE CONTROL CENTRALIZADO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 158. REVISIÓN DE FACTIBILIDAD DE HACER UN MODELO PDS (MAQUETA ELECTRÓNICA) PARA TODO EL CODUIT Y CANALIZACIONES EN TODA LA PLANTA PARA QUE NO HAYA INTERFERENCIAS. EN LA PLANTA ISOMERIZADORA EL DISEÑO SE DESARROLLÓ BASADO EN LA ELABORACIÓN DE UNA MAQUETA ELECTRÓNICA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 164. CONSIDERACIONES DE LAS TIERRAS DEBAJO DE LA LOSA SE COLOQUEN EN UNA CAMA DE ARENA EN LUGAR DE ENTERRARLAS EN UNA ZANJA. SE DETECTÓ UN SISTEMA DE TIERRAS EXISTENTE QUE OBLIGÓ A MODIFICAR EL DISEÑO PREVISTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 168. EVITAR AL MÁXIMO EL USO DE LÁMPARAS DE TRES TUBOS FLUORESCENTES. SE INCLUYERON ACCESORIOS QUE PROPORCIONAN MAYOR CANTIDAD DE FLUXES DE ADITIVOS METÁLICOS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 172. REVISIÓN DE LA REDUCCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE PROFUNDIDAD MÍNIMA PARA LOS CABLES ENTERRADOS DIRECTAMENTE. NO FUE EL CASO, PARA FIBRA ÓPTICA Y CABLES ELÉCTRICOS LA INSTALACIÓN SE DIÓ A TRAVÉS DE DUCTOS ELÉCTRICOS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 174. ENTREGA POR PARTE DE INGENIERÍA LONGITUDES PARA EL CABLE ELÉCTRICO. SE GENERÓ EL PLANO DE CÉDULAS CORRESPONDIENTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 184. UTILIZACIÓN DE RACK DE TUBERÍAS DE 20 PIES, SECCIONES DE CHAROLAS DE CABLE NO ESTÁNDAR DE 20. SE UTILIZARON MEDIDAS COMERCIALES</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 193. CONSIDERACIONES EN LA NECESIDAD DE ACCESORIOS DE MAYOR TAMAÑO AL ENCAMISAR CABLE. EN TODOS LOS CASOS SE OBSERVÓ EL RADIO DE CURVATURA ESPECIFICADO POR EL FABRICANTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No.200. REALIZACIÓN DE UN CHEQUEO DETALLADO DE LOS PLANOS DEL PROVEEDOR EN RELACIÓN A CONTROLES E INSTRUMENTOS. EN CASO DE SITUACIONES PARTICULARES COMO EL CONTROL DE LOS SECADORES FUE NECESARIO INCORPORAR AL PROVEEDOR PARA PROPÓSITOS DE GARANTÍA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 206 Y 207. CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS EN TALLER ANTES DE SER ENVIADOS A CAMPO Y SU IDENTIFICACIÓN. TAMBIÉN SE OBSERVÓ LA CALIBRACIÓN EN BANCO E INSTALADOS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 209. CONSIDERACIONES PARA MAXIMIZAR EL USO DE INSTRUMENTOS MONTADOS EN LÍNEA EVITANDO LOS QUE ESTAN MONTADOS EN SU BASE. NO SE EFECTUÓ ÉSTA PRÁCTICA POR CONSIDERARLO UNA SITUACIÓN PELIGROSA DURANTE LAS MANIOBRAS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 215. REVISIÓN DEL USO DE CABLE Y CHAROLAS BLINDADOS EN LUGAR DE CONDUIT PARA INSTRUMENTOS ARRIBA DEL NIVEL DE PISO. EL DISEÑO SE OBSERVÓ CONFORME AL PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.</p> |

| EQUIPOS                   | LECCIONES APRENDIDAS DE CONSTRUCTABILIDAD APLICADA (%) | GRADO DE IMPACTO | OBSERVACIONES   |
|---------------------------|--|------------------|---|
| TORRES                    | 100  | ALTO             | <p>•EN LA PREGUNTA No.9 Y 12. LOCALIZAR LAS TORRES EN LA LÍNEA DE CENTROS ALEJADAS DEL RACK DE LAS COLUMNAS Y EL CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA COLUMNA, REHERVIDOR, BOMBA DETERMINADOS POR EL FLUJO DE FLUIDO. EN LA PLANTA ISOMERIZADORA AUNQUE LAS DISTANCIA SE AJUSTARON AL DIMENSIONAMIENTO MÍNIMO CONFORME AL ÁREA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Y LA REVISIÓN HIDRAÚLICA.</p> <p>•CON RESPECTO A LA PREGUNTA No. 10. DISEÑAR UNA TORRE ALTA EN DOS PEQUEÑAS CON EL OBJETO DE MAXIMIZAR EL COSTO, TRASPORTACIÓN, MANIOBRA Y ERECCIÓN EN CAMPO. NO APLICA YA QUE LAS TORRES CON QUE CUENTA LA PLANTA NO LO REQUIERE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 17. CONSIDERACIONES DE ESPACIOS SUFICIENTES PARA REMOCIÓN DE LOS TUBOS O DE LOS INTERCAMBIADORES MISMOS QUE SE REQUIERA ACCESO AL SISTEMA DE CONDENSADORES YA QUE ALGUNAS VECES SON SOPORTADOS SOBRE LA TORRE. NO APLICA YA QUE EL EQUIPO CON QUE CUENTA LA PLANTA NO LO REQUIERE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 24. VERIFICACIÓN SOBRE EL SUMINISTRO DE COMPRA DEL FABRICANTE DE LA TORRES EL SISTEMA DE TUBERÍA ESTE COMPLETO CON APOYO DE TUBOS Y GUÍAS. EN LA PLANTA ISOMERIZADORA EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS SE DIERON EN FORMA INDEPENDIENTE AL DE LAS TORRES, INCLUSO LOS INTERNOS DE LAS MISMAS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 28. CONSIDERACIONES EN EL PLOT PLAN Y ARREGLO DEL EQUIPO DE ACCESOS ADECUADOS PARA MANTENIMIENTO. EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA AUNQUE LAS ÁREAS PARA MANIOBRAS Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS SE OBSERVAN BASTANTE APRETADAS AL NORTE DEL EQUIPO EXISTIENDO INCONGRUENCIA CON EL ÁREA DISPONIBLE UBICADA AL SUR DE LA PLANTA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 29. CONSIDERACIONES EN EL PILOT PLAN DE ACCESOS AMPLIOS PARA LA MOVILIZACIÓN DE GRÚAS PARA LA INSTALACIÓN DE LA TORRE. AUNQUE LAS ÁREAS PARA MANIOBRAS Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS SE OBSERVAN BASTANTE APRETADAS AL NORTE DEL EQUIPO EXISTIENDO INCONGRUENCIA CON EL ÁREA DISPONIBLE UBICADA AL SUR DE LA PLANTA.</p> <p>•CON RESPECTO A LA PREGUNTA No. 43 CONSIDERACIONES DE CONTINGENCIAS SOBRE LAS ENTREGAS TARDÍAS DE LAS TORRES DE MANERA QUE NO EFECTE EL PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN. EN EL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA NO SE CONSIDERARON LAS CONTINGENCIAS NECESARIAS.</p> |
| BOMBAS                    | 100  | MODERADO         | <p>•EN LA PREGUNTA No. 1. LOCALIZACIÓN DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS CONVENCIONALES MONTADAS EN PLACA BASE, POR COORDENADAS A LA LÍNEA DE CENTRO Y A LA BOQUILLA DE DESCARGA DANDO LA ELEVACIÓN AL PUNTO DE SOPORTE. LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS SE LOCALIZARON LO MÁS CERCANO AL RACK DE TUBERÍAS Y FONDOS DE COLUMNA Y TANQUES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 4 Y 5. LOCALIZACIÓN DE COMPRESORES CENTRÍFUGOS POR COORDENADAS A LA LÍNEA DE CENTRO DEL COMPRESOR Y A LA SUCCIÓN DE LA PRIMERA ETAPA. NO FUERON REQUERIDOS PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA COMPRESORES CENTRÍFUGOS NI RECÍPROCANTES.</p> <p>•CON RESPECTO A LA PREGUNTA No. 14. MONTAJE EN FÁBRICA DE BOMBAS Y MOTORES ACOPLADOS DIRECTAMENTE. SI, SE VERIFICÓ SU ACOPLAMIENTO DE BOMBAS Y MOTORES EN FÁBRICA TAMBIÉN SE CORRIERON ANTES DE SU PUESTA EN MARCHA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 22. VERIFICACIÓN DE QUE LAS BOMBAS QUE MANEJEN PRODUCTOS INFLAMABLES SE AGRUPEN Y LOCALICEN EN ÁREAS SEPARADAS DE LAS CASAS DE COMPRESORES. NO APLICA, PORQUE EN LA PLANTA ISOMERIZADORA NO HAY CASA DE COMPRESORES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 24. ESTANDARIZACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS CIMENTACIONES. EN LA PLANTA ISOMERIZADORA SU DISEÑO DEPENDIÓ DE LOS DIBUJOS DEL FABRICANTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 25. CON RESPECTO SI SE EMITIÓ OPORTUNAMENTE EL PROGRAMA COMPLETO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN. EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA ISOMERIZADORA SI SE CONSIDERÓ SU ENTREGA DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN PREVIAMENTE.</p>  |
| RECIPIENTES               | 100  | ALTO             | <p>•EN LA PREGUNTA No. 11 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS ESPECIALES PARA EL EMBARQUE DE RECIPIENTES. EN EL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA SE REALIZÓ UN ANÁLISIS DE LOGÍSTICA PARA EL TRANSPORTE DE LOS REACTORES.</p> <p>•CON RESPECTO A LA PREGUNTA No. 15. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE PREENSAMBLE DEL EQUIPO PREVIO A SU INSTALACIÓN. NO SE CONSIDERÓ ADECUADA ÉSTA PRÁCTICA PARA APLICARLA AL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 18. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE CHIMENEAS CON CONEXIONES BRIDADAS. ÉSTA PRÁCTICA NO APLICA EN EL PROYECTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 18. RECIPIENTES CON CENTRÍFUGA. NO APLICA.</p> <p>•CON RESPECTO A LA PREGUNTA No. 19. CONSIDERACIONES DE TOLERANCIAS DE DIMENSIONES PARA LAS CHAROLAS Y SUS PARTES INTERNAS. EN EL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA LA INFORMACIÓN DEL RECIPIENTE E INTERNOS SE REVISÓ A TRAVÉS DE UN CHEQUEO CRUZADO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 29. REQUERIMIENTOS DE PRUEBAS PARA TODOS LOS RECIPIENTES A PRESIÓN SIN FUEGO (HIDRAÚLICO O NEUMÁTICO) PARA LOS FABRICANTES EN TALLER Y DE CAMPO Y SU APROBACIÓN EN FÁBRICA. EN EL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA TAMBIÉN SE OBSERVARON PRUEBAS DE SITIO ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA.</p>   |
| INTERCAMBIADORES DE CALOR | 100  | MODERADO         | <p>•EN LA PREGUNTA No. 3 Y 5. RESPECTO A LA INDICACIÓN DEL PUNTO DE APOYO DE MENSULAS Y DE LAS BOQUILLAS DE ENTRADA DEL LADO DE LOS TUBOS ASI COMO SU LOCALIZACIÓN Y ELEVACIÓN. EN LA PLANTA SE LOCALIZARON LOS APOYOS FIJOS Y MÓVILES CORRECTAMENTE PARA EVITAR FRACTURAS POR DESPLAZAMIENTOS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 7. POSIBILIDAD DE APILAR HASTA TRES LOS INTERCAMBIADORES MÁXIMO. PARA LA ISOMERIZADORA SE CONSTRUYERON DOS EDIFICIOS PARA EVITAR ESOS PRECISAMENTE.</p> <p>•LA PREGUNTA No. 11. CONSIDERACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO DEBERÁN ESTAR ARREGLADA PRIMERO Y EL RESTO DEL EQUIPO DESPUES (COMO INTECAMBIADORES). NO APLICA YA QUE LA PLANTA NO CUENTA CON UNA TORRE DE ENFRIAMIENTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 15. LOCALIZACIÓN DE LOS INTERCAMBIADORES QUE PUEDEN SER APILABLES CON OBJETO DE SIMPLIFICAR ARREGLOS DE TUBERÍA Y AHORRO DE ESPACIOS. AUNQUE SE CONSIDERÓ LA CONSTRUCCIÓN DE DOS EDIFICIOS PARA LOS INTERCAMBIADORES EN LUGAR DE APILARSE, SE PREVIO AL MÁXIMO SIMPLIFICAR LOS ARREGLOS EN LOS DISEÑOS ASI COMO EL AHORRO DE ESPACIOS.</p> <p>•PARA LA PREGUNTA No. 16. CONSIDERACIONES DE MODULARIZACIÓN DE PIEZAS GRANDES DE EQUIPOS COMO SON HORNOS Y CALDERAS. NO APLICA, YA QUE LA PLANTA ISOMERIZADORA NO CUENTA CON HORNOS Y CALDERAS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 21. EVALUACIÓN DE MATERIALES DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO, TALES COMO MADERA TRATADA, CONCRETO, FIBRA DE VIDRIO ENTRE OTROS ASI COMO MANO DE OBRA Y MANTENIMIENTO. NO APLICA, YA QUE LA PLANTA ISOMERIZADORA NO CUENTA CON TORRES DE ENFRIAMIENTO.</p>   |

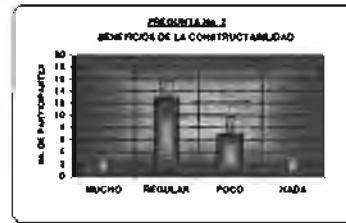
| EQUIPOS  | LECCIONES APRENDIDAS DE CONSTRUCTABILIDAD APLICADA (%) | GRADO DE IMPACTO | OBSERVACIONES   |
|----------|--|------------------|---|
| TUBERÍAS | 100  | ALTO             | <p>•EN LA PREGUNTA No. 4. <i>CONSIDERACIONES SOBRE LA NOTA DE MATERIALES DETALLADA EN LOS ISOMÉTRICOS</i>. AUNQUE EN LOS ISOMÉTRICOS DE TUBERÍA NO SE INDICARON LA CANTIDAD DE JUNTAS DE SOLDADURA A CONSIDERAR.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 6. <i>VERIFICACIÓN DE QUE TODAS LAS TUBERÍAS CUENTEN CON ISOMÉTRICOS</i>. EN LA PLANTA ISOMERIZADORA NO SE REALIZARON ISOMÉTRICOS PARA TUBERÍAS CON DIÁMETROS MENORES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 10. <i>REVISIÓN DE QUE TODAS LAS NOTAS DE LOS DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN SE INCORPOREN A LOS ISOMÉTRICOS</i>. PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA ISOMERIZADORA SE EDITÓ PARA ELLO UN PLANO DE NOTAS GENERALES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 11. <i>CONSIDERACIÓN DEL USO DE MODELADO DE TUBERÍAS DE ORIFICIOS PEQUEÑOS Y EL USO DE MAQUETAS EN PDS PARA ORIFICIOS MAYORES</i>. NO SE CONSIDERARON LAS TUBERÍAS DE DIÁMETRO MENOR. LOS ISOMÉTRICOS SE EDITARON EN CAMPO. TAMPOCO SE UTILIZÓ PDS COMO PLATAFORMA PARA EL DESARROLLO DE LA MAQUETA ELECTRÓNICA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 13. <i>CONSIDERACIONES SOBRE LA NOTA DE MATERIALES DETALLADA EN LOS ISOMÉTRICOS</i>. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA AUNQUE EN LOS ISOMÉTRICOS DE TUBERÍA NO SE INDICARON LA CANTIDAD DE JUNTAS DE SOLDADURA A CONSIDERAR.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 21. <i>VERIFICACIÓN DE QUE LOS ISOMÉTRICOS CUENTEN CON ANÁLISIS DE ESFUERZOS</i>. PARA EL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA SE EDITARON ISOMÉTRICOS ANALIZADOS POR ESFUERZOS DE MANERA SEPARADA.</p> <p>•CON RESPECTO A LA PREGUNTA No. 48. <i>LOCALIZACIÓN DE TUBERÍA ENTERRADA</i>. LOS MAYORES PROBLEMAS QUE SE DIERON EN TRINCHERAS EXISTENTES PARA DETERMINAR LOS DERECHOS DE VÍA.</p> <p>•CON RESPECTO A LA PREGUNTA No. 55. <i>CONSIDERACIONES SOBRE TUBERÍA GALVANIZADA O CON PROTECCIÓN ANTICORROSIVA</i>. PARA EL PROYECTO FUÉ SUFICIENTE UTILIZAR TUBERÍA GALVANIZADA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 58. <i>CONSIDERACIONES SOBRE UN PLANO COMPUESTO PARA TODAS LAS ACTIVIDADES SUBTERRÁNEAS YA SEAN TEMPORALES, NUEVAS Y EXISTENTES</i>. SE EDITARON PLANOS INDEPENDIENTES Y EL CHEQUEO CRUZADO SE DIÓ EN LA MAQUETA ELECTRÓNICA.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 79. <i>PLANEACIÓN DEL USO DE REDES DE TUBERÍAS PERMANENTES</i>. SE REALIZARON ACORDE A LOS SERVICIOS Y CONDICIONES DE OPERACIÓN QUE PROPORCIONÓ EL CLIENTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 86. <i>REALIZACIÓN DE UN SUAVE AJUSTE EN LA BRIDA AL CONECTAR EL RECIPIENTE</i>. EN LA PLANTA ISOMERIZADORA SE EFECTUÓ ÉSTA PRÁCTICA CONFORME AL TORQUE RECOMENDADO EN ESTÁNDARES.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 98. <i>DETALLES ACORDADOS CON EL GRUPO DE ARRANQUE Y COMISIONAMIENTO PARA SER INCLUIDO EN LA PLANEACIÓN INICIAL</i>. EN EL PROYECTO DE LA PLANTA ISOMERIZADORA EL GRUPO DE ARRANQUE SE INTEGRÓ AL FINAL DEL PROYECTO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 102. <i>REFERENTE A LA ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE TASA DE FUGAS Y PRUEBA DE LAS VÁLVULAS</i>. TAMBIÉN SE APROBARON EN BANCO Y DURANTE LAS PRUEBAS HIDRAÚLICAS Y/O NEUMÁTICAS.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 108. <i>VERIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS LIBRES ENTRE TUBERÍAS, ELEMENTOS ESTRUCTURALES, EQUIPO</i>. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA EL AISLAMIENTO DE EQUIPOS Y TUBERÍAS SE DIÓ DIRECTAMENTE EN CAMPO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 111. <i>APLICACIÓN DE LA PINTURA PREMIER Y CAPA EXTERIOR EN FÁBRICA</i>. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA EL RECUBRIMIENTO SE DIÓ EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS DE MANERA DIRECTA EN CAMPO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 114. <i>AHORRO DE PINTURA PREVIA Y UTILIZACIÓN COMO MÁXIMO DE DOS CAPAS INCLUIDOS EN LA ORDEN DE COMPRA DEL FABRICANTE DE TUBERÍA</i>. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA EL ESPESOR SE DIÓ CONFORME A LO INDICADO EN LA NORMA DEL CLIENTE.</p> <p>•EN LA PREGUNTA 117. <i>IDENTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE TODOS LOS SOPORTES Y COLGADORES</i>. EN LA PLANTA ISOMERIZADORA SE EDITARON ISOMÉTRICOS SOPORTADOS COMO UN ENTREGABLE DIFERENTE.</p> <p>•PARA LA PREGUNTA No. 139. <i>SELECCIÓN DE LOS FÁBRICANTES EN BASE A SU CAPACIDAD PROBADA PARA CUMPLIMIENTO DE LOS PROGRAMAS Y FABRICACIÓN</i>. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA EL CRITERIO DE SELECCIÓN UTILIZADO PARA ÉSTA PRÁCTICA FUE EL PRECIO.</p> <p>•PARA LA PREGUNTA No. 150. <i>DETERMINACIÓN DE LOS CARRETES DE TUBERÍA SE REALIZARAN FUERA O EN SITIO</i>. PARA LA PLANTA ISOMERIZADORA LA MAYORÍA DE LOS CARRETES DE TUBERÍA FUERON FABRICADOS EN SITIO.</p> <p>•PARA LA PREGUNTA No. 163. <i>SELECCIÓN DE LOS PROVEEDORES DE VÁLVULAS Y OTROS COMPONENTES</i>. EN ÉSTA PRÁCTICA EL CRITERIO DE SELECCIÓN FUE EL PRECIO.</p> <p>•EN LA PREGUNTA No. 183. <i>SELECCIÓN DE UN SOLO COLOR PARA PINTURA DE TUBERÍA Y UTILIZACIÓN DE ETIQUETAS PARA IDENTIFICAR LA TUBERÍA</i>. PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA ISOMERIZADORA LOS COLORES SE UTILIZARON CONFORME A LA NORMA DEL CLIENTE.</p> |

## RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL PERSONAL QUE LABORA EN UNA EMPRESA QUE DESARROLLA INGENIERÍA

### I. SELECCIONAR EL GRADO DE CONOCIMIENTO QUE TENGA ACERCA DE LA CONSTRUCTIBILIDAD



EL PERSONAL ENTREVISTADO ESTA FAMILIARIZADO CON LOS OBJETIVOS ACERCA DE LA CONSTRUCTIBILIDAD, YA QUE LO HAN ADQUIRIDO A TRAVÉS DE PLÁTICAS, CURSOS, ETC..



TODO EL PERSONAL ENTREVISTADO ESTA CONCIENTE DE LOS BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN A NIVEL EMPRESA Y PROYECTO AL UTILIZAR LA CONSTRUCTIBILIDAD.



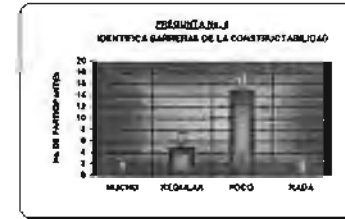
LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO NO ESTA FAMILIARIZADO CON LA POLÍTICA DE CONSTRUCTIBILIDAD YA QUE ESTA NO ESTA IMPLEMENTADA DENTRO DE EMPRESA DONDE LABORAN Y EL PERSONAL QUE CONTESTO QUE ESTA POCO FAMILIARIZADO ES PORQUE TIENE CONOCIMIENTO COMO SE ESTRUCTURA LA POLÍTICA AUNQUE NO EXISTA DENTRO DE LA EMPRESA.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL NO ESTÁ FAMILIARIZADO CON LOS MÉTODOS QUE SE PUEDEN UTILIZAR PARA APLICAR LA CONSTRUCTIBILIDAD EN SUS PROYECTOS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO SI APLICA LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD EN SUS PROYECTOS PERO DE FORMA EMPÍRICA, YA QUE NO SE ENCUENTRA APLICADO DENTRO DE LA EMPRESA DE MANERA FORMAL.



EL PERSONAL ENTREVISTADO SI TIENE LA CAPACIDAD PARA IDENTIFICAR FÁCILMENTE LAS BARRERAS QUE IMPIDEN LA IMPLEMENTACIÓN EFECTIVA DE LA CONSTRUCTIBILIDAD.



EL PERSONAL ENTREVISTADO TIENE CONOCIMIENTO DE COMO COMBATIR LAS BARRERAS QUE IMPIDEN LA IMPLEMENTACIÓN EXITOSA DE LA CONSTRUCTIBILIDAD

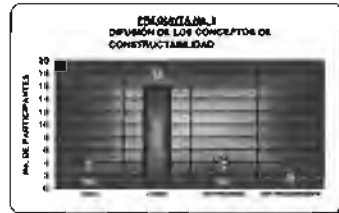


LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO NO ESTA FAMILIARIZADO CON LOS PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD YA QUE NO SE HAN DESARROLLADO DENTRO DE LA EMPRESA. CABE SEÑALAR QUE ALGUNOS SI HAN TENIDO A SU DISPOSICIÓN PROCEDIMIENTOS DE OTRAS EMPRESAS Y ESTO LES DA UNA IDEA GENERAL DE COMO PUEDEN REALIZARSE DICHOS PROCEDIMIENTOS EN SU EMPRESA

NOTA:  
LAS RESPUESTAS REFLEJAN LO QUE LOS EXPERTOS EN PROYECTOS ENTIENDEN Y APLICAN DE ALGUNA MANERA POR DECISIÓN PERSONAL SOBRE EL CONCEPTO ACERCA DE LA CONSTRUCTIBILIDAD, OBTENIDA EN FORMA EMPÍRICA LOGRADA A TRAVÉS DE LOS AÑOS DE EXPERIENCIA EN LA PARTICIPACIÓN DE PROYECTOS Y NO LO QUE SE HACE REALMENTE EN LA FIRMA DE INGENIERÍA. EN ALGUNAS PREGUNTAS LOS EXPERTOS NO REALIZAN O ELABORAN ALGÚN DOCUMENTO YO PUESTO QUE DESEMPEÑAN.

**RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL PERSONAL QUE LABORA EN UNA EMPRESA QUE DESARROLLA INGENIERÍA.**

**2. SELECCIONE LA FRECUENCIA CON QUE OCURRE ESTOS ELEMENTOS PARA IMPLEMENTAR LA CONSTRUCTIBILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA.**



SI DIFUNDE LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD CUANDO SE TIENE LA OPORTUNIDAD PARA HACERLO, PERO DE MANERA INFORMAL COMO PLÁTICA Y ES POR DECISIÓN PROPIA.



SI SE REALIZAN REUNIONES AL INICIO DE CADA PROYECTO DONDE CADA UNO DE LOS INTEGRANTES APORTA SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS PERO NO ESTA FORMALMENTE RECONOCIDA COMO 'REUNIONES DE CONSTRUCTIBILIDAD'.



SI SE REALIZAN REUNIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE CADA PROYECTO EN LAS CUALES SE MONITOREA ASPECTOS COMO EL COSTO, PROGRAMA Y CALIDAD ENTRE OTROS, PERO NO ESTA PROPIAMENTE RECONOCIDAS COMO 'REUNIONES DE CONSTRUCTIBILIDAD'.



SI SE REALIZAN REUNIONES AL CIERRE DE CADA PROYECTO EN LAS CUALES SE ANALIZA EN QUE CONDICIONES SE TERMINO EL PROYECTO, CUALES FUERON LAS FALLAS Y LOS ACERTOS COMENTADOS QUE SE APRENDIO DE ESTOS AUNQUE NO ESTAN RECONOCIDAS PROPIAMENTE COMO 'REUNIONES DE CONSTRUCTIBILIDAD'.



NO EXISTE LA FORMACIÓN E INTEGRACIÓN DE EQUIPOS DE CONSTRUCTIBILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA.



EL PERSONAL ENTREVISTADO NO IDENTIFICA AL RESPONSABLE DE CONSTRUCTIBILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA YA QUE ESTE NO EXISTE COMO TAL, LOS QUE DIFUNDE DE ALGUNA MANERA ESTOS CONCEPTOS SON LOS INGENIEROS DE PROYECTO Y LOS LÍDERES DE ESPECIALIDAD HACIENDO DE MANERA INFORMAL.



NO SE INCLUYE LA CONSTRUCTIBILIDAD COMO PARTE DE UNA CLÁUSULA DENTRO DEL CONTRATO.



NO SE CUENTA CON ESTRATEGIAS DE CONSTRUCTIBILIDAD QUE PUEDAN APLICARSE EN EL MOMENTO EN QUE SE SOLICITAN LOS SERVICIOS QUE REQUIERAN SER SUBCONTRATADOS.



NO EXISTE DENTRO DE LA EMPRESA UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTOS POR LA APORTACIÓN DE BUENAS IDEAS DE CONSTRUCTIBILIDAD YA QUE NO SE HA IMPLEMENTADO FORMALMENTE LA CONSTRUCTIBILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA. CABE SEÑALAR QUE EXISTE SOLO UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTOS POR EL DESEMPEÑO LABORAL.



NO SE APLICA EN FORMA SISTEMATICAMENTE LA CONSTRUCTIBILIDAD EN LOS PROYECTOS YA QUE ESTA NO SE HA IMPLEMENTADO FORMALMENTE.



NO SE CUENTA CON LA APLICACIÓN DE MATRICES DE CONSTRUCTIBILIDAD PARA CADA PROYECTO DENTRO DE LA EMPRESA, PERO EL PERSONAL ENTREVISTADO RECONOCE QUE SIEMPRE DE GRAN AYUDA DESARROLLARLAS Y UTILIZARLAS EN SUS PROYECTOS.



**RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL PERSONAL QUE LABORA EN UNA EMPRESA QUE DESARROLLA INGENIERÍA.**

**3. SELECCIONÉ COMO EVALUÓ LOS ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE LA CONSTRUCTIBILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA**



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA POCO ADECUADA LA EXISTENCIA DE LA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS DENTRO DE LA EMPRESA YA QUE ESTA SE BASA SOLAMENTE EN LAS EXPERIENCIAS PERSONALES TENIDAS DURANTE EL PROYECTO PERO NO ES REFERENTE A LA CONSTRUCTIBILIDAD.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL INVOLUCRADO CONSIDERA ADECUADA LA COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN ENTRE LAS ORGANIZAS INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO CABE SEÑALAR QUE EN ALGUNAS OCASIONES SE PRESENTAN PROBLEMAS RELACIONADOS CON ESTO EN LAS CUALES ES NECESARIO ASIGNAR UN TIEMPO PARA RESOLVERLAS.



SE CONSIDERA ADECUADA LA COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN ENTRE CADA ETAPA DEL PROYECTO, ES NECESARIO SEÑALAR QUE PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA QUE EXISTE ALGUNAS EN SENCER GRADO UNA SEPARACIÓN ENTRE CADA ETAPA.



EXISTE UNA ADECUADA COMUNICACIÓN CON EL CLIENTE ALGUNAS ALGUNAS PERSONAS LA COMUNICACIÓN NO ES DIRECTA LO CUALIFICA A TRAVÉS DE LOS TRABAJOS CONTRACTADOS QUE SE LE ASIGNA A LA EMPRESA EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA QUE SE DEBE TRABAJAR SI SE INVOLUCRA AL CLIENTE EN LOS TRABAJOS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO LO CONSIDERA POCO ADECUADO YA QUE NO SIEMPRE SE ANALIZA FORMALMENTE A LOS PROVEEDORES EN LA ELABORACIÓN DE LAS PROYECTOS, AL INICIO Y DURANTE EL PROYECTO PARA QUE APORTE SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS. LA OTRA PARTE REDUCIDA DEL PERSONAL, ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES.



SE CONSIDERA POCO ADECUADA LA EXISTENCIA DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTOS YA QUE ES REFERENTE AL DESEMPEÑO LABORAL DEL TRABAJADOR Y NO COMO APORTACIÓN DE IDEAS DE CONSTRUCTIBILIDAD.



SE CONSIDERA POCO ADECUADO LA FORMACIÓN DE EQUIPOS RECEPTIVOS A NUEVAS IDEAS YA QUE NO SE TIENE UN COMPROMISO FORMALMENTE ESTABLECIDO SOBRE LA CONSTRUCTIBILIDAD PARA DARLE EL SEGUIMIENTO DEBIDO.



SE CONSIDERA POCO ADECUADO LAS HABILIDADES DE COMUNICACIÓN QUE TIENEN LOS EQUIPOS FORMADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DEBIDO A QUE NO SE TIENE UN COMPROMISO FORMALMENTE ESTABLECIDO SOBRE LA CONSTRUCTIBILIDAD.



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA POCO ADECUADA LA FORMACIÓN DE LOS EQUIPOS CON CAPACIDAD PARA EVALUAR OBJETIVAMENTE EL DISEÑO YA QUE NO SON FORMALMENTE RECONOCIDOS COMO TAL Y NO ES SU FUNCIÓN ESPECÍFICA.



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA POCO ADECUADA LA FORMACIÓN DE LOS EQUIPOS CON CAPACIDAD PARA EVALUAR OBJETIVAMENTE LA CONSTRUCTIBILIDAD YA QUE NO SON FORMALMENTE RECONOCIDOS COMO TAL Y NO ES SU FUNCIÓN ESPECÍFICA.



ES INADECUADA YA QUE NO ESTÁ IMPLANTADA LA CONSTRUCTIBILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA NO EXISTE UNA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL FORMAL.



SE CONSIDERA INADECUADO EL COMPROMISO YA QUE NO ESTÁ ESCRITO FORMALMENTE Y ESTRUCTURADO PARA LA CONSTRUCTIBILIDAD.



SE CONSIDERA INADECUADO EL COMPROMISO YA QUE NO ESTÁ ESCRITO FORMALMENTE Y ESTRUCTURADO PARA LA CONSTRUCTIBILIDAD, EL COMPROMISO QUE SE TIENE ES PERSONAL DE CADA INGENIERO DE PROYECTO O LÍDER DE ESPECIALIDAD QUE LO QUIERA APLICAR PARA OPTIMIZAR SUS RESULTADOS.

# RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL PERSONAL QUE LABORA EN UNA EMPRESA QUE DESARROLLA INGENIERÍA.

## 4. SELECCION CON QUE FRECUENCIA EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO APLICA EL CONCEPTO DE CONSTRUCTIBILIDAD



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE ALGUNAS VECES APLICA LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD AUNQUE DE MANERA INFORMAL Y EL RESTO DEL PERSONAL ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE FUNCIONES.



EL PERSONAL ENTREVISTADO ALGUNAS VECES APLICAN LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD DURANTE EL DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA, ESTO SE DEBE A QUE NO SE TIENE UN COMPROMISO CLARO, DEFINIDO Y BIEN ESTABLECIDO.



EL PERSONAL ENTREVISTADO ALGUNAS VECES APLICA LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD DURANTE EL DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA, YA QUE EN OCASIONES NO TODOS LOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO ESTAN CONCIENTES DE LOS BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN AL APLICAR LA CONSTRUCTIBILIDAD EN LOS DISEÑOS.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL INVOLUCRADO NUNCA APLICA LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD PORQUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES, YA QUE EXISTE UN DEPARTAMENTO DE PROCURA DENTRO DE LA EMPRESA, CABE MENCIONAR QUE SI SE TIENE LA OPORTUNIDAD SE INVOLUCRAN CON LOS PROVEEDORES PARA TRABAJAR EN EQUIPO.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL NUNCA APLICA LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD YA QUE ESTA ETAPA NO FORMA PARTE DEL GIRO DE LA EMPRESA, CON RESPECTO AL PERSONAL RESTANTE ALGUNAS VECES SE APLICA LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD DE MANERA INFORMAL CUANDO SE REALIZAN TRABAJOS DE ASISTENCIA TECNICA A LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS O CUANDO SE ASOCIAN A UNA EMPRESA CONSTRUCTORA PARA EL DESARROLLO DE LA INGENIERIA-PROCURA-CONSTRUCCION.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL INVOLUCRADO NUNCA HA APLICADO LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD YA QUE NO HA TENIDO LA OPORTUNIDAD DE PARTICIPAR EN EL ARRANQUE DE PLANTA PORQUE NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES, EL RESTO DEL PERSONAL SI HA PARTICIPADO EN ESTA ACTIVIDAD Y HA TENIDO LA OPORTUNIDAD DE APLICAR ESTOS CONCEPTOS PERO DE MANERA INFORMAL YA QUE EN ESTA ETAPA SE TIENE LA OPORTUNIDAD DE INVOLUCRAR A LAS DIFERENTES DISCIPLINAS DE CADA ETAPA DEL PROYECTO COMO SON CLIENTE, PROVEEDORES, CONSTRUCTORES, DISCIPLINAS INVOLUCRADAS LAS CUALES CADA UNA APORTA SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS PARA APLICARLAS EN EL ARRANQUE DE LA PLANTA.

**RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL PERSONAL QUE LABORA EN UNA EMPRESA QUE DESARROLLA INGENIERÍA.**

**5. SELECCIONA CON QUE FRECUENCIA ESTOS ELEMENTOS OCURREN CUANDO EL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN SE INVOLUCRA TEMPRANAMENTE EN EL PROYECTO**



EL PERSONAL ENTREVISTADO DETERMINA QUE CON FRECUENCIA LA CONSTRUCTABILIDAD AYUDA A DEFINIR Y ESTABLECER LAS METAS Y OBJETIVOS DEL PROYECTO



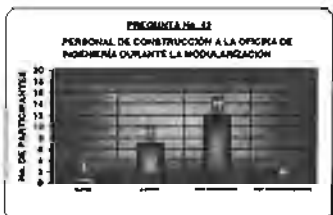
EL PERSONAL ENTREVISTADO OPINA QUE LA REVISIÓN PERIÓDICA DE LOS DOCUMENTOS DE INGENIERÍA ES UNA ACTIVIDAD DE POCO O poca importancia ya apartir de ellos dependera el disminuir retrabajos, tiempos adicionales entre otros y que esta actividad se realiza con frecuencia dentro de la empresa.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE LA DETERMINACIÓN DE LOS METODOS DE CONSTRUCCIÓN NO SON ACTIVIDADES PROPIAS DE SU FUNCION PERO DE ALGUNA MANERA INFLUYE DE MANERA IMPORTANTE LA CONSTRUCTABILIDAD EN ESTA ACTIVIDAD.



CON FRECUENCIA SE SOLICITA EL INVOLUCRAMIENTO DEL PERSONAL DE LA CONSTRUCCIÓN A LA OFICINA DE INGENIERÍA JUNCO A VECES RESULTA DIFÍCIL POR LA UBICACIÓN DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA Y PORQUE NO SE HA ESTABLECIDO FORMALMENTE ESTA ACTIVIDAD DENTRO DE LA EMPRESA.



FRECUENTEMENTE SE REALIZA LA ASIGNACIÓN DEL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN A LA OFICINA DE INGENIERÍA SIEMPRE Y CUANDO LO REQUIERA EL PROYECTO AUNQUE EN OCASIONES CABE SEÑALAR QUE RESULTA COMPLICADO POR LA UBICACIÓN DE AMBAS EMPRESAS



ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES YA QUE SE DEDICAN AL DESARROLLO DE INGENIERÍA.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO NO REALIZA ESTA ACTIVIDAD YA-NTA QUE NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE MUY FRECUENTEMENTE LA EMPRESA PROPORCIONA TECNOLOGÍA INNOVADORA PARA ESTAR A LA VANGUARDIA EN EL DESARROLLO DE SUS PROYECTOS Y SER MAS COMPETITIVOS EN SU OFIO.



ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES.



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA QUE CON FRECUENCIA EL UTILIZAR LA CONSTRUCTABILIDAD ES UNA HERRAMIENTA BENEFICA PARA DEFINIR Y TRAZAR DESDE EL DISEÑO LA ACCESIBILIDAD TANTO PARA EL PERSONAL Y COMO PARA EL EQUIPO QUE SE UTILICE.



FRECUENTEMENTE LA CONSTRUCTABILIDAD CONTRIBUYE A DESARROLLAR ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN BIEN DEFINIDAS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO DEFINE QUE MUY FRECUENTEMENTE EL INVOLUCRAR EXPERTOS EN LAS PRIMERAS ETAPAS DEL PROYECTO COMO SON INGENIERÍA CONCEPTUAL, BASICA Y DETALLE CONTRIBUYE ENORMEMENTE EN MINIMIZAR RETRAJOS EN LA ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN.

**RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL PERSONAL QUE LABORA EN UNA EMPRESA QUE DESARROLLA INGENIERÍA.**

**6. SELECCIONE CON QUE FRECUENCIA ESTOS ELEMENTOS OCURREN CUANDO EL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN SE INVOLUCRA TEMPRANAMENTE EN EL PROYECTO**



MUY FRECUENTEMENTE SE MINIMIZAN LOS TRABAJOS DE DISEÑO YA QUE ESTOS SE HACEN CADA VEZ MÁS REALISTAS DEBIDO A QUE SE INVOLUCRAN TEMPRANAMENTE A LOS EXPERTOS PARA EL DESARROLLO



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA, YA QUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES, PERO QUE DE ALGUNA MANERA SUS DISEÑOS CONTRIBUYEN A TENER ACCESIBILIDAD ADECUADA AL SITIO DE TRABAJO



ESTA ACTIVIDAD NO SON PROPIAS DE SUS FUNCIONES



CON FRECUENCIA LA CONSTRUCTIBILIDAD CONTRIBUYE AL DESARROLLO DE PROGRAMAS FACTIBLES



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES YA QUE EL DEPARTAMENTO ENCARGADO LO LLEVA A CABO



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA QUE CON FRECUENCIA EL USO DE LA CONSTRUCTIBILIDAD, AUNQUE UTILIZADA EMPÍRICAMENTE HA CONTRIBUIDO A LA IDENTIFICACIÓN FACIL Y OPORTUNA DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS PARA EL DESARROLLO EXITOSO DEL PROYECTO



CON FRECUENCIA EL USO DE LA CONSTRUCTIBILIDAD AYUDA AL DESARROLLO EFICAZ DE ESTIMADOS Y PRESUPUESTOS YA QUE ESTOS SE REALIZAN CON MAYOR PRECISIÓN.



CON FRECUENCIA HA EXPERIMENTADO EL PERSONAL ENTREVISTADO QUE UTILIZAR LA CONSTRUCTIBILIDAD AUNQUE SEA DE MANERA INFORMAL HA CONTRIBUIDO PARA DESARROLLAR Y HACER USO DE LA ESTANDARIZACIÓN COMO UN BENEFICIO QUE SE REFLEJA EN LA REALIZACIÓN DE LOS DISEÑOS.



FRECUENTEMENTE OCURRE YA QUE LA APORTACIÓN DE CONOCIMIENTO DE EXPERTOS EN CONSTRUCCIÓN CONTRIBUYEN A DESARROLLAR ESPECIFICACIONES BIEN DEFINIDAS



FRECUENTEMENTE OCURRE SI SE INVOLUCRA AL PERSONAL DE LA CONSTRUCCIÓN YA QUE CON SU EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTO CONTRIBUYE A UNA SELECCIÓN ACERTADA DE MODULARIZAR, PRENSAMBLAR O PREFABRICAR Y MÁS SI ESTA SELECCIÓN ES CONTEMPLADA DESDE EL DISEÑO YA QUE GENERA BENEFICIOS EN COSTO, TIEMPO Y CALIDAD

8. SELECCION CON QUE FRECUENCIA HA LOGRADO ESTOS BENEFICIOS AL APLICAR EL CONCEPTO DE CONSTRUCTABILIDAD



CON FRECUENCIA SE HAN OBTENIDO BENEFICIOS EN COSTO DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS CUANDO SE APLICAN LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD



CON FRECUENCIA SE HAN OBTENIDO BENEFICIOS EN LA CALIDAD DE LOS DOCUMENTOS DE INGENIERIA QUE SE GENERAN DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS CUANDO SE APLICAN LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD.



CON FRECUENCIA SE HAN REALIZADO DISEÑOS DE CONSTRUCCION DE PLANTAS INDUSTRIALES ENFOCADAS EN LA SEGURIDAD DE SUS OPERACIONES. ESTO SE LOGRA CUANDO EXPERTOS DE TODAS LAS DISCIPLINAS O AREAS SE INVOLUCRAN DURANTE SU DESARROLLO.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE CON FRECUENCIA EL USO DE LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD SON REFLEJADOS EN LOS PROGRAMAS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE LA EMPRESA CUENTA CON UNA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS QUE SON PROPIAS DE LAS EXPERIENCIAS PERSONALES, AMBIENTE DE TRABAJO Y CRECIMIENTO PROFESIONAL DEL PERSONAL QUE LABORA EN LA EMPRESA PERO QUE NO SE CUENTA CON UNA BASE DE DATOS PARTICIONADA PROPIAMENTE A LA CONSTRUCTABILIDAD YA QUE ESTA NO ESTA FORMALMENTE APLICADA.



DURANTE EL DESARROLLO DE PROYECTOS SE CUENTA CON EQUIPOS DE TRABAJO DE LAS ORGANIZAS INVOLUCRADAS PERO NO SON RECONOCIDOS PROPIAMENTE COMO EQUIPOS DE CONSTRUCTABILIDAD AUNQUE OTRAS MENCIONAN QUE SU IMPORTANCIA EN LOS PROYECTOS ES DE MUCHA IMPORTANCIA.



CON FRECUENCIA LOS BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD EN LOS PROYECTOS GENERAN DISEÑOS QUE PUEDAN SER CONSTRUIBLES, PORQUE ESTAN PENSADO POR EL PERSONAL EXPERTO EN CONSTRUCCION.



AUNQUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES, EL HECHO DE QUE EL PERSONAL DE CONSTRUCCION SE INVOLUCRE CUANDO HAY OPORTUNIDAD EN LOS DISEÑOS QUE SE DESARROLLAN EN LA EMPRESA ES UN BENEFICIO EN CUANTO SE TIENE LA OPORTUNIDAD DE COMPARTIR Y APRENDER DE LOS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS DEL PERSONAL DE CONSTRUCCION.



AUNQUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES DE ALGUNA MANERA INFLUYE PARA CONTAR CON EL PERSONAL CALIFICADO DURANTE LA EJECUCION DE LOS PROYECTOS.



CON FRECUENCIA EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS EXPERTOS DE LAS DIFERENTES DISCIPLINAS DE MANERA TEMPRANA AYUDA A DETERMINAR DE FORMA MAS PRECISA LA SECUENCIA QUE LLEVARAN LOS TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS.



CON FRECUENCIA EL USO DE LA CONSTRUCTABILIDAD AUNQUE LLEVADA DE MANERA INFORMAL REDUCE DE MANERA CONSIDERABLE EL TRABAJO YA QUE SE EVITAN ACTIVIDADES DUPLICADAS ENTRE OTRAS COSAS.



CON FRECUENCIA EL USO DE LA CONSTRUCTABILIDAD AUNQUE LLEVADA DE MANERA INFORMAL REDUCE DE MANERA CONSIDERABLE EXPERIENCIAS LABORALES EN LOS DISEÑOS YA QUE SE EVITAN ACTIVIDADES DUPLICADAS, MUCHOS ERRORES, ETC.

**RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL PERSONAL QUE LABORA EN UNA EMPRESA QUE DESARROLLA INGENIERÍA.**

**4. SELECCIONA CON QUE FRECUENCIA HA LOGRADO ESTOS BENEFICIOS AL APLICAR EL CONCEPTO DE CONSTRUCTABILIDAD**



CON FRECUENCIA EL INVOLUCRAR OPORTUNAMENTE AL CLIENTE A PARTICIPAR CON SUS COMENTARIOS EN LOS PROCESOS CONTRIBUYE A LA REDUCCION DE ORDENES DE CAMBIO YA QUE SE LOGRA UNA DEFINICION MAS ACERTADA DE SUS NECESIDADES.



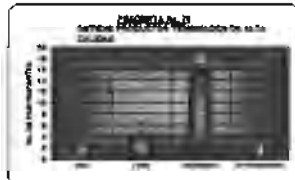
CON FRECUENCIA SE LOGRA UN ALCANCE MAS DEFINIDO Y SE EVITA POSTERIORMENTE LA NECESIDAD DE REALIZAR ORDENES DE CAMBIO YA SEA EN EL ASPECTO ECONÓMICO, TIEMPO O DE ALCANCE PORQUE NO SE COMPRENDO LAS NECESIDADES DEL CLIENTE.



CON FRECUENCIA SE LOGRA LA ENTREGA DEL PROYECTO A SATISFACCION DEL CLIENTE YA QUE LOS DISEÑOS REALIZADOS CUBREN LAS NECESIDADES DEL CLIENTE.



CON FRECUENCIA SE LOGRA LA CONFORMIDAD DEL CONTRATISTA YA QUE CADA UNA DE LAS PARTES CUMPLE ENTUSIASMAMENTE CON LOS DEBERES Y OBLIGACIONES CONTEMPLADAS EN EL CONTRATO.



CON FRECUENCIA EL RESULTADO QUE SE OBTIENE DE APLICAR LOS ESFUERZOS DE CONSTRUCTABILIDAD AUNQUE REALIZADA DE MANERA INFORMAL DENTRO DE LA EMPRESA SE LOGRA PRODUCTOS DE ALTA CALIDAD Y A SATISFACCION DEL CLIENTE Y CON RESULTADOS POSITIVOS A TRAVES DE AUDITORIAS DE CALIDAD REALIZADAS.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES.



CON FRECUENCIA EL INVOLUCRAMIENTO DEL PERSONAL EXPERTO CONTRIBUYE A LA REDUCCION DE PROBLEMAS EN LA CONTRATACION DE SERVICIOS.



CON FRECUENCIA EL INVOLUCRAMIENTO DEL PERSONAL EXPERTO CONTRIBUYE A LA REDUCCION DE PROBLEMAS EN TRABAJOS O SERVICIOS QUE REQUIERAN SER SUBCONTRATADOS.



CON FRECUENCIA DURANTE LA EJECUCION DE LOS PROYECTOS LA DISTRIBUCION DE LOS PROBLEMAS DE ESPECIFICACION POR PARTE DEL DEPARTAMENTO DE PROYECTOS CORRIE YA QUE SE LOGRA DESARROLLAR ESPECIFICACIONES BIEN DEFINIDAS Y LIBRE DE ERRORES.



CON FRECUENCIA DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO DESARROLLE EL DISEÑO BASADO EN EL MATERIAL Y EQUIPO YA QUE SE ENCUENTRAN BIEN DEFINIDAS Y PROGRAMADAS CADA UNA DE LAS ACTIVIDADES QUE SE VAN A REALIZAR, DE ESTA MANERA SE EVITA EL USO DE RECURSOS ADICIONALES NO CONSIDERADOS DENTRO DEL PROGRAMA.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE EL USO DE LA CONSTRUCTABILIDAD INVOLUCRA UTILIZADA DE MANERA INFORMAL CONTRIBUYE AL DESARROLLO DE PROGRAMAS MAS REALISTAS QUE DISMINUYEN RETRASOS DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS COMO PUEDEN SER LA ENTRADA OPORTUNA DE LA INGENIERIA BASICA, DETALLE, PROGRAMA CONSTRUCCION.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE EL USO DE LA CONSTRUCTABILIDAD AUNQUE UTILIZADA DE MANERA INFORMAL CONTRIBUYE AL DESARROLLO DE PROGRAMAS MAS REALISTAS QUE DISMINUYEN RETRASOS DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS COMO PUEDEN SER LA LLEGADA DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES, EQUIPOS PAQUETES, ENTRE OTROS.



ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE LAS FUNCIONES DEL PERSONAL ENTREVISTADO.



LOS PROBLEMAS OCASIONADOS POR CONDICIONES CLIMATICAS NO AFECTA DE MANERA IMPORTANTE EN EL DESARROLLO DE SUS DISEÑOS.



CON FRECUENCIA SE CUMPLEN LAS EXPECTATIVAS DEL CLIENTE Y SE DETERMINA LA SATISFACCION DE LOS SERVICIOS PROPORCIONADOS A TRAVES DE LOS RESULTADOS DE APLICAR CUESTIONARIOS DE EVALUACION ASI COMO LA CONTINUA ASIGNACION DE PROYECTOS.

# RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS POR EL PERSONAL QUE LABORA EN UNA EMPRESA QUE DESARROLLA INGENIERÍA.

## 7. SELECCIONE EL GRADO DE SATISFACCIÓN LOGRADA AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD



EL PERSONAL ENTREVISTADO SE ENCUENTRA SATISFECHO A NIVEL PERSONAL AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD AUNQUE ESTA SE LLEVE A CABO DE MANERA INFORMAL, YA QUE EXISTE MENOS DESGASTE, DISMINUCIÓN DE TIEMPO ADICIONAL PARA TERMINAR LOS TRABAJOS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO ENTRE OTROS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO SE ENCUENTRA SATISFECHO A NIVEL PROFESIONAL POR LOS LOGROS QUE HAN OBTENIDO AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD AUNQUE ESTA SE LLEVE A CABO DE MANERA INFORMAL YA QUE DISMINUYEN LOS RETRABAJOS PORQUE LOS DISEÑOS SON MAS REALISTAS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO SE ENCUENTRA SATISFECHO CON RESPECTO A LAS RELACIONES LABORALES YA QUE HA HA CAMBIADO DE MANERA SATISFACTORIA, DISMINUYENDO MALOS ENTENDIDOS, COMPARTIENDO DE CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS, TRABAJO EN EQUIPO DANDO COMO RESULTADO UN AMBIENTE LABORAL MAS ESTABLE Y AGRADABLE DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO AUNQUE ESTA SE LLEVE A CABO DE MANERA INFORMAL.

## PERSONAL ENTREVISTADO QUE LABORA EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN.

### I. SELECCIONE EL GRADO DE CONOCIMIENTO QUE TENGA ACERCA DE LA CONSTRUCTABILIDAD



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO ESTA FAMILIARIZADO CON LOS OBJETIVOS DE CONSTRUCTABILIDAD.



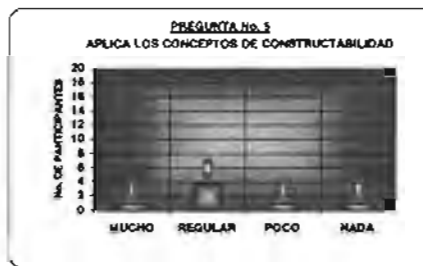
TODO EL PERSONAL ENTREVISTADO ESTA CONCIENTE DE LOS BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN A NIVEL EMPRESA Y PROYECTO AL UTILIZAR LA CONSTRUCTABILIDAD.



TODO EL PERSONAL ENTREVISTADO ESTA FAMILIARIZADO CON LA POLÍTICA DE CONSTRUCTABILIDAD, AUNQUE CABE MENCIONAR QUE EN DIFERENTES GRADOS



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO ESTA FAMILIARIZADO CON ALGUN MÉTODO UTILIZADO PARA APLICAR LA CONSTRUCTABILIDAD AUNQUE ESTOS VARIAN EN BASE A LA DISCIPLINA O DEPARTAMENTO.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO APLICA CUANDO ES REQUERIDO DE ACUERDO AL TRABAJO QUE ESTA REALIZANDO EN ESE MOMENTO LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD.



EL PERSONAL ENTREVISTADO IDENTIFICA ALGUNAS DE LAS BARRERAS QUE IMPIDEN MITAN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CONSTRUCTABILIDAD, DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS HAN IDO IDENTIFICANDO OTRAS BARRERAS APARTE DE LAS QUE YA ESTABAN FAMILIARIZADAS



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO COMENTA QUE GRADUALMENTE HAN IDO APLICANDO LOS CONOCIMIENTOS QUE TIENEN ACERCA DE LA CONSTRUCTABILIDAD PARA COMBATIR LAS BARRERAS QUE SE PRESENTAN



EL PERSONAL ENTREVISTADO POCO A POCO HAN IDO FAMILIARIZANDO CON LOS PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCTABILIDAD



**PERSONAL ENTREVISTADO QUE LABORA EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN.**

**2. SELECCIONE LA FRECUENCIA CON QUE OCURRE ESTOS ELEMENTOS PARA IMPLEMENTAR LA CONSTRUCTABILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA.**



4 VECES SE DIFUNDEN LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD CUANDO HAY OPORTUNIDAD DE HACERLO YA QUE PARA ELLO SE REALIZAN PLATICAS FORMALES Y SE DA ACCESO A LA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS COMO UNA HERRAMIENTA DE TRABAJO



SE REALIZAN REUNIONES AL INICIO DE CADA PROYECTO COMO CADA UNO DE LOS INTERESANTES APORTA SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS, PERO NO ESTA IDENTIFICADA COMO "REUNIONES DE CONSTRUCTABILIDAD" YA QUE SE ENCUENTRA INTEGRADA COMO UNA ACTIVIDAD MAS EN EL PROYECTO



SE REALIZAN REUNIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE CADA PROYECTO EN LAS CUALES SE MONITOREAN ASPECTOS COMO EL COSTO, PROGRAMAS Y CALIDAD ENTRE OTROS, PERO NO ESTA IDENTIFICADO PROPIAMENTE COMO "REUNIONES DE CONSTRUCTABILIDAD" YA QUE ESTA INTEGRADA COMO UNA ACTIVIDAD MAS EN EL PROYECTO



SI SE REALIZAN REUNIONES AL CIERRE DE CADA PROYECTO EN LAS CUALES SE ANALIZA EN QUE CONDICIONES SE TERMINO EL PROYECTO, CUALES FUERON LAS FALLAS Y LOS ACERTOS COMENTADOS QUE SE APRENDIO DE ESTOS, ALIQUO NO ESTAN RECONOCIDAS PROPIAMENTE COMO "REUNIONES DE CONSTRUCTABILIDAD"



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO TIENE LA OPORTUNIDAD DE FORMAR O INTEGRARSE AL EQUIPO DE CONSTRUCTIBILIDAD DEBIDO A QUE CUENTA CON LA EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTOS REQUERIDOS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO NO SIEMPRE TIENE LA OPORTUNIDAD DE IDENTIFICAR AL RESPONSABLE, ES NECESARIO QUE SE DE A CONOCER ANTES Y DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO



EL PERSONAL ENTREVISTADO COMENTA QUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES, PERO QUE CUANDO EL CLIENTE LO SOLICITA A TRAVES DE ALGUNA CLAUSULA DEL CONTRATO ESTA ES INCLUIDA.



SE CUENTA CON UNA LEYTA CON BASE A ESTADIOS REALIZADOS DE CONSTRUCTABILIDAD DE LOS SERVICIOS QUE SE REALIZAN Y QUE PUEDAN SER SUBCONTRATADOS DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO



SE CUENTA CON UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTOS QUE PERMITE VALORAR LOS ASPECTOS PROFESIONALES Y LABORALES DEL PERSONAL QUE PARTICIPA EN LOS PROYECTOS.



CON FRECUENCIA SE APLICA EN FORMA SISTEMATICA LA CONSTRUCTABILIDAD Y SE HACE USO DE LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS.



CON FRECUENCIA SE UTILIZAN LAS MATRICES DE APLICACION COMO HERRAMIENTA DE APOYO

2. SELECCIONA COMO EVALÚA LOS ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE LA CONSTRUCTABILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA LA BASE DE DATOS EXCELENTE Y ADECUADA PARA REGISTRAR CADA UNA DE LAS EXPERIENCIAS Y LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA EXCELENTE, ADECUADA Y OPORTUNA LA COMUNICACIÓN QUE SE ESTABLECE ENTRE LAS DIFERENTES DISCIPLINAS QUE PARTICIPAN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA EXCELENTE, ADECUADA Y OPORTUNA LA COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN EN CADA ETAPA, YA QUE POCO A POCO HA DISMINUIDO LA SEPARACIÓN QUE EXISTÍA.



LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA QUE EXISTE UNA BUENA COMUNICACIÓN E INTEGRACIÓN CON EL CLIENTE DE ESTA MANERA PERMITE TENER UNA VISIÓN MÁS ENFOCADA DE SUS NECESIDADES



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA ADECUADA LA COMUNICACIÓN CON LOS PROVEEDORES, YA QUE LA INTEGRACIÓN OPORTUNA CONTRIBUYE EN LA ELABORACIÓN DE LAS PROPUESTAS AL INICIO Y DURANTE EL PROYECTO PARA QUE APORTEN SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS.



SE CONSIDERA POCO ADECUADA LA EXISTENCIA DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO YA QUE ES REFERENTE AL DESEMPEÑO LABORAL DEL TRABAJADOR Y NO COMO APORTACIÓN DE IDEAS DE CONSTRUCTIBILIDAD



EL TRABAJO QUE REALIZAN LOS EQUIPOS DE TRABAJO EN LOS PROYECTOS SE CONSIDERA EXCELENTE YA QUE PERMITEN LA PARTICIPACIÓN E INTEGRACIÓN DE CADA UNO DE LOS PARTICIPANTES EN EL PROYECTO Y AL MISMO TIEMPO SE COMPARTEN LOS CONOCIMIENTOS Y LA EXPERIENCIA EN TODOS LOS NIVELES



SE CONSIDERA QUE LOS EQUIPOS DE CONSTRUCTIBILIDAD CUENTAN CON UNA BUENA HABILIDAD PARA ODIAFICAR TODOS LOS ASPECTOS RELEVANTES QUE SURGEN EN EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS



LA CAPACIDAD QUE SE TIENE PARA EVALUAR OBJETIVAMENTE EL DISEÑO DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO SE CONSIDERA EXCELENTE YA QUE ESTA PERFECTAMENTE DESARROLLADA



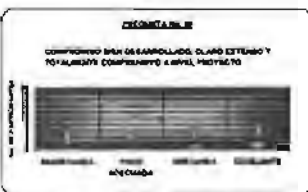
LA CAPACIDAD CON QUE CUENTA EL EQUIPO QUE PARTICIPA DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO SE CONSIDERA EXCELENTE PARA EVALUAR DE MANERA OBJETIVA CADA UNA DE LAS ACTIVIDADES QUE SE EJECUTAN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN



SE CONSIDERA QUE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL TANTO DE LA EMPRESA, COMO LA QUE SE FORMA DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS ES EXCELENTE, YA QUE CUBRE LAS NECESIDADES QUE SE PRESENTAN



EL COMPROMISO CONTRIBUYE PARA LA CONSTRUCTIBILIDAD SE CONSIDERA EXCELENTE YA QUE ESTA BIEN DESARROLLADO CLARO Y TOTALMENTE COMPRESIVO



EL COMPROMISO QUE SE TIENE A NIVEL PROYECTO SE CONSIDERA EXCELENTE YA QUE ESTA PERFECTAMENTE DESARROLLADO Y COMPRESIVO

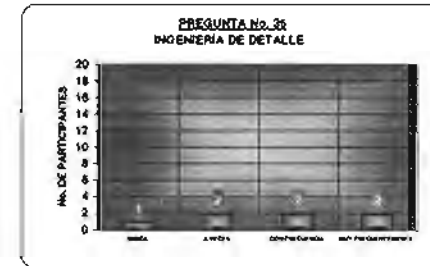
**4. SELECCIONE CON QUE FRECUENCIA EN LAS ETAPAS DEL PROYECTO APLICA EL CONCEPTO DE CONSTRUCTABILIDAD**



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA QUE A VECES APLICAN LA CONSTRUCTABILIDAD EN LA INGENIERIA CONCEPTUAL YA QUE DEPENDE DE LA FRECUENCIA Y LAS NECESIDADES QUE SE REQUIERAN PARA ESTA ACTIVIDAD.



EL PERSONAL ENTREVISTADO COMENTA QUE CON FRECUENCIA APLICA LA CONSTRUCTABILIDAD EN LA INGENIERIA BÁSICA, YA QUE DEPENDE DE LAS NECESIDADES QUE SE REQUIERAN Y EL TIEMPO EN QUE PARTICIPA EN ESA ACTIVIDAD.



EL PERSONAL ENTREVISTADO APLICA LA CONSTRUCTABILIDAD EN EL DESARROLLO DE LA INGENIERIA DE DETALLE, YA QUE ESTA SE CONSIDERA DE GRAN UTILIDAD PARA EL PROYECTO



EL PERSONAL ENTREVISTADO APLICA LA CONSTRUCTABILIDAD EN LA PROCURA, TANTO DE EQUIPOS COMO DE MATERIALES YA QUE LA PARTICIPACIÓN DE LOS PROVEEDORES ES ENRIQUECEDORA PARA EL PROYECTO



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA QUE MUY FRECUENTEMENTE APLICA LA CONSTRUCTABILIDAD EN LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN, LOGRANDO CON ESTO RESULTADOS OPTIMOS



EL PERSONAL ENTREVISTADO MUY FRECUENTEMENTE APLICA LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD DURANTE EL ARRANQUE DE PLANTA YA QUE ES UNA HERRAMIENTA QUE PERMITE LA OPTIMIZACIÓN DE ESTA ETAPA.

6. SELECCIONE CON QUE FRECUENCIA ESTOS ELEMENTOS OCURREN CUANDO EL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN SE INVOLUCRA TEMPRANAMENTE EN EL PROYECTO



EL PERSONAL ENTREVISTADO COMENTA QUE A VECES IDENTIFICA LOS OBJETIVOS Y LAS METAS DEL PROYECTO RELACIONADAS CON LA CONSTRUCTABILIDAD, COMENTAN TAMBIEN QUE ES UN PUNTO IMPORTANTE QUE HAY QUE REFORZAR



PERIODICAMENTE SE REVISAN LOS DOCUMENTOS DE INGENIERIA QUE SE GENERAN DURANTE LA FASE DE DISEÑO, CABE MENCIONAR QUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES



EL PERSONAL ENTREVISTADO COMENTA QUE LA CONSTRUCTABILIDAD PERMITE UNA DETERMINACION EFICIENTE DE LOS METODOS DE CONSTRUCCION INNOVADORES, PERO QUE ESTA ACTIVIDAD NO FORMA PARTE DE SUS FUNCIONES.



A VECES CUANDO LAS NECESIDADES DEL PROYECTO LO PERMITEN SE ASIGNA AL PERSONAL DE LA CONSTRUCCION A LA OFICINA DE INGENIERIA DURANTE EL DESARROLLO DEL DISEÑO



CON FRECUENCIA EL PERSONAL DE CONSTRUCCION ES ASIGNADO A LA OFICINA DE INGENIERIA PARA APORTAR SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS DURANTE LA MODULARIZACION



MUY FRECUENTEMENTE APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD CONTRIBUYEN A DETERMINAR OPORTUNAMENTE EL USO DE EQUIPOS DE EJEC, QUE ES UNO DE LOS FACTORES IMPORTANTES QUE PUEDEN IMPACTAR EN EL PROYECTO



MUY FRECUENTEMENTE EL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD PERMITE ESTABLECER DE MANERA CLARA Y OPORTUNA LAS AREAS DE COLOCACION DE MATERIALES Y EQUIPOS.



MUY FRECUENTEMENTE EL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD DENTRO DE LA EMPRESA PERMITE LA INVESTIGACION Y LA UTILIZACION DE TECNOLOGIAS AVANZADAS ASI COMO DE HERRAMIENTAS INNOVADORAS



MUY FRECUENTEMENTE SE DETERMINA CON OPORTUNIDAD EL NUMERO DE SOLDADURAS REQUERIDAS EN CAMPO



MUY FRECUENTEMENTE APLICANDO LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD SE LOGRA DETERMINAR OPORTUNAMENTE LA ACCESIBILIDAD ADECUADA AL SITIO DE TRABAJO



MUY FRECUENTEMENTE LA CONSTRUCTABILIDAD CONTRIBUYE A DESARROLLAR ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION BIEN DEFINIDAS



EL PERSONAL ENTREVISTADO DEFINE QUE CON FRECUENCIA EL INVOLUCRAR EXPERTOS EN LAS PRIMERAS ETAPAS DEL PROYECTO COMO SON INGENIERIA CONCEPTUAL, BASICA Y DETALLE CONTRIBUYE EFICIENTEMENTE EN MINIMIZAR RETRabajos EN LA ETAPA DE LA CONSTRUCCION

**PERSONAL ENTREVISTADO QUE LABORA EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN.**

**3. SELECCIONE CON QUE FRECUENCIA ESTOS ELEMENTOS OCURREN CUANDO EL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN SE INVOLUCRA TEMPRANAMENTE EN EL PROYECTO**



CON FRECUENCIA SE MINIMIZAN LOS RETRABAJOS EN EL DISEÑO YA QUE ESTOS SE HACEN CADA VEZ MAS REALISTAS GRACIAS A QUE SE INVOLUCRAN TEMPRANAMENTE A LOS EXPERTOS PARA EL DESARROLLO DE LOS DISEÑOS



CON FRECUENCIA EL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD PERMITE A TRAVÉS DE SUS DISEÑOS MINIMIZAR CONGESTIONES EN EL SITIO DE TRABAJO QUE DURANTE LA CONSTRUCCIÓN ESTO SE REFLEJARIA EN UN SOBRE COSTO



CON FRECUENCIA SE REDUCEN LAS DISPUTAS ENTRE LA MANO DE OBRA, ASI COMO TAMBIEN LAS INCONFORMIDADES Y LO MALOS ENTENDIDOS.



MUY FRECUENTEMENTE LA CONSTRUCTABILIDAD CONTRIBUYE AL DESARROLLO DE PROGRAMAS FACILES



CON FRECUENCIA LA CONSTRUCTABILIDAD PERMITE DETERMINAR DE MANERA SEGURA LAS SUPUESTOS DE PRODUCTIVIDAD



CON FRECUENCIA LA APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD CONTRIBUYEN A LA SELECCION DEL SITIO DE PROYECTO.



EL PERSONAL ENTREVISTADO CONSIDERA QUE MUY FRECUENTEMENTE EL USO DE LA CONSTRUCTABILIDAD HA CONTRIBUIDO A LA IDENTIFICACION FACIL Y OPORTUNA DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS PARA EL DESARROLLO EXGOSTO DEL PROYECTO



MUY FRECUENTEMENTE EL USO DE LA CONSTRUCTABILIDAD AYUDA AL DESARROLLO FACIL DE ESTIMADOS Y PRESUPUESTOS YA QUE ESTOS SE REALIZAN CON MAYOR PRECISION



CON FRECUENCIA HAN EXPERIMENTADO EL PERSONAL ENTREVISTADO QUE UTILIZAR LA CONSTRUCTABILIDAD HA CONTRIBUIDO PARA DESARROLLAR Y HACER USO DE LA ESTANDARIZACION COMO UN BENEFICIO QUE SE REFLEJA EN LA REALIZACION DE LOS DISEÑOS



MUY FRECUENTEMENTE OCURRE YA QUE LA APORTACION DE CONOCIMIENTOS DE EXPERTOS EN CONSTRUCCION CONTRIBUYEN A DESARROLLAR ESPECIFICACIONES BEN DEFINIDAS



CON FRECUENCIA OCURRE QUE SI SE INVOLUCRA AL PERSONAL DE LA CONSTRUCCION YA QUE CON SU EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTO CONTRIBUYE A UNA SELECCION ACERTADA DE MODULARIZAR, PREFABRICAR O PREFABRICAR Y MAS SI ESTA SELECCION ES CONTEMPLADA DESDE EL DISEÑO YA QUE GENERA BENEFICIOS EN COSTO TIEMPO Y CALIDAD

**PERSONAL ENTREVISTADO QUE LABORA EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN.**

**5. SELECCIONA CON QUE FRECUENCIA HA LOGRADO ÉSTOS BENEFICIOS AL APLICAR EL CONCEPTO DE CONSTRUCTABILIDAD**



CON FRECUENCIA SE HAN OBTENIDO BENEFICIOS EN COSTO DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS CUANDO SE APLICAN LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD



CON FRECUENCIA SE HAN OBTENIDO BENEFICIOS EN LA CALIDAD DE LOS DOCUMENTOS DE INGENIERÍA QUE SE GENERAN DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS CUANDO SE APLICAN LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD.



CON FRECUENCIA SE HAN REALIZADO DISEÑOS DE CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES ENFOCADAS EN LA SEGURIDAD DE SUS OPERACIONES. ESTO SE LOGRA CUANDO EXPERTOS DE TODAS LAS DISCIPLINAS O ÁREAS SE INVOLUCRAN DURANTE SU DESARROLLO.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE CON FRECUENCIA EL USO DE LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD SON REFLEJADOS EN LOS PROGRAMAS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO MENCIONA QUE CON FRECUENCIA SE UTILIZA Y ESTA DISPONIBLE A TODO EL PERSONAL LA BASE DE DATOS DE LECCIONES APRENDIDAS.



DURANTE EL DESARROLLO DE PROYECTO CON FRECUENCIA SE CUENTA CON EQUIPOS DE TRABAJO DE EXPERTOS EN LAS DIFERENTES DISCIPLINAS YA QUE ÉSTOS APORTAN SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS ADQUIRIDAS



MUY FRECUENTEMENTE LOS BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD EN LOS PROYECTOS GENERAN DISEÑOS QUE PUEDEN SER CONSTRUIBLES, PORQUE ESTAN PENSADO POR EL PERSONAL EXPERTO EN CONSTRUCCIÓN



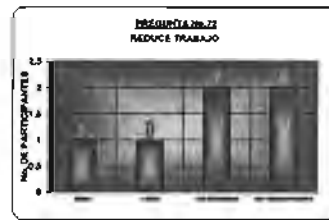
MUY FRECUENTEMENTE EL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD CONTRIBUYE A ADQUIRIR Y AL MISMO TIEMPO COMPARTIR LOS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS A TODOS LOS NIVELES DE LA ORGANIZACIÓN



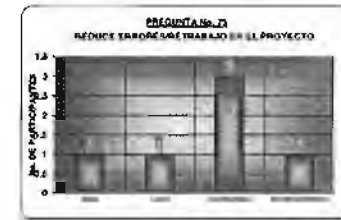
MUY FRECUENTEMENTE EL CONCEPTO DE CONSTRUCTABILIDAD APLICADO A LOS PROYECTOS PERMITE DETERMINAR LA DISPOSICIÓN DEL PERSONAL CALIFICADO CON QUE SE CUENTA ASI COMO LA UBICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE SUS ACTIVIDADES



MUY FRECUENTEMENTE EL INVOLUCRAR LOS EXPERTOS DE LAS DIFERENTES DISCIPLINAS DE MANERA TEMPRANA AYUDA A DETERMINAR DE FORMA MÁS PRECISA LA SECUENCIA QUE LLEVARAN LOS TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS



MUY FRECUENTEMENTE EL USO DE LA CONSTRUCTABILIDAD CONTRIBUYE A LA REDUCCIÓN CONSIDERABLE DEL TRABAJO YA QUE SE EVITAN ACTIVIDADES DUPLICADAS ENTRE OTRAS COSAS.



CON FRECUENCIA EL USO DE LA CONSTRUCTABILIDAD CONTRIBUYE A LA REDUCCIÓN CONSIDERABLE DE ERRORES EN TRABAJOS EN LOS DISEÑOS YA QUE SE EVITAN ACTIVIDADES DUPLICADAS, MALOS ENTENDIDOS, ETC.

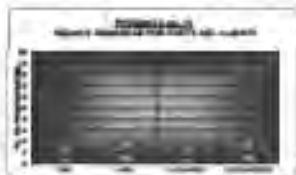
3. DILACIONES CON QUE FRECUENCIA HA LOGRADO ESTOS RESULTADOS AL USAR EL CONCEPTO DE SIMETRICALIDAD



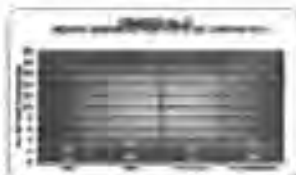
CON FRECUENCIA 1 HA LOGRADO OBTENERME A CUESTA Y PARTICIPAR CON MIS CONOCIMIENTOS EN LOS PROCESOS CONTINUOS A LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



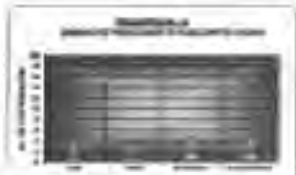
CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



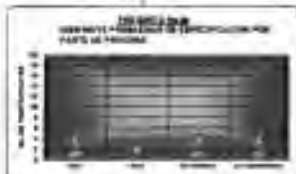
LA MAYOR PARTE DEL PERSONAL ENTREVISTADO LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



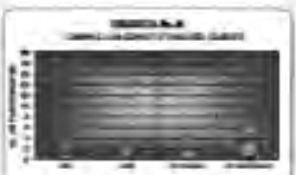
CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



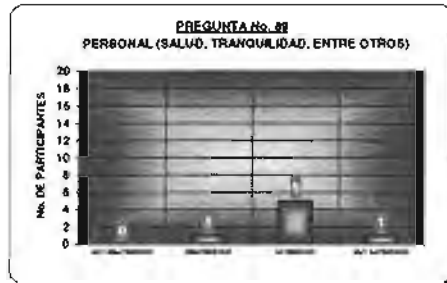
CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.



CON FRECUENCIA 1 SE LOGRO UN RESULTADO MAS RÁPIDO Y SE PUEDE PARTICIPAR EN LA REDUCCION DE COSTOS DE CABLE YA QUE SI LOGRO UNA REDUCCION MAS RÁPIDA DE 5-6 MESES.

# PERSONAL ENTREVISTADO QUE LABORA EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN.

## 7. SELECCIONE EL GRADO DE SATISFACCIÓN LOGRADA AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD



EL PERSONAL ENTREVISTADO SE ENCUENTRA SATISFECHO A NIVEL PERSONAL AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD YA QUE EXISTE MENOS DESGASTE, DISMINUCIÓN DE TIEMPO ADICIONAL PARA TERMINAR LOS TRABAJOS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO ENTRE OTROS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO SE ENCUENTRA SATISFECHO A NIVEL PROFESIONAL POR LOS LOGROS QUE HA OBTENIDO AL APLICAR LOS CONCEPTOS DE CONSTRUCTABILIDAD YA QUE DISMINUYEN LOS RETRAJOS PORQUE LOS DISEÑOS SON MAS REALISTAS.



EL PERSONAL ENTREVISTADO SE ENCUENTRA SATISFECHO CON RESPECTO A LAS RELACIONES LABORALES YA QUE HA CAMBIADO DE MANERA SATISFACTORIA DISMINUYENDO MALOS ENTENDIDOS, COMPARTIENDO CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS, TRABAJÓ EN EQUIPO DANDO COMO RESULTADO UN AMBIENTE LABORAL MAS ESTABLE Y AGRADABLE DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO