

Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

# Organización, Planificación y Optimización de Paradas de Planta para Mantenimiento Programado. Ejemplo Práctico.

Titulación: Ingeniería en Organización Industrial.  
Alumno: Luis Ángel Angosto Olmos  
Directora: Ana Nieto Morote

Cartagena, 9 de Noviembre de 2011



## ÍNDICE.

1. CONOCIMIENTOS GENERALES.....	6
1.1. Introducción.....	6
1.2. Razones habituales para realizar una parada.....	6
1.3. Ventajas e inconvenientes de realizar una parada.....	7
1.4. Ejemplos típicos de paradas programadas. ....	8
1.4.1. Paradas en centrales eléctricas.....	8
1.4.1.1. Plantas con motores térmicos de combustión interna. ....	8
1.4.1.2. Paradas organizadas en plantas eléctricas con turbinas de vapor. ....	8
1.4.2. Paradas en refinerías e industria petroquímica .....	9
1.4.3. Paradas en la industria automovilística.....	9
1.5. Optimización de paradas. ....	9
1.5.1. Preparación del trabajo. ....	10
1.5.2. Gestión del camino crítico. ....	10
1.6. Parámetros de gestión en una parada.....	10
1.7. Importancia del mantenimiento legal .....	12
2. METODOLOGÍA DE DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS DE PARADAS DE PLANTA DE PROCESO.....	14
2.1. Introducción.....	14
2.2. Project Management. ....	14
2.3. Control del riesgo.....	15
2.4. Metodología. ....	16
2.5. Worklist. ....	18
2.6. Estructura de descomposición del proyecto (EDP).....	18
2.7. Seguimiento de la ejecución. ....	19
2.8. Control de costes y presupuesto de la parada.....	19
2.9. Post-parada.....	19
2.10. Medidas del funcionamiento. ....	20
3. DESARROLLO DE LA PLANIFICACIÓN.....	21



<i>3.1. Herramientas de Planificación</i> .....	21
<i>3.1.1. Introducción</i> .....	21
<i>3.1.2. Estructura de Descomposición del Proyecto (EDP)</i> .....	21
3.1.2.1. El enlace entre tareas. ....	23
3.1.2.2. Relaciones entre las actividades. ....	24
3.1.2.3. Reglas para construir una red de precedencia .....	24
<i>3.1.3. Worklist</i> .....	24
<i>3.2. Técnicas de planificación</i> .....	26
3.2.1. Planificación y camino crítico.....	26
3.2.2. Razones de los retrasos .....	27
3.2.3. La Clave: El camino crítico.....	27
3.2.4. La preparación del trabajo. ....	28
<i>3.3. Gestión de Riesgos</i> .....	29
3.3.1. Introducción. ....	29
3.3.2. Etapas de la gestión de riesgos.....	29
3.3.3. Identificación de riesgos. ....	30
3.3.4. Cuantificación del riesgo. ....	31
3.3.5. Tolerancia al riesgo. ....	31
<i>3.4. Estrategia de Respuesta al Riesgo</i> .....	32
<i>3.5. Control de Riesgo</i> .....	33
<b>4. CLÁVES DE ÉXITO</b> .....	34
<i>4.1. Problemas habituales en la realización de paradas</i> .....	34
<i>4.2. Lista de materiales</i> .....	34
4.2.1. Lista de materiales generales por equipos.....	34
4.2.2. Manejo efectivo de materiales y herramientas.....	35



4.3. Seguridad, Higiene y Medioambiente.....	36
4.4. Procedimientos de Trabajo.....	37
4.5. Organigrama.....	38
4.5.1. Figuras principales de una parada.....	38
4.5.2. Organigrama del Cliente.....	38
4.5.2.1. Organigrama departamento de producción.....	39
4.5.2.2. Organigrama departamento de mantenimiento y planificación.....	40
5. APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA PLANIFICACIÓN DE UNA PARADA.....	42
5.1. Descripción de la unidad de proceso.....	42
5.1.1. Bases de diseño.....	42
5.1.2. Diagrama de bloques.....	42
5.1.3. Diagrama de equipos.....	44
5.2. Especificaciones Técnicas de los equipos.....	44
5.3. Estructura de Descomposición del Proyecto.....	47
5.3.1. Torres de Destilación o Extracción.....	48
5.3.2. Depósitos acumuladores.....	49
5.3.3. Intercambiadores de Calor.....	49
5.3.4. Aerorefrigerantes.....	50
5.3.5. Hornos.....	50
5.3.6. Subestaciones Eléctricas, Automáticas de Control e Instrumentación.....	51
6. PREPARACIÓN DE LA WORKLIST.....	53
6.1. Descripción de las tareas básicas a realizar según los equipos.....	53
6.1.1. Torres.....	53
6.1.2. Depósitos.....	54
6.1.3. Aéreos.....	56
6.1.4. Intercambiadores.....	57
6.1.5. Hornos.....	59
6.1.6. Instrumentación.....	63



6.2. Trabajos a realizar según solicitudes realizadas.....	63
7. PREPARACIÓN DE PLIEGOS DE CONDICIONES.....	65
7.1. Generalidades.....	65
7.2. Pliego de condiciones generales.....	65
Objeto.....	65
Documentos contractuales.....	65
Descripción de los trabajos.....	66
Plazo de ejecución.....	66
Condiciones técnicas.....	66
Programación y organización de los trabajos.....	70
Obligaciones del contratista.....	72
Obligaciones de la Propiedad.....	74
7.3. Pliego de condiciones para colectores de agua de refrigeración.....	75
Objeto.....	75
Documentos contractuales.....	75
Descripción de los trabajos.....	76
Vigencia del contrato.....	76
Condiciones técnicas.....	76
Limpieza química.....	77
8. PROGRAMACIÓN.....	79
8.1. Programación general.....	79
8.2. Programación de la parada de mantenimiento.....	82
8.2.1. Programación por especialidades.....	82
8.2.2. Programación Completa.....	82
9. CAMINO CRÍTICO.....	111
9.1. Caminos críticos.....	111
9.1.1. Simulación 1.....	111
9.1.2. Simulación 2.....	112



9.1.3. Simulación 3.....	112
9.1.4. Simulación 4.....	112
9.1.5. Simulación 5.....	113
9.2. <i>Determinación de jornadas de trabajo</i> .....	117
10. <i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	118



## 1. CONOCIMIENTOS GENERALES.

### 1.1. *Introducción.*

Las grandes revisiones o paradas son un caso especial de mantenimiento sistemático. En general, se llevan a cabo en instalaciones que por razones de seguridad o de producción deben funcionar de forma fiable durante largos periodos de tiempo.

Refinerías, industrias petroquímicas o centrales eléctricas son ejemplos de instalaciones que se someten de forma periódica a paradas para realizar revisiones en profundidad de las instalaciones y equipos clave. Algunas empresas aprovechan determinados periodos de baja actividad, como las vacaciones estivales o los periodos entre campañas, para revisar sus equipos y disminuir así la probabilidad de fallo en los momentos de alta demanda de la instalación. La industria de automoción, o la industria de procesamiento de productos agrícolas son claros ejemplos de este último caso.

Estas revisiones suponen un aumento puntual de la necesidad de personal y medios técnicos, aspecto donde las empresas, tienen dificultad en general para hacerles frente empleando sus propios recursos. Se recurre en la mayoría de los casos a empresas externas especializadas, que pueden suministrar personal especializado en cantidad suficiente, junto con los medios y herramientas específicas para la realización de estos trabajos.

Coordinar una parada requiere de un nivel organizativo muy importante, representando un momento crítico en la vida de la instalación, ya que muchos de los equipos importantes son abiertos, desmontados, revisados, vueltos a montar y puestos en marcha. Obviamente, el rendimiento futuro de la instalación dependerá de la calidad de los trabajos efectuados.

El coste, la duración y la eficacia en la realización del trabajo son trascendentales. Una mala coordinación de las actividades puede traer consecuencias nefastas en cualquiera de los tres aspectos.

### 1.2. *Razones habituales para realizar una parada.*

La realización de mantenimientos preventivos sistemáticos no es la única razón por la que se realizan las paradas programadas de mantenimiento, estas pueden estar motivadas por alguna de estas cuatro causas:

- Realización de Mantenimiento Correctivo Programado.
- Realización de Inspecciones o Pruebas, para comprobar que los equipos más importantes de la instalación se encuentran en buen estado, son las denominadas paradas de corta duración.
- Realización de Grandes Revisiones Programadas, que se realizan por horas de funcionamiento, por periodos de tiempo prefijados, por unidad producida, etc.
- Implementación de mejoras.



Mientras que para el primer caso, es la corrección de un fallo lo que motiva la realización de la parada programada, que aunque tratándose de fallos de diversa severidad, no necesitan de una intervención inmediata, sino que puede posponerse hasta encontrar un momento idóneo. Normalmente, estos fallos suelen afectar a equipos o instalaciones que no están duplicados, y que sacarlos de servicio supone cesar la actividad productiva de esa planta. En algunos casos, es necesario para poder seguir en marcha una vez detectado el fallo, adoptar medidas provisionales que se mantendrán hasta que el fallo sea totalmente subsanado.

En el segundo caso, se trata de inspecciones programadas o pruebas de funcionamiento, no siendo necesario hacer grandes desmontajes, sino que más bien el objetivo es determinar el estado de un sistema o de una parte de la instalación realizando algunas comprobaciones para las que se requiere parar la planta. Estas paradas suelen ser cortas: el tiempo necesario para que la temperatura y la presión de la zona a la que se quiera acceder sea la adecuada, el tiempo de realización de la inspección, que suele ser breve, y el tiempo para el restablecimiento del sistema.

En el tercer caso, periódicamente es necesario sustituir algunos de los elementos internos sometidos a desgaste que necesitan de la realización de grandes trabajos, y la revisión de otros muchos puntos. Tras la realización de estos trabajos, los equipos principales pueden estar en disposición de producir durante otro largo periodo de tiempo.

Por último, los avances tecnológicos acarrearán el desarrollo de mejoras en partes de la instalación, que suponen un aumento de la capacidad productiva, la solución a un problema técnico que estaba causando una disminución de la disponibilidad y de la fiabilidad, o un aumento del rendimiento. La implementación de estas mejoras puede suponer el desmontaje de buena parte de la instalación, para sustituirla por los elementos mejorados.

En cualquiera de los cuatro casos, es muy habitual aprovechar para realizar trabajos correctivos, pequeñas mejoras, inspecciones menores, etc., que si se hacen coincidir con paradas por otros motivos ahorran días de indisponibilidad.

Por ello, no puede decirse que existen cuatro tipos de paradas, sino que más bien, en todas ellas se realizan trabajos de todo tipo, pero uno de ellos es la causa principal de la parada.

### ***1.3. Ventajas e inconvenientes de realizar una parada.***

La ventaja de la realización de paradas programadas es evidente: *el aumento indiscutible de la disponibilidad de la Planta.*

Establecer valores de disponibilidad de planta por encima del 90% sólo es posible en instalaciones industriales sometidas a severas revisiones programadas realizadas de forma sistemática.

Los inconvenientes de la realización de estas paradas son importantes y de diversa naturaleza:

- En poco tiempo se intenta realizar muchas intervenciones
- Se cuenta con mucho personal no habitual en la planta, que no está preparado técnicamente para estas intervenciones.
- Bajos rendimientos del personal, al ser no habitual en planta.



- La posibilidad de accidentes aumenta.
- Elevado coste.

## ***1.4. Ejemplos típicos de paradas programadas.***

### **1.4.1. Paradas en centrales eléctricas**

Las centrales eléctricas organizan paradas periódicas para hacer revisiones en los equipos principales de la central, motores térmicos y calderas. Pueden diferenciarse dos casos: la existencia de un motor térmico de combustión interna o la combustión externa en una caldera.

#### **1.4.1.1. Plantas con motores térmicos de combustión interna.**

Son aquellas plantas que cuentan con turbinas de gas o motores alternativos. En estos casos es el motor térmico el que marca el momento en el que se ejecuta la parada, y la revisión del resto de los equipos que componen la central se supedita a la realización de la revisión en el motor térmico.

Para estas plantas se organizan varios tipos de paradas, en función del alcance de los trabajos que es necesario realizar:

- Paradas cortas, 2-4 días de duración. Se inspecciona el motor térmico y se le realizan determinadas pruebas.
- Paradas intermedias, 4-7 días de duración. Se realizan algunos desmontajes y sustitución de piezas.
- Paradas de gran duración. Donde el motor térmico se revisa completamente, sustituyendo todos los elementos de desgaste de su interior y realizando todas las pruebas necesarias para garantizar que el motor térmico tenga unas características similares a las que presentaba cuando era nuevo.

Estas plantas suelen organizar con mucho rigor sus revisiones y respetan al máximo las periodicidades que marcan los fabricantes de los equipos principales. La disponibilidad en este tipo de industrias es notablemente superior que en cualquier otra (superior al 90% en todos los casos en los que no están presentes problemas de diseño).

#### **1.4.1.2. Paradas organizadas en plantas eléctricas con turbinas de vapor.**

La periodicidad de las grandes revisiones viene establecida por la caldera, no por la turbina de vapor, ya que esta es un equipo robusto, sencillo, bien conocido y normalmente sobredimensionado, de forma que si las condiciones externas (vapor, refrigeración, etc.) son las adecuadas, y se opera de una forma razonable, tiene una vida útil larga y sin incidencias.

Las condiciones de utilización de la caldera son mucho más exigentes, y es el elemento sometido a un mayor desgaste en una central eléctrica de ciclo Rankine (formadas por caldera y turbina). Por tanto, son las revisiones de la caldera las que marcan los momentos en que hay



que realizar la gran revisión, aprovechando la circunstancia para revisar tanto la turbina como todos los elementos auxiliares.

#### **1.4.2. Paradas en refinerías e industria petroquímica**

Las refinerías, y las industrias químicas y petroquímicas suelen ser plantas de proceso continuo donde las paradas no programadas tienen un gran impacto económico. Por lo que es aconsejable, realizar paradas programadas que eviten averías y problemas de seguridad inesperados.

Los equipos que marcan la necesidad de realización de una parada son los intercambiadores de calor de todo tipo (para limpiar su superficie y mejorar el intercambio de calor), las columnas de destilación (que sufren degradación en su interior), los reactores (por las condiciones agresivas en las que trabajan algunos de ellos), y los depósitos. Se aprovecha la parada para revisar todos los equipos auxiliares, las tuberías y para realizar todo tipo de inspecciones reglamentarias.

#### **1.4.3. Paradas en la industria automovilística.**

La industria automovilística suele reducir o paralizar su actividad al menos una vez al año, generalmente coincidiendo con los periodos vacacionales. Permitiendo de esta forma adaptarse mejor a las condiciones del mercado, así como organizar con facilidad las vacaciones de su personal sin que ello afecte a la producción.

Por tanto, en esta industria no es tanto la necesidad técnica de realizar una revisión, sino la facilidad que otorga disponer de las instalaciones paradas para poder realizar todo tipo de revisiones en los equipos productivos. De esta forma, la empresa no sólo encuentra el mejor momento para realizar revisiones en sus equipos en un momento en que no afecta a la producción, sino que además busca no tener paradas imprevistas el resto del año.

### ***1.5. Optimización de paradas.***

El tiempo necesario para realizar una parada en una instalación industrial es muy variable, oscilando entre los 2 y los 60 días, siendo dependiente de la complejidad de la instalación, del tamaño, de la organización y hasta de los requisitos de seguridad. Durante ese tiempo la instalación o una parte de ella está paralizada, y no genera ingresos. Por ello, es habitual que el propietario de la planta presione a los contratistas o al responsable de la parada para que acorte al máximo posible la intervención; también es habitual que el contratista resista esas presiones y programe la intervención en el tiempo habitual.

Es posible realizar una parada en un tiempo notablemente inferior al que habitualmente se establece, de manera que el periodo en que la instalación es improductiva sea mínimo, para ello es necesario ser muy meticuloso en la planificación y sus revisiones posteriores. Destacaremos dos aspectos relevantes, la preparación del trabajo y la gestión del camino crítico.



### 1.5.1. Preparación del trabajo.

Es la primera de las claves para establecer la duración y la calidad de la intervención en una parada.

Hay tres aspectos que hay que preparar cuidadosamente:

- Los materiales necesarios
- Las herramientas y medios que se emplearán
- La definición de las tareas que se van a realizar y su programación en el tiempo, es decir, la planificación.

### 1.5.2. Gestión del camino crítico.

En una gran revisión hay una serie de tareas encadenadas que forman el camino crítico de la intervención. Reduciendo la duración de cada una de ellas se disminuye el tiempo de intervención, y aumentándolo, la intervención dura más. Si se gestiona adecuadamente ese camino crítico dándole la importancia que requiere, es posible mejorar notablemente la duración de la parada.

## 1.6. *Parámetros de gestión en una parada.*

Si bien es cierto que cuando se planifica una parada existen dos aspectos fundamentales sobre los que se dialoga (tiempo y coste), no debemos descuidar en ningún momento la calidad y la seguridad, por lo que en la gestión de paradas deberemos seguir este orden:

1. Seguridad-Medio Ambiente
2. Calidad
3. Tiempo
4. Coste

Esto, no se encuentra en oposición con lo que suele plantear la gerencia de la empresa, pues tanto la seguridad como la calidad se convierten en aspectos, que mal gestionados suponen un considerable incremento de los costes y de los tiempos de una reparación.

### *1. Seguridad-Medio Ambiente*

Es de obligado cumplimiento velar y garantizar la seguridad y la salud de los operarios que realicen los trabajos, así como la seguridad y el medio ambiente en las instalaciones donde se realicen estos.

Una mala gestión en la seguridad-medio ambiente de una parada general implica, retrasos en los trabajos, preocupación y desconfianza en los trabajadores, pérdida de la motivación que es necesaria en trabajos prolongados, creación de situaciones de riesgo, y sobre todo daños a personas e instalaciones, etc.



## 2. Calidad

Reducir el nivel de calidad para reducir el tiempo de ejecución o el presupuesto del trabajo, es un grave error. Debemos concienciar que trabajar con calidad no significa trabajar lento y caro, sino optimizar el tiempo y el coste.

Un trabajo realizado con calidad debe implicar la eliminación de averías y mejorar la respuesta de las máquinas e instalaciones a las exigencias de proceso. Hay que tener presente que en las paradas generales se reparan y revisan equipos que en muchas ocasiones no se pretenden volver a revisar en tres o cuatro años. Una parada imprevista en un equipo por una baja calidad en el trabajo supone, sobre todo en plantas cuyo programa de trabajo es no parar en un largo periodo de tiempo, un alto gasto, no solo por el coste de la reparación en sí, sino sobre todos por las pérdidas de producción, que nunca se recuperan.

## 3. Tiempo

Seguridad y calidad son los aspectos a tener en mente cuando se planifica, y debe ser un concepto que debe tener claro el responsable de mantenimiento. Esto no implica que el tiempo no deba ser un factor importante en los trabajos de una parada general, pero sí señalar que la optimización del tiempo se consigue en las actuaciones colaterales al propio trabajo y no en la ejecución del mismo.

La optimización y reducción del tiempo de ejecución se consigue con medidas tal como:

- Planificación y estudio de la secuencia de trabajos.
- Gestión adecuada de los repuestos y materiales necesarios.
- Planificación y gestión de los medios auxiliares (grúas, andamios, plataformas, etc.)
- Adecuación de los medios de mano de obra al trabajo a realizar, tanto en cantidad como en calidad.
- Estableciendo medios adecuados de supervisión.
- Una correcta organización y organigrama de responsabilidades de la parada.

## 4. Coste

El coste de una parada no está en el gasto de la misma, sino en los resultados que se obtienen de las plantas e instalaciones una vez que han sido reparadas, por lo que deberá verse una parada como una inversión y contrastarla con los beneficios esperados, no solamente con el montante económico de la parada.

Estos cuatro conceptos deben presidir siempre los planteamientos iniciales para el estudio y preparación de una parada y/o reparación general.



### ***1.7. Importancia del mantenimiento legal***

Cuando se diseña una instalación, este se realiza siguiendo unos criterios tanto legales como de buenas prácticas, que son plasmados en los equipos. Es necesario contrastar cada cierto periodo de tiempo, que el uso de dichas instalaciones no ha mermado las características físico-químicas para las que fueron diseñadas.

Los equipos que en una planta de industrial están sometidos a mantenimiento legal son habitualmente los siguientes:

- Calderas
- Tuberías a presión
- Aparatos a presión (además de caldera y tuberías a presión)
- Puentes grúa y otros equipos de elevación.
- Carretillas elevadoras
- Vehículos
- Estación de Regulación y Medida de Gas
- Sistemas contra incendio
- Red de aire comprimido
- Almacenamiento de productos químicos
- Contadores de gas
- Contadores eléctricos
- Torres de refrigeración
- Sistemas eléctricos

Siendo necesario conservar a disposición de las autoridades competentes los correspondientes registros documentales de los trabajos efectuados y sus resultados.

Las inspecciones reglamentarias pueden efectuarse de cuatro formas, dependiendo de lo que marque la normativa en cada caso:

- Inspecciones que puede realizar el propio usuario de la instalación con el personal de mantenimiento propio o habitual de la planta.
- Inspecciones que puede realizar una empresa con los medios y conocimientos necesarios, pero que no es necesario que esté acreditada, autorizada o inscrita en algún registro.
- Inspecciones que debe realizar una empresa autorizada específicamente para llevar a cabo este tipo de inspección .



- Inspecciones que debe realizar un organismo de control autorizado, que es una entidad privada en quien la Administración delega la realización de determinados tipos de trabajo, y que actúa a modo de 'notario' (dando fe de lo que se expresa en su acta de inspección)

Es muy importante para el propietario de la planta, que será el responsable legal de que se lleven a cabo estas inspecciones, y para el contratista de mantenimiento (en caso de que haya asumido la responsabilidad de llevar a cabo éstas de acuerdo a la normativa vigente) cuidar dos aspectos:

- Definir todas las obligaciones legales de mantenimiento impuestas por las diferentes normativas de aplicación en la planta
- Determinar cómo debe conservar los registros documentales del cumplimiento de dichas obligaciones, y ser cuidadoso con la custodia de dichos documentos. En unos casos se tratará de tener actualizados unos Libros de Registro, de carácter oficial y debidamente autorizado por la autoridad competente. Es el caso del Libro de Aparatos a Presión, o del libro de Torres de Refrigeración; en otros casos solo tendrá que mantener clasificados, actualizados y ordenados los documentos generados en los trabajos (actas, informes de inspección, etc.)

Hay que tener en cuenta que el incumplimiento de obligaciones legales puede conllevar tres tipos de responsabilidades:

- Responsabilidades administrativas, que pueden suponer sanciones, apercibimientos e incluso el cierre de la actividad.
- Responsabilidades civiles, si como consecuencia del incumplimiento se producen daños a terceros, al medioambiente, a la administración, etc.
- Responsabilidades penales, si se detecta una negligencia grave en el cumplimiento de las obligaciones y se producen además daños personales o medioambientales.

## 2. METODOLOGÍA DE DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS DE PARADAS DE PLANTA DE PROCESO.

### 2.1. Introducción

La cantidad de trabajo definida en una parada de planta, va más allá de los puntos identificados en la worklist. Sabiendo el alcance de los trabajos planificados, para su ejecución y manejando la parada de planta de manera global se logrará el éxito de la misma.

Por ello, aunque cada proyecto de parada es único, podemos asimilar los procesos realizados en cada uno de ellos y estructurarlo de forma generalizada tal y como se observa en la Figura 2.1.



Figura 2.1. Procesos que intervienen en un proyecto.

Esta interacción de procesos busca el fin último de planificar, ejecutar y mantener cada parada de planta siguiendo una metodología estructurada y racional, permitiendo una operación confiable para la mayoría de las paradas de planta.

### 2.2. Project Management.

Bajo el objetivo de mejorar la dirección y gestión de proyectos de paradas de planta, nace una nueva disciplina, el Project Management. Trata pues de realizar la planificación, organización, seguridad y gestión de los recursos para lograr con éxito los objetivos del proyecto, lo que significa una constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la confiabilidad, disponibilidad y vida útil de plantas y equipos industriales, siempre a través de un control efectivo de coste, plazo, riesgo y calidad.

Partiendo del conocimiento de los modelos de ciclo de vida de los proyectos (figura 2.2), podremos incorporar una metodología para la gestión de proyectos de paradas de planta de procesos aplicando Project Management.

Por ello, en la planificación y programación de los grandes volúmenes de trabajo asociados a los proyectos de paradas, el Project Management ha visto una oportunidad de constantes mejoras y, la posibilidad de plasmar procedimientos cada día más complejos e interdependientes.

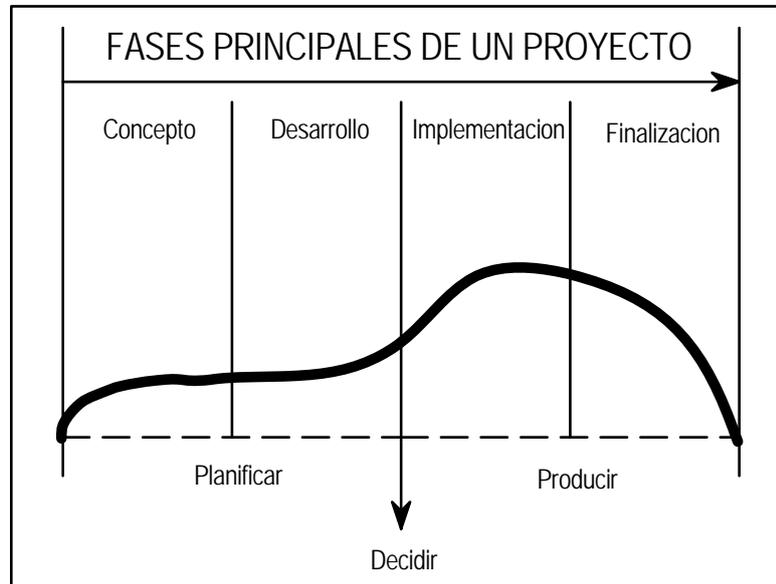


Figura 2.2. Fases principales de un proyecto.

Centrarse únicamente en la metodología de gestión de paradas de planta ha propiciado buenos resultados, viéndose estos potenciados, si se combina con los modelos de ciclo de vida del proyecto, mediante el control de riesgo del proyecto.

Conocer los objetivos del proyecto, permitirán marcar los indicadores que generarán los hitos del proyecto, por ello es necesario comprender las fases en las que se lleva a cabo.

### 2.3. Control del riesgo.

El control de riesgo es una cuestión importante asociada con la parte del conocimiento, fundamentada en la dirección del proyecto. El modelo propuesto por Lacoste (1999) de ciclo-vida del proyecto (Figura 2.3), consta de dos fases muy básicas. Los aspectos asociados con la fase de pre-proyecto indican los requisitos previos necesarios, por otro lado se encuentra, la habilidad y las capacidades de la organización.

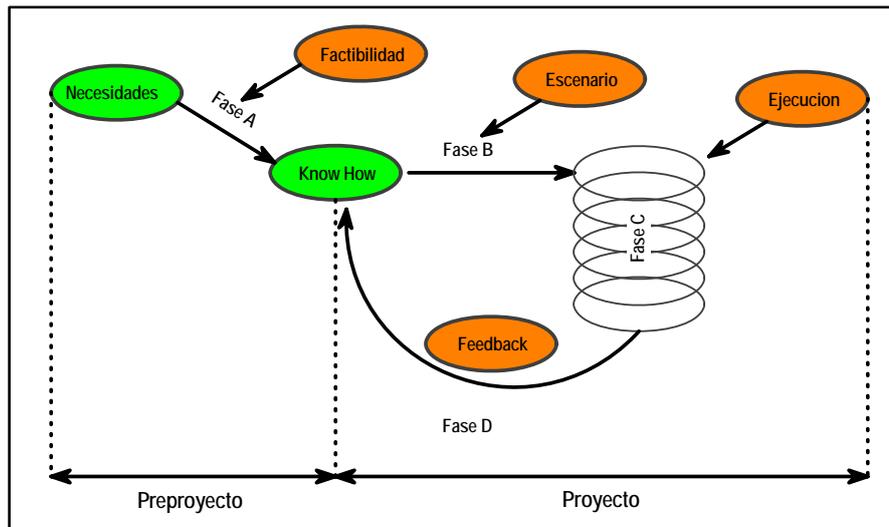


Figura 2.3. Fases para control de riesgo de un proyecto.

Para el caso de paradas de planta podemos establecer los siguientes conceptos para la fase de Pre-proyecto:

*Requerimientos.* Desarrollar la worklist para una parada de planta que garantice la continuidad operativa de los activos en una planta de proceso.

*Factibilidad.* Verificar que los requisitos de los usuarios son compatibles o consistentes, con respecto a la habilidad de la organización. Normalmente conformado por un estudio de viabilidad técnica y financiera, junto a un análisis de seguridad y medio ambiente.

La fase del proyecto se divide en tres subfases:

- *Fase B o de planificación*, durante la cuál se elaboran los distintos escenarios, con el objetivo de planear respuestas de riesgo.
- *Fase C o de ejecución*, es la fase donde se realizan propiamente los trabajos de la worklist. El objetivo es mantenerse dentro de unos límites prefijados anteriormente y que debieran haber sido previstos en la fase B.
- *Fase D o de cierre*, donde la experiencia adquirida es registrada, permitiendo el aumento de la experiencia de la organización.

## 2.4. Metodología.

Establecer una metodología de trabajo permitirá que no existan grandes brechas entre la planificación y programación con la ejecución de los proyectos de parada de planta. Para ello la organización intentará planificar y gestionar la parada de planta estableciendo metas y objetivos alcanzables.



Por metodología entendemos pues, al *sistema de principios ordenadamente establecidos o guías, a través de las cuáles el cuerpo de la información o del conocimiento es organizado, gestionado y estructurado.*

La ejecución de una parada de planta de proceso tiene una duración de tres a cinco años, iniciándose con la puesta en operación de las instalaciones. Los objetivos de la parada de planta deben estar previamente definidos, así como las operaciones y equipos a intervenir (cambio de catalizador, inspecciones reguladas, re-certificaciones, reparación o modificación de equipos de proceso, cambios en ingeniería, mantenimiento,...).

Típicamente, la organización o dirección de proyectos de paradas de planta, se enfocará en los puntos de la worklist, ya que su desarrollo es considerado crítico, porque generalmente en ésta se identifican las tareas de mantenimiento o trabajos que serán realizados durante la parada de la instalación.

Un proceso de dirección deberá organizar y controlar el alcance de trabajo junto con las políticas, prácticas y procedimientos que se necesitan para que cada parada de planta vaya hacia una mejor actuación.

Para definir e identificar el alcance de una parada de planta, hay que efectuar reuniones con todos los miembros de la organización con varios meses de antelación a la fecha programada de la parada de planta. A estas reuniones deben asistir Directores, Gerentes de la Planta, Jefes de Departamentos, Líderes de la Sección; tales como, Inspección, Mantenimiento, Producción, Ingeniería de Proceso, Diseño, Finanzas, Recursos Humanos, Materiales y el Planificador, quien moderada y dará las pautas a seguir de la parada.

En estas reuniones se realizará la "Definición de Objetivos y Metas de la Parada de Planta", proporcionando una referencia constante y eficaz para identificar el alcance de los trabajos de la Parada de planta, asegurando que nada quede fuera. Los líderes de las secciones con su lista de trabajo resaltan los problemas importantes, de los equipos a ser intervenidos, para la identificación del alcance de parada de planta, implementándose más allá por los ingenieros y técnicos de la organización.

Las metas y objetivos deben ser consistentes con las metas del negocio de la compañía y deben ser realistas, alcanzables y medibles. El equipo de trabajo de la ejecución de la parada de planta también debe especificar los objetivos de la actuación; es importante lo referido al coste, seguridad, calidad, plazo, trabajo extraordinario e impacto ambiental.

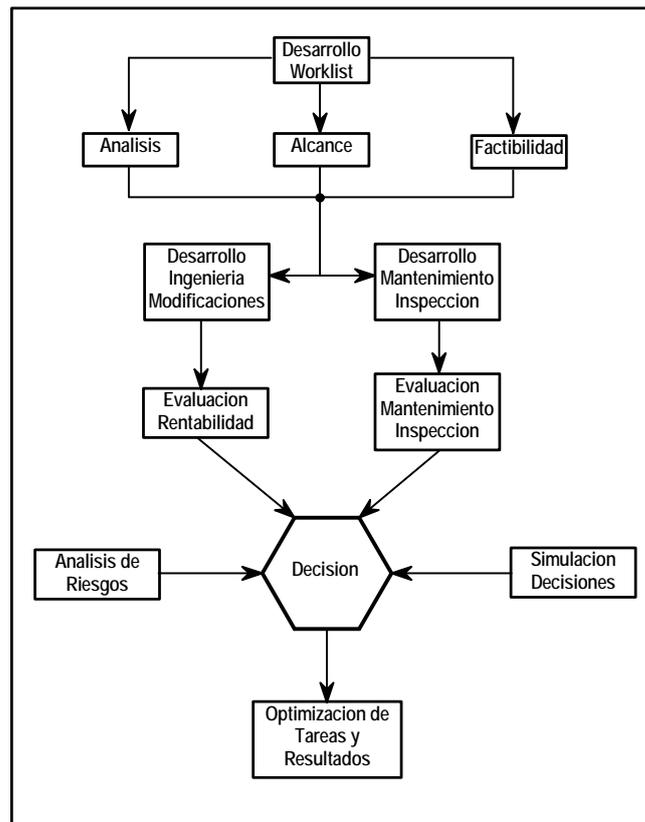


Figura 2.4. Metodología de Gestión de Parada de Plantas.

## 2.5. Worklist.

El desafío más grande que enfrenta a los Líderes de la Parada de planta es el desarrollo y finalización de la worklist durante las fases tempranas de planificación de parada de planta, ya que la falta de definición de la worklist impacta negativamente en la actuación de la parada de planta.

Cuando la worklist se desarrolla, debe priorizarse e identificarse cada documento con un único número para facilitar la planificación, como el aprovisionamiento de los materiales, y para asegurar que el trabajo crítico pueda completarse dentro de los presupuestos asignados y en un tiempo determinado. La adjudicación de un único número a cada documento en la worklist debe hacerse con un método consistente de equipo que numera el Trabajo. Para que el Planificador sepa estimar la magnitud de los paquetes de trabajo.

## 2.6. Estructura de descomposición del proyecto (EDP).

Una máxima dentro de los proyectos de parada es dividir el proyecto en secciones para una facilidad en el manejo de la planificación y ejecución individualmente. Utilizando la Estructura de Descomposición del Proyecto (EDP), que es una representación gráfica del proyecto, se desglosa este a su más bajo nivel, generándose subproyectos, que desembocan en paquetes de trabajo y finalmente en actividades.



Es útil para organizar el proyecto, definir todas las actividades que deben realizarse e identificarse, las tareas de planificación, programación, ejecución y dirección del proyecto de parada de planta.

Podemos decir que los objetivos a conseguir por la EDP son:

- Dividir el Alcance de Trabajo de Parada de planta en componentes más pequeños para el manejo con exactitud de la planificación del proyecto.
- Realizar una asignación de responsabilidades.
- Mantener un mecanismo de la distribución de trabajo y datos del proyecto.

La EDP proporciona un mapa simple de lo que será ejecutado y como se manejará. El concepto de EDP es importante porque permite designar el nivel de detalle que los directivos de la parada requieren para controlar, como los informes de costes, estado y valores de actuación de parada de planta.

### ***2.7. Seguimiento de la ejecución.***

Durante el desarrollo de la parada de planta los trabajos de ejecución como el control del "plazo", conocimiento del proceso, la situación de los equipos críticos del proceso, el alcance de trabajo, etc., le permitirá a los integrantes de la planificación desarrollar las pautas y estrategias para una ejecución específica.

### ***2.8. Control de costes y presupuesto de la parada.***

Para controlar eficazmente los costes asociados con la planificación, ejecución y dirección de la parada de planta, deben establecerse procedimientos y pautas dentro del proceso directivo de parada de planta y adherirse a la identificación de alcance de la parada de planta.

La mayoría de los controladores de costes y gerentes de negocio insisten en que las paradas de plantas se completen dentro de los presupuestos establecidos, independientemente de los cambios de alcance que se realicen durante la ejecución. El riesgo de costes mayores durante una demanda de trabajos adicionales de la parada de planta se deben controlar para evitar sobrecostes de ejecución, esto se logra controlando el presupuesto y los costes en cada unidad.

### ***2.9. Post-parada.***

Esta etapa cubre la desmovilización, documentación, informes de coste y quizás lo más importante, las lecciones aprendidas que pueden llevarse adelante a la próxima parada de planta. La capacidad de ejecutar esta etapa de una manera oportuna y de producir un resultado de calidad dependerá en gran parte de la eficacia de la recolección de datos durante la etapa de ejecución. Entre las actividades implicadas están:

- Desmovilización de contratistas.



- Limpieza post-parada de las unidades.
- Resolución y desecho de material en exceso.
- Reportes históricos de reparación e inspección.
- Actualización de la base de datos históricos de la parada de planta.
- Movilización de contratistas de post-parada.
- Cuentas de parada de planta congeladas.
- Informe final de costes publicados.
- Lecciones aprendidas y recomendaciones para las futuras paradas de planta.
- Preparación del informe final de la parada de planta.

### ***2.10. Medidas del funcionamiento.***

Conocer el grado de cumplimiento de los indicadores o hitos es importante para establecer las acciones correctoras oportunas, ya que permitirá medir el grado de ejecución y de desempeño. Como con todas las medidas, un solo índice puede ser engañoso y por ello es necesario diseñar un grupo de medidas que proporcionen una indicación equilibrada del funcionamiento.

Entre los indicadores sugeridos se incluyen los siguientes:

- Duración: días/año.
- Costes Totales: Tanto para la parada como para el mantenimiento general.
- Costes de la Parada de Planta: Tanto actuales como anuales por el funcionamiento de la planta.
- Frecuencia.
- Previsibilidad: Real contra horas planificadas de trabajo, duración y costes.
- Seguridad: Indicadores de accidentes.
- Incidentes del Arranque: Días perdidos debido al retrabajo.
- Parada no Programada: Días perdidos por año durante el funcionamiento.
- Disponibilidad Mecánica: Tiempo disponible como porcentaje.
- Trabajo Adicional: Real contra contingencia.

### 3. DESARROLLO DE LA PLANIFICACIÓN.

#### 3.1. Herramientas de Planificación.

##### 3.1.1. Introducción.

Planificar es construir una secuencia de tareas con la lógica necesaria para alcanzar el objetivo del proyecto en el plazo óptimo, coste y calidad.

El optimismo inicial de una planificación que asigne un plazo de finalización más breve de lo posible, se convierte pronto en fracaso al no poder cumplir los plazos. En el caso opuesto, una planificación que asigne mayor tiempo del necesario no debe considerarse correcta, pues aunque hay que contar con un margen de maniobra, esta holgura no de ser excesiva para evitar aumentar el tiempo de ejecución en más de lo debido.

Si bien la planificación hace mención a las tareas, podemos asignarle recursos humanos y materiales, pudiendo determinar la cuantía y periodo durante el cual estos son necesarios. Por lo que a la hora de planificar consideraremos actividades y recursos siguiendo la Figura 3.1.

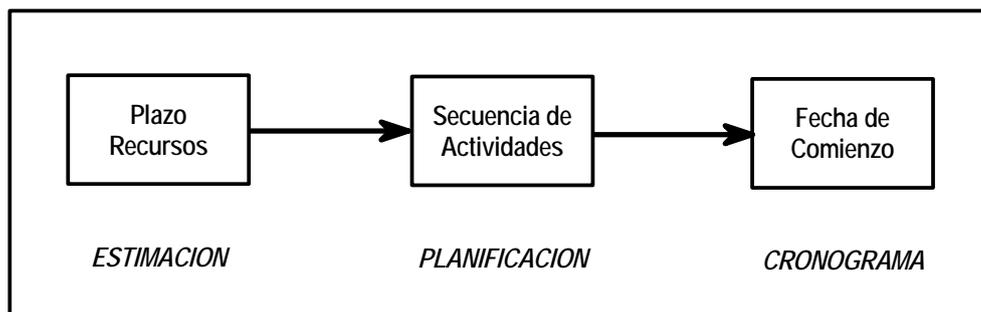


Figura 3.1. Secuencia de Actividades.

Así pues, una de los grandes retos de la planificación será estimar para cada actividad el inicio, final temprano y tardío, así como las holguras de dichas actividades, esto permitirá conocer la ruta crítica y diferenciarla de las demás, pudiendo asignar los recursos necesarios para optimizar la parada.

Determinar los tiempos de cada actividad requiere de una definición muy exhaustiva de todas las tareas que componen dicha actividad, siendo muy minuciosos tratando de evitar las incertidumbres asociadas a la aparición de tareas no previstas durante la fase de ejecución.

##### 3.1.2. Estructura de Descomposición del Proyecto (EDP).

Tal y como se ha mencionado en el capítulo anterior, la EDP es una división natural del proyecto para llegar al producto final con la finalidad de:

- Identificar y definir el trabajo a desarrollar



- Identificar los centros de trabajo responsables
- Mantener un mecanismo de la distribución de trabajo y datos del proyecto.

Para desarrollar una EDP deberemos tener presente en primer lugar algunas características de esta:

- Tener la certeza de que se han identificado todas las actividades necesarias para alcanzar satisfactoriamente los objetivos del proyecto.
- Haber examinado con detenimiento las características de las actividades que constituyen la EDP, destacando las siguientes:
  - Se puede medir tanto su estado, como su conclusión con facilidad.
  - Tienen un elemento inicial y final bien definido.
  - El tiempo para completarla, así como sus costes, pueden estimarse fácilmente a partir de la experiencia previa.
  - Comprende asignaciones de trabajo que son administrables, medibles e independientes de otras actividades.
  - Deberá formar una corriente continuada de principio a fin.

No existen unos pasos o reglas fijas que permitan la creación de una EDP, pero si se pueden dar unas pautas que permitan llevarlo a cabo con éxito, tales como:

- Dividir el proyecto en sus objetivos principales de manera que quede claramente definido.
- Fragmentar cada objetivo en las actividades que son necesarias llevar a cabo para alcanzarlo.
- Dividir las actividades en las distintas sub-actividades que las componen, repitiendo el proceso hasta que obtengamos actividades básicas.
- Las sub-actividades de más bajo nivel de jerarquía constituirán la base de los paquetes de trabajo que deberán realizarse para completar el proyecto.

Esta desagregación de actividades, en otras más básicas, permite detallar de forma jerarquizada todo el trabajo a realizar hasta el nivel de tarea, quedando definidas las fechas de inicio y finalización, así como los recursos y responsables vinculadas a cada una de ellas.

En bastantes ocasiones cuando se han definido los objetivos y se ha realizado la EDP se puede observar como el proyecto está formado por varios subproyectos, que permitirán ser gestionados de forma interdependientes, tal y como se observa en la Figura 3.2.

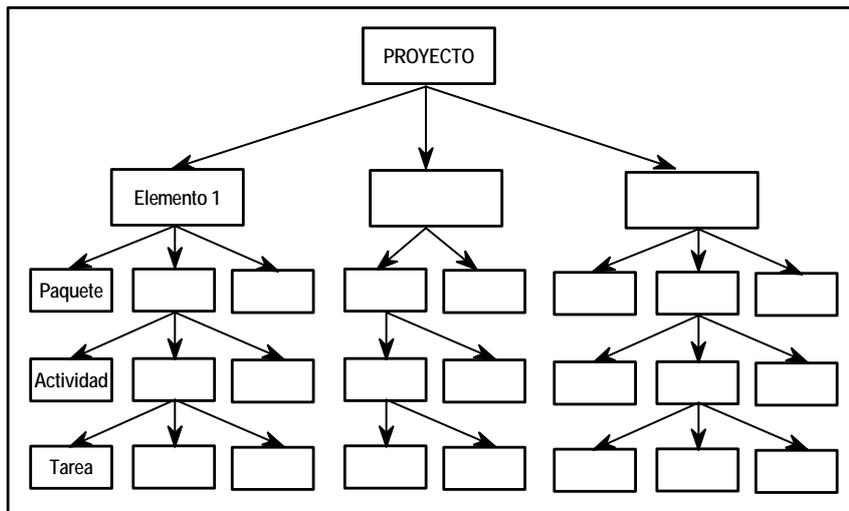


Figura 3. 2. Desagregación de actividades.

El uso de la EDP es valiosa en el proceso de planificación y la ejecución inicial. Su mayor ventaja consiste en ofrecer una imagen global, aunque detallada del proyecto. Permite pues poder establecer una estructura de personal adecuada al proyecto de parada, ya que se conoce con detenimiento el alcance de cada uno de los elementos que componen el proyecto.

Cuando hemos determinado la lista de secuencia de actividades del proyecto deberemos realizar una representación gráfica de todas ellas, para ello tendremos que utilizar una serie de reglas o relaciones sencillas.

### 3.1.2.1. El enlace entre tareas.

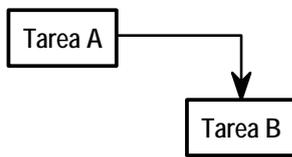
Este es uno de los puntos a tener muy presente, pues es uno de los grandes generadores de tiempos muertos. Denominamos enlace entre tareas al *tiempo que transcurre entre la finalización de una tarea y el inicio de la siguiente tarea enlazada*.

Para aquellas tareas que no están en el camino crítico el problema del enlace es menos preocupante, pero para las tareas enlazadas en el camino crítico, hay que prestar mucha atención, de forma que el responsable de la parada debe verificar constantemente que la siguiente tarea va a realizarse inmediatamente después de la anterior, sin tiempos muertos.

Es muy importante asegurar que los recursos están disponibles. A veces, para aprovechar 'mejor' un recurso (un equipo de personas, una herramienta determinada, una grúa) se le encarga una actividad para que la vaya realizando hasta que tenga que intervenir en esa tarea crítica. Y ocurre con demasiada frecuencia que ese recurso, cuando se necesita para la tarea crítica, no está disponible, porque se está empleando en esa otra tarea no crítica. Esto hay que evitarlo a toda costa. Es preferible tener un recurso inactivo durante un periodo de tiempo, que arriesgar a que no esté disponible en el momento necesario. Si se intenta ocupar al máximo cada recurso, puede que la rentabilidad aparente de éste sea buena, pero el retraso en el proyecto que puede ocasionar será mucho más costoso que haber mantenido ese recurso inactivo, pero disponible un tiempo.

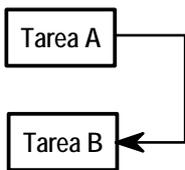


### 3.1.2.2. Relaciones entre las actividades.



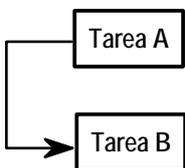
*Fin - Comienzo*

La actividad B no puede empezar hasta que la actividad A finalice.



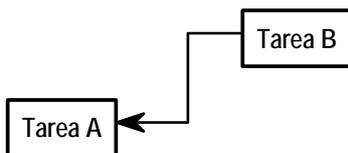
*Fin - Fin*

La actividad B no puede finalizar hasta que la actividad A finalice.



*Comienzo - Comienzo*

La actividad B no puede empezar hasta que la actividad A empiece.



*Comienzo - Fin*

La actividad B no puede finalizar hasta que la actividad A inicie.

### 3.1.2.3. Reglas para construir una red de precedencia.

1. Comenzar la red desde un nodo de comienzo y terminar por un nodo de final.
2. La secuencia de los nodos deberá ir de izquierda a derecha, estando siempre las actividades predecesoras a la izquierda de las sucesoras.
3. No se pueden realizar ciclos o secuencias de flujo hacia atrás.
4. Todos los nodos a excepción del inicial y del final tendrán al menos un predecesor y un sucesor.
5. Todos los nodos deberán estar conectados, no quedando ninguno huérfano.
6. Una ruta es una secuenciación de todas las actividades a lo largo de cada dirección entre el nodo inicial y el final.

### 3.1.3. Worklist.

La falta de definición de la lista de trabajo impacta negativamente en la actuación de la Parada de planta. Los planificadores se esfuerzan en mantener el ritmo del trabajo extraordinario,



durante la fase de ejecución de Parada de planta, para lograr mantener el plazo y coste de la lista de trabajo.

A pesar de la importancia del proceso de planificación, algunos grupos y departamentos no aprecian la urgencia necesaria en desarrollar la lista de trabajo de la Parada de planta.

Cuando la lista de trabajo se desarrolla, debe darse prioridad e identificarse cada documento con un único número para facilitar la planificación como el aprovisionamiento de los materiales y para asegurar que el trabajo crítico pueda completarse dentro de los presupuestos y tiempo determinados.

Para constituir una worklist deberán tener en cuenta:

1. Cualquier equipo que esté funcionando mal como: bombas, compresores, fugas en las juntas de bridas y tuberías, ..
2. Cualquier equipo con diagnóstico por monitoreo que esté cercano un fallo en el momento de la Parada de planta (corrosión, vibraciones,....).
3. Cualquier equipo que requiera la limpieza por normas de seguridad (basados en estudios de ingeniería de proceso).
4. Cualquier equipo que necesite reparación pero no puede aislarse salvo en parada (distribución eléctrica, válvulas de alivio, equipos críticos, ...).
5. Ciertos proyectos de capital o partes de proyectos que requieren una Parada de planta de la unidad de proceso para la ejecución del proyecto.
6. Las fugas de válvulas, trampas de vapor y fugas por empaquetadura, etc.,

La worklist deberá ser realizada por un equipo multidisciplinar, tales como:

1. Control de Calidad, que supervisa el funcionamiento de las unidades a través de recorridos durante el mantenimiento por inspección de los equipos.
2. Operarios e Ingenieros del Proceso que supervisan las áreas de producción recomiendan reparaciones o revisiones que se necesitan.
3. Técnicos de mantenimiento llevan a cabo inspección de monitoreo en equipos estáticos, rotativos y de instrumentación,
4. Durante las actividades de mantenimiento rutinarias donde se observan el deterioro de equipos, y se informa, en la correspondiente solicitud de trabajo.
5. Operadores que en sus rutinas diarias detectan deterioros del equipo y lo informan.

La worklist debe contener todas las especialidades, incluyendo los equipos de instrumentación, electricidad, equipos dinámicos, estáticos y obras civiles.

Antes de realizar una lista de trabajo deben fijarse varias reuniones, siendo completamente necesario que la dirección de la planta emplace una reunión con Control de Calidad, Supervisores de la Unidad, Ingeniería Producción, Mantenimiento y los planificadores de Parada de planta para hacer una lista de todos las paradas de plantas fijadas durante la gestión del proceso de la empresa a medio plazo, básicamente para definir fechas de arranque y



duración. Esta reunión deberá realizarse lo antes posible, para identificar los conflictos y evitar escasez de recursos.

El desarrollo de una worklist es un proceso continuo que empieza el día que se completa la Parada de planta anterior y que se actualiza continuamente hasta la próxima Parada de planta. La lista de trabajo va aumentando gradualmente con la suma de solicitudes de trabajo identificados.

El Equipo del Parada de planta será responsable de recopilar las órdenes de trabajo por departamento: inspección, mantenimiento, producción, ingeniería que diseña trabajos de proyecto. Los cambios tecnológicos en la planta estarán en una lista donde se encuentran los alcances de trabajos que serán desarrollados por Fases.

### ***3.2. Técnicas de planificación.***

La planificación debe ser elaborada y expresada mediante técnicas que además de suponer una ayuda en la planificación misma, aseguren su coherencia y la comprensión rápida y eficaz por parte de quienes deban conocerla o controlarla.

Existen numerosas técnicas que se han implantado en programas informáticos, denominadas diagramas de red.

Un diagrama de red es una representación del plan del proyecto a través de un flujograma conformado por las actividades y las interrelaciones que hay entre ellas. Su análisis permite determinar la importancia de cada una de las actividades y evaluar las alternativas.

#### **3.2.1. Planificación y camino crítico.**

Cuando una empresa ejecuta cualquier proyecto en general debe tener asumido que, va a durar más de lo planificado y que va a costar más de lo inicialmente previsto. Se tiene certeza experimental, que incluso en trabajos que se han realizado más de una vez, habitualmente acaban con retraso, incluso aunque se aumente el tiempo de realización para absorber esos posibles retrasos.

Así pues, aplicado a una parada programada en una instalación industrial, podría afirmarse que:

- Siempre se emplea más tiempo del previsto.
- Siempre se gasta más de lo presupuestado.
- Siempre quedan sin realizarse algunos de los trabajos programados, para no aumentar el retraso ya acumulado.

Habitualmente los profesionales que programan y realizan las paradas tienen una gran experiencia, pero la mayoría de estos retrasos ocurren porque la metodología empleada para planificar y llevar a cabo las paradas no es la más adecuada.



### 3.2.2. Razones de los retrasos.

De los problemas citados anteriormente el de mayor importancia es el de mayor duración, ya que ello acarrea el retraso en la puesta en marcha de la planta, junto con una pérdida de producción, y por tanto de beneficios. Los otros dos problemas son de menor importancia relativa que el primero, pues la repercusión económica es menor. Parece pues interesante, centrarse en el problema de la duración de la parada y del retraso sobre la programación.

La experiencia demuestra que, los retrasos parciales se acumulan, pero los adelantos que se producen en las tareas no. Por tanto, si añadimos un margen de seguridad a cada tarea y no surge ningún imprevisto, ese margen de seguridad se perderá y no servirá para adelantar el programa, mientras que si programamos sin margen de seguridad en cada tarea, en caso de que se cumpla una tarea en su tiempo previsto la tarea siguiente estará preparada para comenzar.

La experiencia también demuestra que los imprevistos surgen, por lo tanto es necesario contar con un margen de seguridad que absorba estos imprevistos. Al no poder determinar, en qué tareas surgirán los imprevistos y cuales serán sus consecuencias en el tiempo, este margen hay que añadirlo al final, siendo esta una de las claves de una correcta programación.

### 3.2.3. La Clave: El camino crítico.

*Cuanto todo se vuelve complicado hay que buscar formas de simplificar.* En una parada es imposible prestar la máxima atención a todas las actividades.

Es indudable que un retraso en una actividad puede conducir a un retraso de todo el proyecto, pero también puede ser que no influya. No todas las actividades influyen de igual forma en un retraso o en un adelanto del final de la parada.

En toda parada, y en todo proyecto en general, es posible determinar un conjunto de tareas encadenadas que determinan la duración del proyecto. Este conjunto de tareas se denomina el '*camino crítico*'.

Si queremos acortar la duración de un proyecto, debemos acortar la duración de algunas de las tareas incluidas en ese camino. Es en estas tareas críticas en las que debemos focalizar la atención y los esfuerzos, tratando de reducir el tiempo de ejecución y asegurando que las siguientes fases se van a poder realizarse sin retraso, en cuanto acabe la tarea crítica en curso.

La gestión del camino crítico se convierte así en el trabajo principal y casi único del responsable de la parada, y el éxito de la realización en plazo de una parada depende de esa gestión, que podemos establecerlas en cuatro fases:

- Identificación del camino crítico
- Optimización de los tiempos de cada una de las tareas críticas
- Comprobar que el camino crítico no ha cambiado después de la optimización
- Subordinación del resto de las tareas al camino crítico



La identificación del camino crítico consiste, en identificar el conjunto de tareas encadenadas que marcan la duración de la parada. El camino crítico no puede ser más que uno, aunque a veces haya tareas paralelas con una duración parecida que puedan inducir a dudas.

Una vez identificado, es muy importante verificar que el camino crítico es ese y no otro, contando con la opinión del personal que pueda tener algún criterio al respecto.

Es muy importante estudiar con precisión tanto la duración de cada tarea crítica como los enlaces entre ellas, esto permitirá reducir el tiempo de duración, preparando herramientas y materiales con suficiente antelación y realizando anticipadamente todo lo que pueda llevarse a cabo de esa tarea antes de que comience a ser crítica.

Tras optimizar la duración de cada una de las tareas críticas, es importante comprobar que el camino crítico no ha cambiado, pues a veces la reducción en el tiempo es tan importante que las tareas críticas pasan a ser otras.

Es importante verificar continuamente que la optimización o los imprevistos que vayan surgiendo no hacen cambiar el camino crítico, pues si lo hicieran habría que volver a re-estudiar la planificación.

Una vez comprobado cual es el camino crítico tras la optimización, hay que subordinar el resto de los trabajos a esas tareas críticas, de forma que aquellas que no interfieran en la duración de éstas podrán comenzar en paralelo en el mejor momento para el camino crítico, permitiendo incluso dotarlas de cierto margen de seguridad para evitar que lleguen a provocar un retraso en una tarea crítica.

#### 3.2.4. La preparación del trabajo.

La fase inicial de preparación es fundamental para conseguir el objetivo de disminuir la duración de una parada, o al menos, garantizar el cumplimiento del plazo previsto. En esta fase se incluye la planificación de las tareas, la determinación del camino crítico y la disposición de todo lo necesario para poder acometer los diversos trabajos, como es:

- Asegurar la disponibilidad de la mano de obra especializada necesaria para cada uno de los trabajos.
- Asegurar que se cumplen todos los requisitos para poder comenzar el trabajo (requisitos administrativos, contratos, formación en seguridad, etc.).
- Asegurar que todo el personal implicado conoce con exactitud lo que tiene que hacer.
- Asegurar que los materiales necesarios estén en la planta antes de comenzar los trabajos, y con suficiente antelación, por si la revisión de los materiales recibidos determinase que alguno no alcanza sus especificaciones.
- Asegurar que se dispone de todos los medios necesarios.
- Asegurar que se han solicitado todos los permisos de trabajo necesarios y que se ha tomado todas las medidas de seguridad necesarias



En la fase de preparación, es conveniente distinguir entre las cosas que se pueden realizar antes de la parada y lo que tiene que realizarse durante la parada. Todo lo que pueda realizarse antes supondrá una descarga de trabajo y de incertidumbres.

Puede afirmarse sin temor a equivocarse que una parada bien preparada puede salir mal porque surjan muchos imprevistos, pero una parada mal preparada es imposible que pueda completarse de forma satisfactoria, ni en plazo, ni en calidad.

### ***3.3. Gestión de Riesgos.***

#### **3.3.1. Introducción.**

Un riesgo es un acontecimiento posible y no planificado, cuyo impacto puede ser positivo (oportunidades) o negativo (amenazas). En los proyectos de paradas de planta gran parte del éxito dependerá de la capacidad del planificador de predecirlos y controlarlos.

La principal característica de los riesgos es su incertidumbre, que se encuentra condicionada por el grado de conocimiento del riesgo.

#### **3.3.2. Etapas de la gestión de riesgos.**

Se suelen considerar cuatro etapas en la gestión de cualquier riesgo:

##### *Identificación.*

Consiste en identificar las amenazas y oportunidades que pueden ocurrir durante la vida de un proyecto, así como la incertidumbre asociada. La vida de un proyecto significa el ciclo de vida completo de un proyecto, desde la aceptación por parte del cliente hasta la finalización de la garantía de este.

##### *Cuantificación.*

Es el proceso de evaluación del riesgo como amenaza u oportunidad, básicamente cuantificado como la probabilidad de ocurrencia del suceso y el impacto generado, conocida como gravedad. La relación entre ambos factores permite no prestar demasiada atención a los sucesos con poca probabilidad y/o poco impacto, ya que su gravedad es muy baja.

##### *Respuesta.*

Es el proceso de hacer algún tipo de acción sobre el riesgo.

##### *Control.*

Es el proceso a través del cual se vigila la producción de un riesgo.



### 3.3.3. Identificación de riesgos.

La primera etapa de la gestión de riesgos es la identificación, para ello es necesario identificar la máxima cantidad de riesgos que se pueden evitar para acabar el proyecto en los plazos y presupuestos previstos.

Lo primero que debemos hacer en la identificación de riesgos es reconocer las áreas del proyecto donde pueden ocurrir riesgos. Significa que tendremos que investigar las siguientes áreas:

*Alcance.*- La Estructura de Descomposición del Proyecto EPD nos va a ser útil aquí, el alcance debe estar claramente definido en los términos del trabajo a realizar.

*Plazos.*- Debe haber una estimación detallada y fiable de la duración del proyecto completo, y de la duración de las diferentes actividades. La secuencia de trabajos debe estar bien identificada así como los vínculos entre tareas.

*Coste.*- Debe haber una estimación detallada y fiable del coste del proyecto para cada una de las tareas. Todos los costes asociados deben ser considerados y representados. Los costes del ciclo de vida del proyecto se deben considerar pero también el de mantenimiento, la garantía, la inflación.

*Expectativas del cliente.*- La evaluación de éxito del proyecto se debe hacer teniendo en cuenta los deseos y las necesidades del cliente.

*Recursos.*- Incluye la cantidad, la calidad y la disponibilidad de los recursos que se van a necesitar para el proyecto.

*Organización.*- Es la capacidad de relacionarse con los inversores en términos de comunicación y conocimientos.

Se necesitan muchas personas tanto dentro como fuera, del proyecto para identificar correctamente los riesgos. Esto incluye no solo gente del equipo de proyecto e inversores sino también a jefes de proyecto que ya han supervisado proyectos similares o consultores que tienen una experiencia especial para algunos tipos de riesgos. Puede ser necesario dar categoría a los tipos de riesgos para hacer equipos de trabajo que sean más eficaces.

Muchos de los riesgos que afectan a los proyectos de paradas de planta son riesgos que ya han surgido de una forma u otra en otros proyectos parecidos. Utilizando la información disponible en los documentos de «*Lecciones Aprendidas*» de los otros proyectos se pueden identificar muchos de los nuevos riesgos.

Se suelen utilizar las técnicas de trabajo en grupo para conseguir un máximo rendimiento en las reuniones tales como:

*Brainstorming.* Método muy conocido que consiste en nombrar un moderador que motivará a un grupo de personas para enumerar todos los riesgos en que piensan y anotarlos para su posterior estudio. La ventaja del Brainstorming es que las ideas van generando nuevas ideas que terminan derivando en los riesgos buscados.

*Técnica Delphi.* Este método es comparable al Brainstorming pero sin reunión. Funciona por correo electrónico o por teléfono evitando una lista de las ideas de todas las personas. Tras la



adición de nuevas ideas la información vuelve a ser enviada hasta que no se añade ninguna idea nueva.

Diagrama Ishikawa.- Este diagrama de origen japonés es una manera muy útil de organizar y analizar un proceso con subprocesos. Los subprocesos pueden ser descompuestos en otros subprocesos hasta, un nivel de detalle donde los riesgos asociados con cada fase pueden ser evaluados fácilmente. La utilización más detallada del diagrama da también las causas de los riesgos.

Una vez identificados los riesgos, se pueden utilizar las mismas técnicas para encontrar los disparadores de los riesgos. Un disparador es lo que indica que un riesgo está a punto de ocurrir.

### 3.3.4. Cuantificación del riesgo.

La cuantificación del riesgo implica evaluar el riesgo y las interacciones del riesgo para conocer el rango de posibles resultados del proyecto. Se trata pues de determinar que eventos de riesgo merecen respuesta. Este proceso se complica por una cantidad de factores que incluyen.

Las oportunidades y las amenazas pueden interactuar de manera no anticipada (los atrasos de programación pueden llevar a considerar una nueva estrategia que reduce de manera general la duración de todo el proyecto).

Un solo evento de riesgo puede causar múltiples efectos, como el causado cuando se presenta una demora en la entrega de componentes.

En la mayoría de los proyectos, no hay suficiente dinero o tiempo para actuar sobre todos los riesgos identificados. Por eso, hay que identificar los más severos. La severidad del riesgo es una medida práctica. La probabilidad de un riesgo puede ser simplemente "baja, media, alta" y el impacto puede ser solo "alto, bajo" o estar cuantificado en unidades monetarias. Cuando se multiplican los dos factores, se obtiene el valor previsto del riesgo.

Uno de los métodos más útiles son los árboles de decisión, que consisten en considerar las tres posibilidades: optimista, pesimista o esperada. Para cada riesgo se coloca la probabilidad de que el riesgo sea bueno, indiferente o malo y el valor correspondiente a cada una de esas posibilidades.

### 3.3.5. Tolerancia al riesgo.

La tolerancia al riesgo es la voluntad del cliente o de la plantilla del proyecto de aceptar o rechazar el riesgo. Es importante saber que distintas personas o grupos de personas tienen diferente tolerancia al riesgo. Se puede definir como la aceptación de gastar dinero para evitar o disminuir el riesgo.

Los riesgos con poca probabilidad o poco impacto suelen ser aceptados más fácilmente que los otros. Esta línea que separa las dos actitudes se llama línea de severidad. Si se mueve esta línea hacia arriba, quiere decir que la persona es un jugador, está lista para aceptar un riesgo

más alto, Si se mueve la línea hacia abajo, la persona es conservadora y no está lista para aceptar riesgos.

Así pues, la tolerancia al riesgo se puede explicar como la aceptación de una persona a perder dinero en caso de que el riesgo ocurra, puede ser representado por la Figura 3.3.

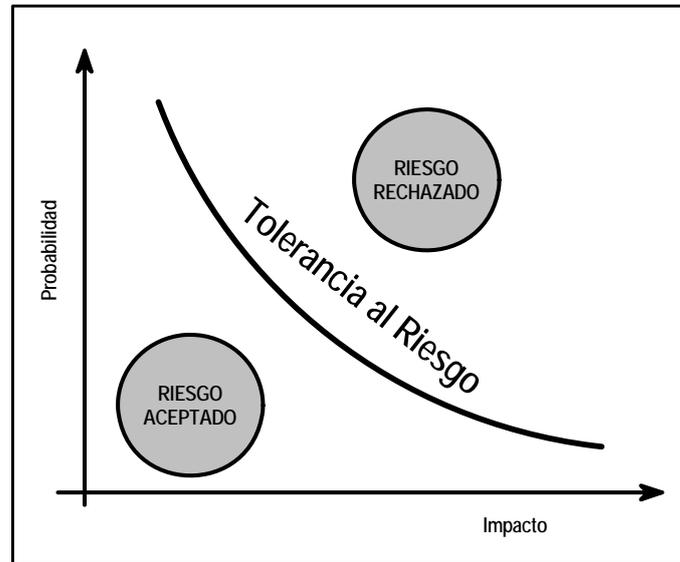


Figura 3. 3. Tolerancia al Riesgo.

### 3.4. Estrategia de Respuesta al Riesgo.

La estrategia de respuesta al riesgo es la manera de gestionar los riesgos una vez identificados y cuantificados.

Existen cuatro estrategias típicas:

*Aceptar.*- Aceptar un riesgo significa que su severidad es bastante baja por lo que hasta su ocurrencia, no haremos nada sobre el. Indica que su severidad se encuentra por debajo del nivel de tolerancia, de riesgo del proyecto, pero no quiere decir que no haremos nada si el riesgo ocurre.

La aceptación puede ser activa si se ha identificado el riesgo y si se decidió que costará menos improvisar si el riesgo ocurre que crear una estrategia predeterminada o pasiva si el riesgo es demasiado pequeño y en consecuencia no se ha elaborado ninguna estrategia específica.

*Transferir.*- Consiste en dar la responsabilidad del riesgo a alguien fuera del proyecto. No se ha eliminado el riesgo sino que su gestión se ha delegado. Otra manera es de subcontratar una parte del trabajo que lleva un riesgo contra un precio fijo.

*Evitar.*- Consiste en hacer desaparecer la posibilidad del riesgo, tomando las medidas oportunas para que el riesgo tenga una probabilidad cero. Se puede hacer abandonando totalmente una parte del proyecto o bien cambiando el diseño que conlleva un riesgo o prever condiciones especiales que hacer que el riesgo desaparezca totalmente.



*Mitigar.* - La mitigación consiste en hacer pasar un riesgo desde arriba hasta abajo del límite de tolerancia. Se toman medidas para que su probabilidad o su impacto disminuyan por debajo de este nivel. Permite también disminuir la reserva prevista para los riesgos.

Cada una de esas estrategias consiste en disponer del dinero de manera distinta. En los proyectos, todo el dinero previsto para el riesgo está puesto en una reserva que será utilizada sólo en caso que el riesgo ocurra. En el caso de la transferencia, el dinero se da a otro para que él solo haga frente al riesgo. En el caso de evitarlo, el dinero será utilizado totalmente al principio del proyecto para hacer desaparecer el riesgo. Finalmente, en la mitigación, una parte del dinero será utilizada para disminuir la severidad del riesgo y la otra se pondrá en reserva para afrontar el riesgo mitigado si ocurre.

### ***3.5. Control de Riesgo.***

El control de riesgo es una monitorización permanente de los riesgos ocurridos o por ocurrir. Consiste en un seguimiento continuo de los riesgos ocurridos, de los que están por ocurrir, de los nuevos que pueden ocurrir, y de los que cambian de probabilidad o de impacto. También, consiste en actualizar el nivel de tolerancia al riesgo, para saber lo que el promotor está dispuesto a aceptar,

Durante el proyecto, ocurren riesgos que se solucionan. Aprendiendo de los riesgos que han ocurrido, se pueden descubrir nuevos riesgos o modificar estrategias previstas inicialmente.



## 4. CLAVES DE ÉXITO.

### 4.1. Problemas habituales en la realización de paradas.

Los problemas más habituales en paradas programadas, en las que la duración y la calidad de los trabajos son fundamentales, son los siguientes:

- Falta de formación y experiencia del personal que interviene.
- Mala preparación de los trabajos.
- Supervisión y dirección en obra de los trabajos muy deficiente, debida por un lado a la falta de formación del supervisor en labores de organización y gestión (puede ser un buen operario, pero para ser supervisor se necesita de alguna cualidad más) y por otro, a una deficiente dirección técnica de los trabajos en campo.
- Realización en campo de tareas que deben ser llevadas a cabo en taller. Es obvio que determinadas tareas se realizan mejor en la tranquilidad de un taller, donde se cuenta con buenos medios y herramientas, que directamente en campo. Por otro lado, la realización de trabajos en taller, como ensamblaje, preparación de equipos de rotación, etc., acortan la duración de la parada.
- Procedimientos de trabajo no apropiados, y que no se corresponden con las mejores prácticas del oficio, sino más bien, con la inexperiencia de técnicos y supervisores.
- La nula planificación de determinados trabajos, o incluso de todo el proyecto en general. Una parada se compone generalmente de múltiples tareas relacionadas entre sí. Para saber cuánto dura un proyecto es necesario analizar cada tarea que lo compone, estimar la duración y las relaciones de dependencia entre ellas. Si esto no se realiza, la duración que se estime siempre será incorrecta.

### 4.2. Lista de materiales.

#### 4.2.1. Lista de materiales generales por equipos.

Las organizaciones que han realizado paradas de mantenimiento programadas con anterioridad en sus instalaciones, tiene perfectamente codificados casi la totalidad de los repuestos o componentes de los equipos de sus instalaciones.

Esto no quiere decir que tengan dichos repuestos en el almacén, pues una Gestión de Stock adecuada no trata de tener disponibles siempre todos los posibles repuestos, sino más bien prever la necesidad de estos y poder servirlos a tiempo evitando grandes cantidades de inmovilizado en los almacenes.



Disponer de la worklist junto con los repuestos que serán necesarios, permite poder contactar con los proveedores con el tiempo necesario para poder solicitar ofertas de compra y recibir estos antes del inicio de la parada.

Existen por el contrario, una serie de materiales que tienen un periodo de compra muy largo, ya que se tratan de materiales no estandarizados o que se realizan bajo pedido por sus características peculiares, desde el departamento de compras deberán prever con antelación suficiente estas incidencias, habiendo reportado al planificador de la parada los tiempos necesarios para que estos lleguen cuando son necesarios, incluyendo un margen por si estos tienen algún defecto.

#### **4.2.2. Manejo efectivo de materiales y herramientas.**

Una de las claves para evitar el fracaso de una parada es determinar los materiales y las herramientas de forma que se permita poder adquirirlas a un coste razonable y que se encuentren disponibles cuando sean requeridos.

La falta de materiales y herramientas impedirán la ejecución de los trabajos, generando demoras o impidiendo que determinadas tareas no puedan ser realizadas, pudiendo afectar al rendimiento de los equipos, por lo que la rentabilidad de la parada se verá mermada y con ello su TIR.

Disponer de personal especializado y con dedicación en exclusiva para las labores de acopio y pedidos de material de la parada no garantiza el éxito, pero si minimizar las probabilidades de desabastecimiento de materiales.

Se deberán prever reuniones de seguimiento con el planificador para informar de las labores de petición de ofertas y compras, así como de la posibilidad de no cumplimiento de plazos, esto permitirá poder emplazar en última instancia la parada de la unidad en otras fechas, antes de empezarla si tener la certeza del acopio de los materiales. Además, permite poder ofrecer nuevas soluciones técnicas a los especialistas, dando a conocer las ofertas de los proveedores.

La inspección de los materiales recibidos, así como su correcto almacenaje hasta que se realizan los trabajos es determinante, pues puede evitar disminuir las propiedades de los materiales o tener que hacer pedidos urgentes con el extracoste correspondiente.

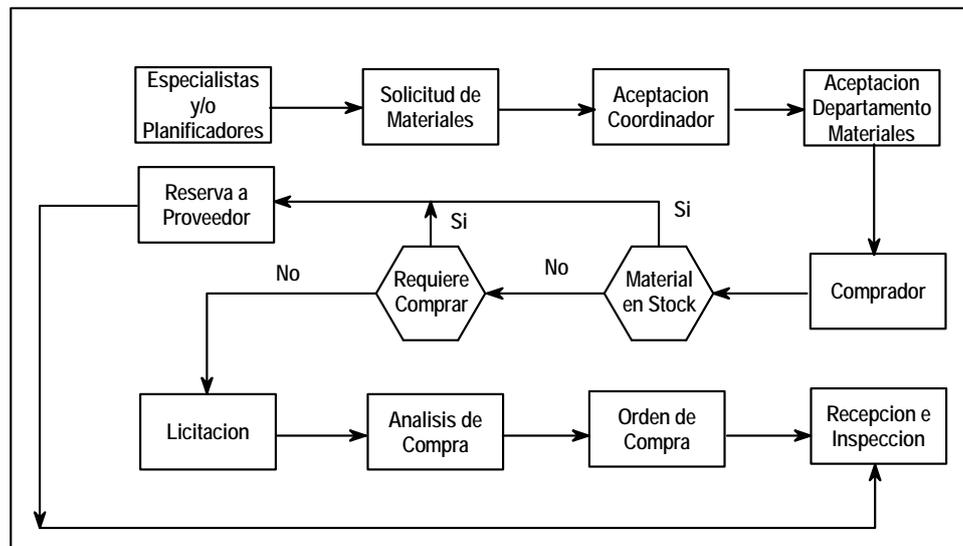


Figura 4.1. Procedimiento de Adquisición de Materiales y Herramientas.

Una secuencia lógica en el tiempo es la que se muestra en la Figura 4.1., donde se puede observar el procedimiento de adquisición de materiales y herramientas.

### 4.3. Seguridad, Higiene y Medioambiente.

Realizar la planificación de una parada de una planta industrial tiene como objetivo maximizar la rentabilidad de los trabajos, por un lado realizándolos en el menor tiempo posible y por otro con la mayor calidad plausible. A lo largo de todo el desarrollo de la planificación, se adoptarán una serie de medidas evaluando el riesgo que ellas presentan, pudiendo ser más o menos conservador. Este riesgo NUNCA debe incluir peligro o riesgo para las personas, instalaciones y medioambiente, pues debe ser OBJETIVO PRINCIPAL preservar a estos.

Deberá pues generarse un documento o guía cuyo objeto sea servir de referencia a las actuaciones generales para la prevención de riesgos laborales y sea de obligado cumplimiento durante el desarrollo del proceso de parada de la planta. En cualquier caso, deberá cumplirse por parte de todos los participantes en la intervención de mantenimiento lo establecido por la legislación vigente en esta materia. (Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y reglamentos que la desarrollan).

Esta Guía deberá aportar la información necesaria para analizar los riesgos y tomar las medidas adecuadas para su eliminación o reducción, con el fin de garantizar la salud e integridad de los trabajadores durante el tiempo de la intervención de mantenimiento, así como, evitar situaciones o acciones inseguras por falta de conocimiento, medios o improvisaciones.

Esta Guía será un documento de referencia que complementa la legislación vigente en materia de Seguridad Industrial, las Normas de Seguridad vigentes en la planta de la propiedad, los Proyectos de Seguridad y Análisis de riesgos elaborados por las empresas contratistas que participan en la intervención de mantenimiento, así como las normas de oficio propias de cada especialidad.



Disponer de esta guía no es seguridad de éxito, deberá hacerse hincapié en:

- Concienciar a todo el personal de a Parada en Seguridad, Higiene y Medioambiente.
- La organización deberá implantar un programa de Seguridad para la eliminación o reducción de los riesgos de las personas, que deberá ser conocido por todos los trabajadores.
- No permitir desviaciones en Seguridad, Higiene y Medioambiente, propiciando auditorias de control.
- Promover un sistema de reconocimientos y premios.
- Establecer un comité de investigación de cualquier accidente o incidente que ocurra.
- Ejecutar un análisis de riesgos por cada tarea o trabajo a ejecutar.
- Confirmar que cada trabajador que va a realizar una tarea es conocedor de los riesgos que le rodean y cuáles son las medidas que se han tomado para su eliminación o disminución.

#### ***4.4. Procedimientos de Trabajo.***

El número de tareas que han de realizarse durante las paradas de planta adquieren un volumen muy importante, tanto que tareas que por sí solas no representan grandes riesgos para las personas, cuando son realizadas al mismo tiempo que otras pueden variar los riesgos aumentándolos y agravándolos.

Por ello se hace necesario el empleo de un sistema de control de los trabajos. No es un sistema que permita conocer el avance de los trabajos, sino uno que nos permitirá poder realizar para cada tarea un análisis de riesgos para el momento exacto en el que se ejecuta dicha tarea. Un ejemplo muy visual es, una tarea de pintura a ras de suelo no tiene más riesgo que el propio del oficio, pero sin embargo sí que existen riesgos adicionales, si en cotas superiores se está trabajando y hay riesgo de caídas de objetos de gran volumen.

Dicho procedimiento se conoce normalmente como permiso de trabajo y es un documento escrito dónde la persona conocedora de las instalaciones, realiza el análisis de riesgos para la tarea a realizar por la persona que ejecuta el trabajo. Para que dicho análisis de riesgos sea lo más fiel a la realidad, la persona que realizará el trabajo deberá ser muy explícito en la definición de las tareas y como se van a ejecutar, estableciéndose en función de estas las medidas que eliminarán o reducirán los riesgos. Este documento deberá constar de:

- Identificación de la persona que autoriza la realización de la tarea.
- Identificación de la persona que va a realizar la tarea.
- Establecer las tareas a realizar y las herramientas a emplear.
- Establecer las medidas del entorno donde se van realizar las tareas.
- Establecer las medidas de protección colectivas o individuales.



- Confirmar que ambas personas han entendido el procedimiento de ejecución de las tareas y que se comprometen a poner los medios que en el se indican.

## 4.5. Organigrama.

### 4.5.1. Figuras principales de una parada.

Básicamente podemos distinguir tres figuras:

- Cliente o propietario de las instalaciones. Organización que desea realizar una intervención de mantenimiento en sus instalaciones y que no dispone de suficiente infraestructura (técnica y humana) para acometer dichos trabajos.
- Contratista, organización que aporta los recursos humanos y técnicos, para poder llevar a cabo la intervención de mantenimiento.
- Subcontratista, organización dependiente de la empresa contratista y que realiza trabajos para ésta en la intervención de mantenimiento de las instalaciones del cliente principal.

### 4.5.2. Organigrama del Cliente.

Las características organizativas de cada organización son un aspecto muy importante a tener en cuenta cuando se realizan paradas programadas de mantenimiento. Para la organización propietaria de las instalaciones puede parecer una relación muy habitual, y disponer de una asignación de responsabilidades sencilla.

Hay que tener en cuenta que las empresas contratistas que vienen a realizar las tareas de la parada pueden no estar familiarizadas con este sistema organizativo, por lo que se pueden generar demoras simplemente por su desconocimiento. Para ello, se realizará un organigrama que será de obligado conocimiento para las empresas contratistas, donde no solamente se dispondrá de la estructura jerárquica, sino que además se establecerán los puntos más significativos de la responsabilidad que afecta a cada nivel.

Dentro de las organizaciones que operan con plantas industriales suele estar bastante generalizada una distribución por áreas funcionales, donde se distinguen básicamente los siguientes departamentos.

#### *Departamento de Materias Primas y Compras.*

Área funcional de la organización que se encarga de la gestión de todas las relaciones con proveedores permitiendo la actividad continuada, esta además tiene una subárea especializada en gestión de materiales en paradas programadas.

#### *Departamento de Operación.*

Área funcional encargada de la explotación de la planta que será sometida a la parada, son los grandes conocedores de las instalaciones y tratan de optimizar los recursos para maximizar la producción, siguiendo las instrucciones del departamento de planificación de la producción. Su labor es fundamental en la parada de planta, pues son los encargados de establecer y asegurar

las condiciones, para que todas las tareas a realizar en los equipos, sean llevadas a cabo con la máxima seguridad.

#### *Departamento de Mantenimiento.*

Área funcional donde reside el conocimiento técnico de los equipos que serán intervenidos en la parada de planta, la limitación de recursos para el gran volumen de trabajos a realizar, impide que la parada pueda ser realizada únicamente por este área. Su labor principal consistirá en velar por la adecuada realización de las tareas, es decir, serán los supervisores de la ejecución de las tareas realizadas por las empresas contratistas.

Este departamento se desglosa en distintos subdepartamentos, que vendrán establecidos por las distintas especialidades de mantenimiento, equipos estáticos, dinámicos, taller eléctrico, instrumentación, obras civiles,....

En condiciones normales de trabajo, fuera de paradas de mantenimiento, cada departamento interacciona con los demás de una forma preestablecida, para el caso de las paradas de planta, estas relaciones van encaminadas a lograr un objetivo común, que será la realización de todas las tareas en el tiempo marcado por la planificación.

La gran cantidad de interferencias que se pueden dar entre las tareas a la hora de ejecutarlas, deberán ser resueltas de la forma más favorable, siempre bajo el objetivo previsto anteriormente, por lo que la figura de un único coordinador se hace indispensable.

Será pues bajo esta dirección del coordinador donde se desarrolle el organigrama de la parada para la empresa cliente, tal como se puede observar en la siguiente figura.

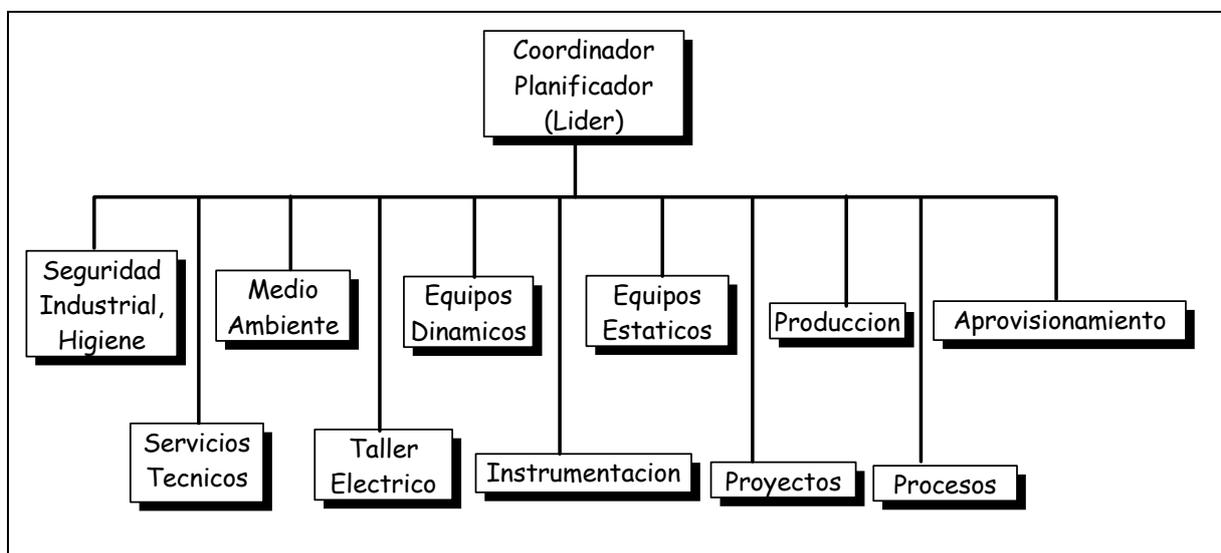


Figura 4.2. Organigrama del Cliente.

#### 4.5.2.1. Organigrama departamento de producción.

Las plantas industriales tienen una configuración de trabajo a 24 horas, dado que dichas unidades no están diseñadas para ser paradas y puestas en servicio diariamente si se trabaja únicamente a jornadas de 8 horas. Esto genera que se disponga de personal de producción a

jornadas de 24 horas (empleando turnos rotativos), durante las paradas de mantenimiento, por lo que las tareas que se designen podrán ser realizadas de forma continuada si existen recursos de mantenimiento suficientes.

Normalmente el organigrama de un departamento de operación es muy piramidal, tal y como se observa en la siguiente figura.

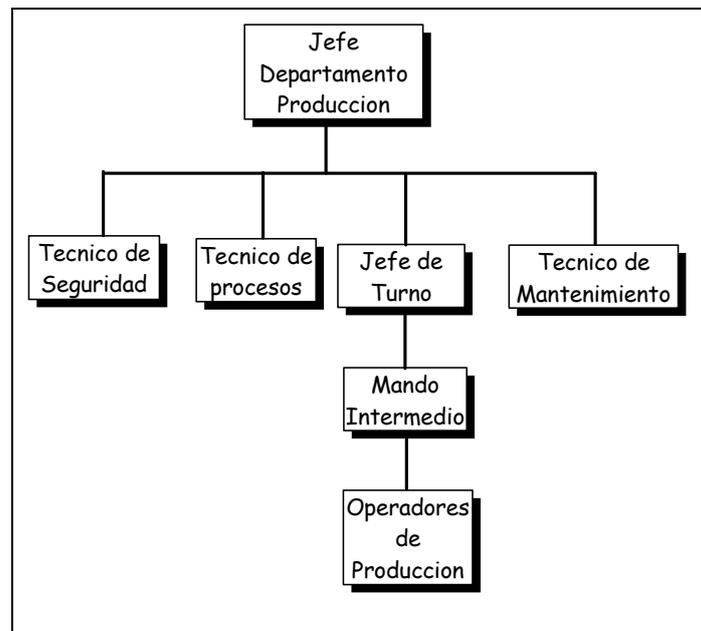


Figura 4.3. Organigrama Departamento de Producción.

#### 4.5.2.2. Organigrama departamento de mantenimiento y planificación.

Debido a que las tareas a realizar en la parada de planta son de mantenimiento industrial, el organigrama del departamento de mantenimiento está muy solapado con el del cliente que anteriormente se ha propuesto para la parada.

Si bien es cierto, que el coordinador de la parada no es el jerárquico superior del departamento de mantenimiento, esta figura recaerá sobre uno de los niveles jerárquicos de mayor rango, normalmente sobre un Ingeniero de Mantenimiento de la especialidad cuyas tareas tenga la mayor importancia dentro del camino crítico de la parada. Esto permitirá aunar esfuerzos en pro de mejorar el camino crítico y no en finalizar las tareas asociadas a cada especialidad.

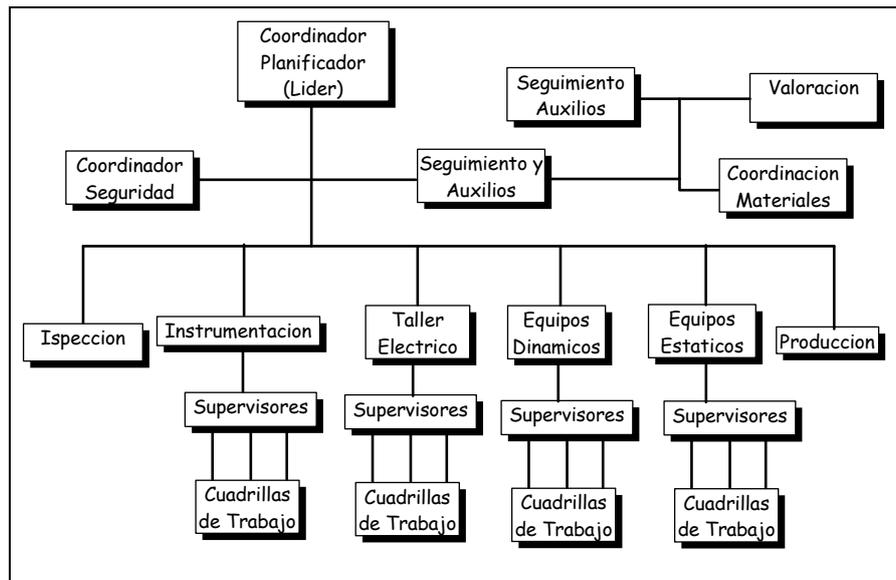


Figura 4.4. Organigrama Departamento de Mantenimiento y Planificación.

Aparece en este organigrama una figura muy importante, la del coordinador de seguridad cuya labor principal será la de velar por que todas las tareas se realizan acorde al nivel de seguridad que la organización tiene dentro de su filosofía. Interaccionando con los coordinadores de seguridad de cada empresa contratista, cuya experiencia en la realización de tareas puede generar mejoras en los criterios de seguridad.

La diversidad de tareas que se pueden realizar en las paradas de mantenimiento, donde cabe destacar aquellas realizadas insitu en la propia planta o las realizadas en talleres, genera la necesidad de una organización por subdepartamentos de una forma casi paralela, que aunque pueda parecer redundante es imprescindible para la supervisión y ejecución de las tareas.



## 5. APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA PLANIFICACIÓN DE UNA PARADA.

### 5.1. Descripción de la unidad de proceso

#### 5.1.1. Bases de diseño.

La extracción líquido-líquido consiste en la separación de los componentes de una mezcla líquida, por contacto con otro líquido, inmiscible con ella o parcialmente inmiscible y que disuelve preferentemente a uno de los constituyentes.

Este tipo de proceso se suele establecer cuando las fracciones a separar poseen unas determinadas características:

- Separación de líquidos de punto de vaporización próximos.
- Compuestos poco volátiles.
- Volatilidad relativa muy parecida.
- Compuesto en pequeñas proporciones.
- Separación de sustancias sensibles al calor, generando degradación.
- Separación de mezclas que forman azeótropos

La materia prima, formada por mezcla miscible de los productos que se desean separar, es puesta en contacto con el producto que actuará como solvente, en una torre de extracción, cuya configuración física permitirá que ambos productos puedan estar en contacto el tiempo requerido.

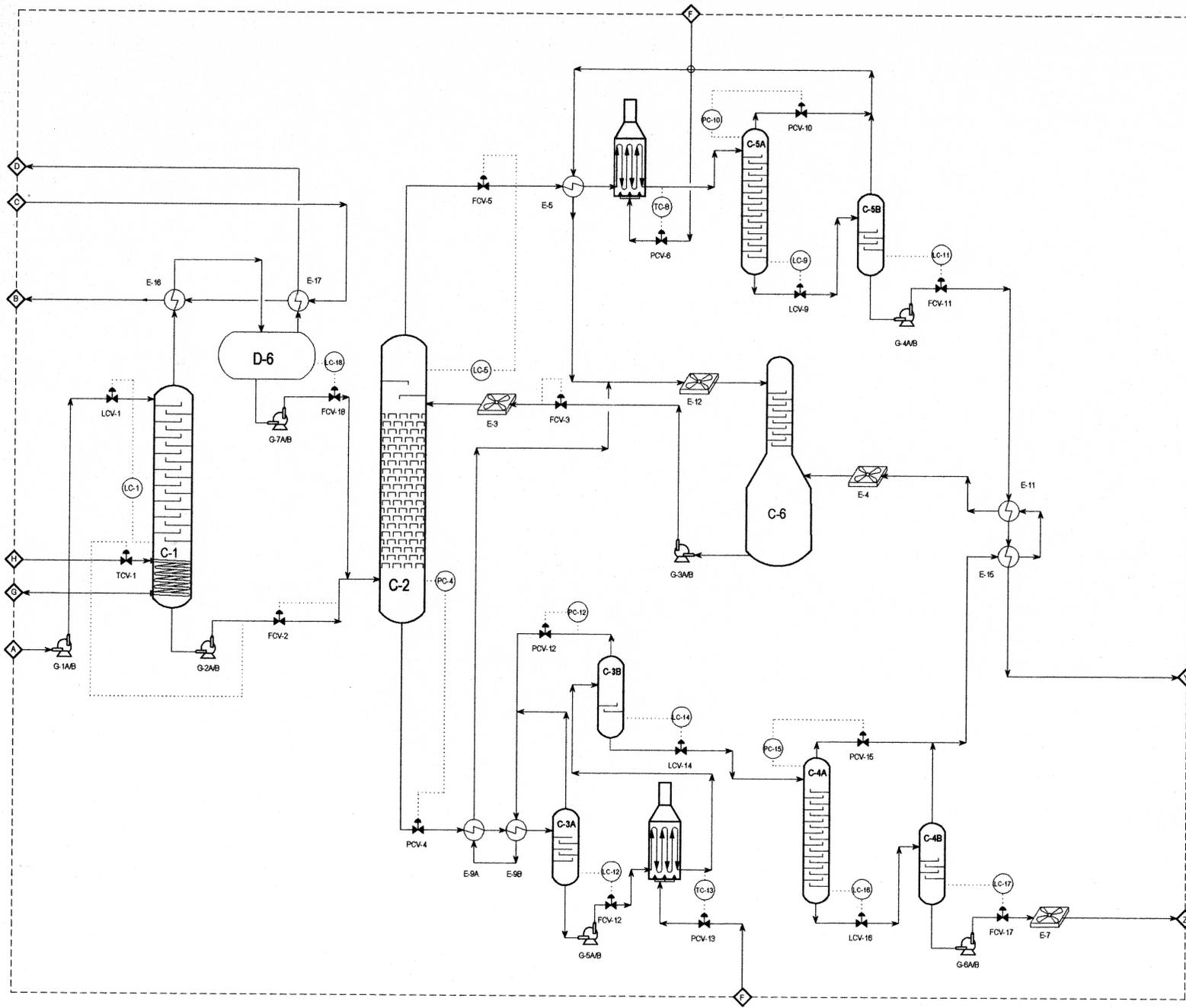
Mediante el ajuste inicial de las condiciones de temperatura y presión adecuadas, se establece una separación del producto refinado y del producto extractado, donde una de ellas será rica en el solvente empleado.

Ambas corrientes separadas serán tratadas posteriormente por diversos métodos con el objetivo de recuperar el solvente y poder reutilizarlo de nuevo en el proceso.

#### 5.1.2. Diagrama de bloques.

Las plantas de proceso que se emplean para este tipo de extracción se dividen en tres etapas básicamente:

1. Contacto entre las fases.
2. Separación de fases.
3. Recuperación del solvente.



- A.- Carga
- B.- Off gas
- C.- C.W.S.
- D.- C.W.R.
- E.- Agente Extractor
- F.- Combustible Hornos
- G.- Vapor 11 bar
- H.- Condensado 11 bar
- Y.- Producto Refinado
- Z.- Producto Extractado

	Fecha	Nombre
Dibujado	Sep-2011	L.A.A.O.
Comprobado		
Anotado		

**DIAGRAMA DE EQUIPOS DE  
UNIDAD EXTRACTORA LIQUIDO-LIQUIDO**

Luis Angel Augusto Ojeda



### 5.1.3. Diagrama de equipos

El diagrama de equipos de la planta propuesta para la planificación de la parada se observa en la Figura 5.1.

En este podemos observa como la materia prima procedente de tanque de almacenamiento, es trasegada hacia la torre C-1. En esta torre se consigue separar el aire disuelto en la materia prima, que provocaría una degradación del solvente perdiendo capacidad selectiva. El aire separado en la torre arrastra materia prima que debe ser recuperada, dicho proceso se lleva a cabo en el depósito D-6 y mediante enfriamiento con los intercambiadores E-16 y E-17, permitiendo la condensación de la materia prima y su posterior incorporación al proceso.

La mezcla de los compuestos a separar es introducida en la torre de extracción C-2 por la parte inferior, introduciéndose por la parte superior el solvente, la diferencia de densidad entre ambos productos permite que la materia prima ascienda y el solvente descienda, entrando en contacto ambos líquidos a lo largo de la torre. La configuración física de la torre permite que ambos productos tengan un tiempo de residencia, que en las condiciones de presión y temperatura de la torre, generan que el producto extractado sea miscible con el solvente y la fase refinada sea parcialmente inmiscible.

La corriente de refinado, pobre en solvente, es calentada y separada del solvente presente en esta corriente para su posterior reutilización. Debido al poco contenido de solvente en la corriente refinada, las torres y el horno son de reducido tamaño, permitiendo recuperar la totalidad del solvente.

La corriente de producto extractado, muy rica en solvente, es calentada y separada de este en un horno empleando cuatro torres de destilación, la gran cantidad de solvente a recuperar hace que los equipos asociados a esta fase sean de mayor tamaño que los de la corriente de refinado.

Ambos sistemas de recuperación de solvente son llevados a un sistema de acumulación común (C-6), donde este es acumulado hasta su posterior reutilización.

### 5.2. Especificaciones Técnicas de los equipos.

Torre C-1		
Espesor de Equipo	54	mm
Material carcasa	A-181-I	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	829 x 12192	mm
Número de platos	14	
Material de Platos	A-283-C	
Presión de prueba	2.5	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	6	m <sup>3</sup>



<i>Torre C-2</i>		
Espesor de Equipo	12.7	mm
Material carcasa	A-181-I	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	1829 x 17475	mm
Número de platos		
Material de Platos		
Presión de prueba	13	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	47	m <sup>3</sup>

<i>Torre C-3A</i>		
Espesor de Equipo	15	mm
Material carcasa	A-181-I	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	1700 x 9754	mm
Número de platos	4	
Material de Platos	AISI-410-S	
Presión de prueba	3	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	36	m <sup>3</sup>

<i>Torre C-3B</i>		
Espesor de Equipo	8	mm
Material carcasa	A-181-I	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	1700 x 5943	mm
Número de platos	2	
Material de Platos	AISI-316	
Presión de prueba	7	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	36	m <sup>3</sup>

<i>Torre C-4A</i>		
Espesor de Equipo	13	mm
Material carcasa	A-285-C	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	900 x 12040	mm
Número de platos	17	
Material de Platos	AISI-410-S	
Presión de prueba	3	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	7	m <sup>3</sup>



<i>Torre C-4B</i>		
Espesor de Equipo	13	mm
Material carcasa	A-285-C	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	900 x 6553	mm
Número de platos	4	
Material de Platos	AISI-410-S	
Presión de prueba	3	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	4	m <sup>3</sup>

<i>Torre C-5A</i>		
Espesor de Equipo	18	mm
Material carcasa	A-285-C	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	1100 x 12344	mm
Número de platos	18	
Material de Platos	AISI-410-S	
Presión de prueba	3	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	11	m <sup>3</sup>

<i>Torre C-5B</i>		
Espesor de Equipo	18	mm
Material carcasa	A-285-C	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	1100 x 12344	mm
Número de platos	4	
Material de Platos	AISI-410-S	
Presión de prueba	3	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	6	m <sup>3</sup>

<i>Torre C-6</i>		
Espesor de Equipo	18	mm
Material carcasa	A-285-C	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3.2	mm
Medidas	1100 x 12344	mm
Número de platos	10	
Material de Platos	AISI-410-S	
Presión de prueba	3	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	44	m <sup>3</sup>



<i>Depósito D-6</i>		
Espesor de Equipo	8	mm
Material carcasa	A-285-C	
Material Cabeza y fondo	A-285-C	
Máxima corrosión permitida	3	mm
Medidas	1391 x 3657	mm
Número de platos		
Material de Platos		
Presión de prueba	2	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	6	m <sup>3</sup>

<i>Horno F-1</i>		
Calor absorbido	2.900.000	BT/H
Diámetro de tubos radiación	3 ½"	
Materia de tubos radiación	A-106-GR-A/B	
Número de tubos radiación	28	mm
Schedule de tubos radiación	80	mm
Presión de prueba	3	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	0.5	m <sup>3</sup>

<i>Horno F-2</i>		
Calor absorbido	16.000.000	BT/H
Diámetro de tubos radiación	5 ½"	
Materia de tubos radiación	A-106-GR-A/B	
Número de tubos radiación	40	mm
Schedule de tubos radiación	80	mm
Diámetro de tubos convección	4	
Materia de tubos convección	A-106-GR-A/B	
Número de tubos convección	15	mm
Schedule de tubos convección	80	mm
Presión de prueba	3	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de inspección	Por puntos	
Tratamiento Térmico	No	
Volumen	6.5	m <sup>3</sup>

### ***5.3. Estructura de Descomposición del Proyecto.***

Las paradas de plantas para mantenimiento industrial, normalmente marcan sus hitos de logros cuando los equipos que van a ser intervenidos están preparados para poder emplearse en sus tareas habituales. Como se ha comentado anteriormente, salvo casos muy justificados dichos equipos no son redundantes, por lo que su no operatividad impide la puesta en marcha de la planta.



Desde el punto de vista de los equipos de proceso podemos distinguir las siguientes categorías:

1. Torres de Destilación o Extracción.
2. Depósitos acumuladores.
3. Intercambiadores de Calor.
4. Aerorrefrigerantes.
5. Hornos.
6. Subestaciones Eléctricas.
7. Automáticas de proceso
8. Instrumentación.

Dentro de cada uno de estos equipos podremos distinguir una serie de operaciones, que posteriormente desencadenaran en tareas simples que generarán la worklist.

### 5.3.1. Torres de Destilación o Extracción.

Disponemos de una secuencia lógica que deberá de realizarse para de esta forma realizar los trabajos:

1. Accesibilidad. Permitir la accesibilidad a todos aquellos lugares donde será necesario realizar tareas.
2. Aislar. Aislar el equipo completamente del proceso, impidiendo que durante la realización de los trabajos pudiese entrar algún producto peligroso para las personas que realizan las tareas.
3. Abrir. Apertura de registros y bocas de hombre para poder entrar al interior.
4. Declarar abierto. Realizar la primera limpieza y ventilar la torre para que se pueda entrar sin riesgo para las personas.
5. Accesibilidad interior. Montar los elementos que permitan realizar las tareas del interior en condiciones seguras.
6. Desmontar interior.
7. Limpieza del interior y de los elementos desmontados.
8. Inspección.
9. Reparación.
10. Montar internos.
11. Cerrar torre.
12. Desaislado.



### 5.3.2. Depósitos acumuladores.

Disponemos de una secuencia lógica que deberá de realizarse para de esta forma realizar los trabajos:

1. Accesibilidad. Permitir la accesibilidad a todos aquellos lugares donde será necesario realizar tareas.
2. Aislar. Aislar el equipo completamente del proceso, impidiendo que durante la realización de los trabajos pudiese entrar algún producto peligroso para las personas que realizan las tareas.
3. Abrir. Apertura de registros y bocas de hombre para poder entrar al interior.
4. Declarar abierto. Realizar la primera limpieza y ventilar el depósito para que se pueda entrar sin riesgo para las personas.
5. Accesibilidad interior. Montar los elementos que permitan realizar las tareas del interior en condiciones seguras.
6. Desmontar interior.
7. Limpieza del interior y de los elementos desmontados.
8. Inspección.
9. Reparación
10. Montar internos.
11. Cerrar depósito.
12. Desaislado.

### 5.3.3. Intercambiadores de Calor.

Disponemos de una secuencia lógica que deberá de realizarse para de esta forma realizar los trabajos:

1. Accesibilidad. Permitir la accesibilidad a todos aquellos lugares donde será necesario realizar tareas.
2. Aislar. Aislar el equipo completamente del proceso, impidiendo que durante la realización de los trabajos pudiese entrar algún producto peligroso para las personas que realizan las tareas.
3. Abrir. Apertura de registros.
4. Extracción de internos
5. Limpieza de interior.
6. Limpieza de externos.
7. Inspección de internos e interior.



8. Reparación.
9. Montaje.
10. Prueba hidráulica.
11. Desaislado

#### 5.3.4. Aerorefrigerantes.

Disponemos de una secuencia lógica que deberá de realizarse para de esta forma realizar los trabajos:

1. Accesibilidad. Permitir la accesibilidad a todos aquellos lugares donde será necesario realizar tareas.
2. Aislar. Aislar el equipo completamente del proceso, impidiendo que durante la realización de los trabajos pudiese entrar algún producto peligroso para las personas que realizan las tareas.
3. Abrir. Apertura de registros.
4. Desmontaje del equipo
5. Limpieza.
6. Reparación.
7. Inspección prueba hidráulica de tubos fuera de planta.
8. Montaje del equipo en planta.
9. Inspección y prueba hidráulica en planta.
10. Desaislado del equipo

#### 5.3.5. Hornos.

Disponemos de una secuencia lógica que deberá de realizarse para de esta forma realizar los trabajos:

1. Accesibilidad. Permitir la accesibilidad a todos aquellos lugares donde será necesario realizar tareas.
2. Aislar. Aislar el equipo completamente del proceso, impidiendo que durante la realización de los trabajos pudiese entrar algún producto peligroso para las personas que realizan las tareas.
3. Abrir. Apertura de registros y bocas de hombre para poder entrar al interior.
4. Decoquizado mecánico de tubos.
5. Declarar abierto. Realizar la primera limpieza y ventilar el equipo para que se pueda entrar sin riesgo para las personas.

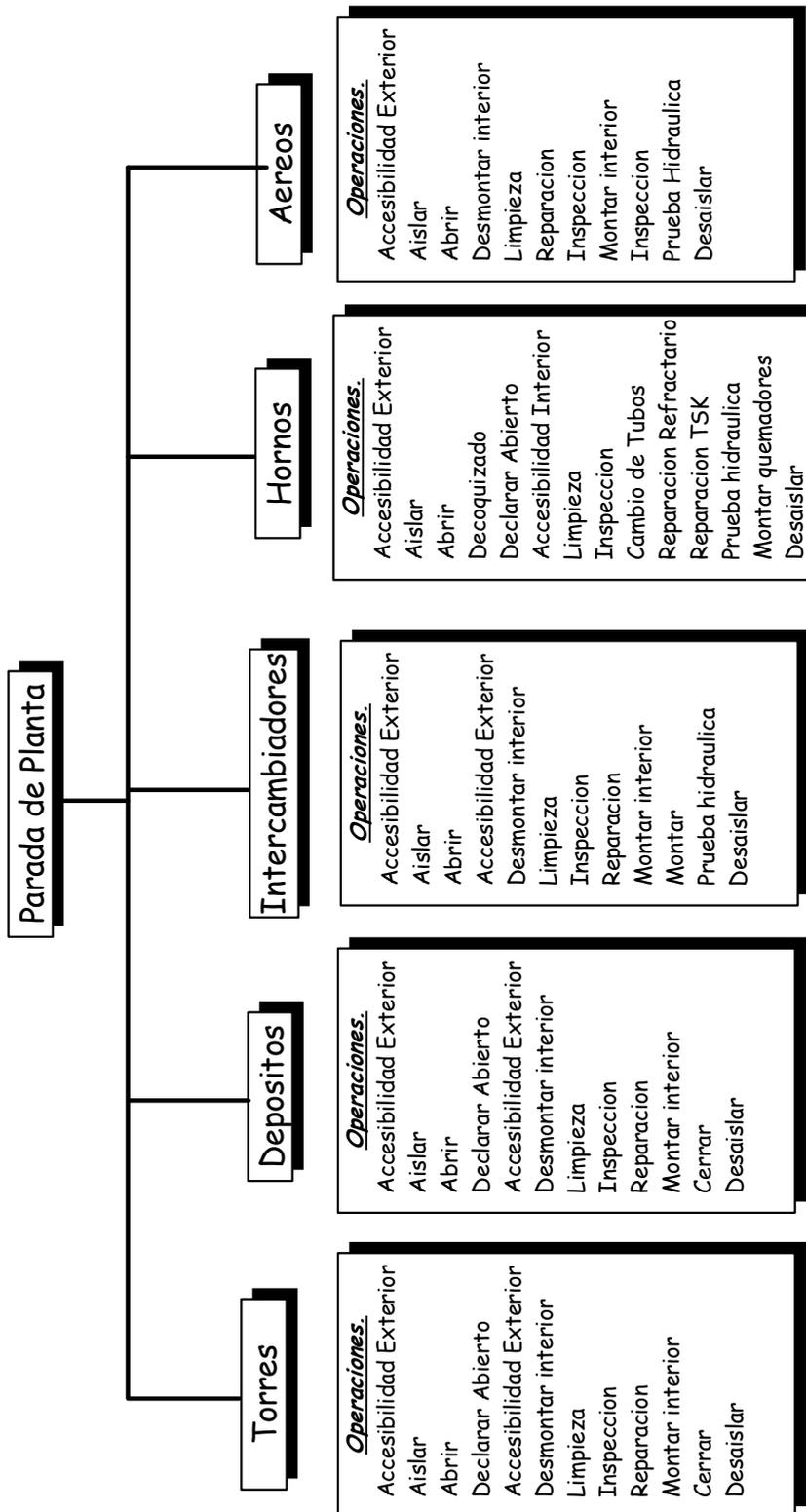


6. Reparación / Reacondicionado de quemadores.
7. Accesibilidad interior. Montar los elementos que permitan realizar las tareas del interior en condiciones seguras.
8. Limpieza interior.
9. Inspección.
10. Cambio de Tubos.
11. Reparación de refractario.
12. Reparación de TSK's en tubos.
13. Prueba hidráulica de tubos.
14. Montaje de quemadores.
15. Desaislado de equipo.

#### **5.3.6. Subestaciones Eléctricas, Automáticas de Control e Instrumentación**

Los trabajos a realizar en estos equipos varían de una parada a otra y salvo que nos estemos rigiendo por operaciones más rutinarias, deberán tenerse en cuenta en la estructura de descomposición del proyecto.

Para el caso que nos ampara, las operaciones a realizar son secuenciales y rutinarias, por lo que no formarán parte de EDP, pues se convierten más en una secuencia de tareas mas propias del oficio, que en una planificación.





## 6. PREPARACIÓN DE LA WORKLIST.

### 6.1. Descripción de las tareas básicas a realizar según los equipos.

Preparar una worklist es un trabajo metódico y que tiene mucho de sistemático, siendo la parte central de la preparación de la parada de planta.

Para ello en primer lugar definiremos todos aquellos trabajos que de forma sistemática han de realizarse en cada uno de los distintos tipos de equipos, para posteriormente ir añadiendo aquellas tareas específicas para cada equipo, bien por su configuración o bien para la realización de trabajos diferentes.

#### 6.1.1. Torres.

Las torres de proceso son equipos cilíndrico verticales donde se llevan a acabo las operaciones de separación, estas pueden ser por destilación o por extracción líquido-líquido.

Son pues equipos que han estado sometidos a condiciones de proceso severas y por ello han de ser revisados y reparados cada cierto tiempo, debido a que las torres no son redundantes, este trabajo solamente puede ser realizado en la parada de la planta.

Desde el punto de vista de la seguridad para los trabajos a realizar durante la parada, se requieren de unas premisas indispensables, todas ellas para asegurar la integridad de las personas que van a ejecutar las tareas en el interior de estos equipos.

Las condiciones estructurales de cada torre requiere de un estudio de riesgos para cada caso, pues las dimensiones y los procedimientos de rescate para cada equipo varían en función de sus características. Especial atención deberá de realizarse en el punto de declaración de equipo abierto, donde se ha constatado que no existen riesgos en la realización de los trabajos, salvo aquellos derivados del propio oficio o de las dimensiones de la zona de trabajo.

Podemos entonces definir una serie de actividades secuenciales para todas las torres.

1. Montar Andamios exteriores para discos ciegos y bocas de hombre.
2. Poner discos ciegos para cegar equipo según relación adjuntada por Producción.
3. Reparación y calibración de válvula de seguridad (PSV).
  - a. Desmontar y trasladar a taller válvula de seguridad
  - b. Traer del taller y montar una vez calibrada
4. Apertura de bocas de hombre
  - a. Abrir boca de hombre inferior
  - b. Abrir boca de hombre intermedia
  - c. Abrir boca de hombre superior
5. Ventilar/Airear equipo



- a. Ventilar/Airear equipo de forma natural
- b. Instalar extractores de aire
6. Limpiar y extraer residuos internos
  - a. Limpiar el fondo interno, baldear desde boca de hombre y aspirar los residuos
7. Declarar Recipiente abierto.
  - a. Tomar condiciones internas y Declarar Recipiente abierto
8. Montar alumbrado interno.
9. Montar andamio interior.
10. Desmontar internos.
  - a. Transportar material desmontado a área de limpieza y limpiar
11. Realizar limpieza interna.
12. Realizar limpieza de envolvente, elementos internos y desobstrucción de todas las tubuladuras.
13. Realizar puntos inspección.
14. Montar internos.
15. Desmontar alumbrado interno.
16. Cerrar Bocas de Hombre.
17. Quitar discos ciegos para descegar equipo.
18. Desmontar Andamios exteriores para discos ciegos y bocas de hombre.

### 6.1.2. Depósitos.

Las depósitos son equipos cilíndrico horizontales o verticales cuya misión es la de acumular producto en las distintas fases del proceso, para ir suministrando "materia prima" a cada una de las etapas en la que se divide.

Son pues equipos que han estado sometidos a condiciones de proceso severas y por ello han de ser revisados y reparados cada cierto tiempo, debido a que los depósitos no son redundantes, este trabajo solamente puede ser realizado en la parada de la planta.

Desde el punto de vista de la seguridad para los trabajos a realizar durante la parada, se requieren de unas premisas indispensables, todas ellas para asegurar la integridad de las personas que van a ejecutar las tareas en el interior de estos equipos.

Las condiciones estructurales de cada equipo requiere de un estudio de riesgos para cada caso, pues las dimensiones y los procedimientos de rescate para cada equipo varían en función de sus características. Especial atención deberá de realizarse en el punto de declaración de equipo abierto, donde se ha constatado que no existen riesgos en la realización de los trabajos, salvo aquellos derivados del propio oficio o de las dimensiones de la zona de trabajo.



Podemos entonces definir una serie de actividades secuenciales para todos los depósitos.

1. Acceso al foso, en caso de estar en cota negativa.
  - a. Desmontar cubierta del foso.
  - b. Limpieza del foso con agua a presión.
2. Poner discos ciegos para cegar equipo según relación de Producción.
3. Vaporizar equipo.
  - a. Montaje de útiles para vaporizar equipo.
  - b. Vaporizar equipo.
4. Abrir Bocas de Hombre.
5. Instalar extractores de aire.
  - a. Montar extractor de aire en boca de hombre para ventilación.
  - b. Desmontar extractor de aire en boca de hombre.
6. Ventilar/Airear equipo.
7. Declarar Recipiente abierto.
8. Limpiar y extraer residuos internos.
9. Montar alumbrado interno.
10. Realizar limpieza mecánica manual interior.
11. Realizar limpieza de tomas de instrumentos.
12. Limpieza del serpentín.
13. Desmontar serpentín.
14. Realizar prueba hidráulica del serpentín.
15. Montar serpentín.
16. Realizar puntos para inspección.
17. Realizar Inspección.
18. Cerrar Bocas de Hombre.
19. Quitar D.C. 's para descegar equipo según relación de producción.
20. Cerrar foso.
21. Montar chapas en cubierta del foso.



### 6.1.3. Aéreos.

Los aéreos son intercambiadores de calor, donde el fluido que recibe el calor es el aire de la atmósfera al ser impulsado por un ventilador contra los tubos por donde circula el fluido del proceso que se desea enfriar. Normalmente para aumentar la superficie de enfriamiento disponen de aletas que permite un mayor contacto superficial entre ambos fluidos.

Las tareas a realizar en este tipo de equipos van encaminadas a asegurar la estanqueidad del fluido de proceso y aumentar la eficiencia de intercambio de energía mediante la limpieza interior y exterior de los tubos y aletas.

Habitualmente son equipos muy voluminosos que han de ser limpiados y reparados en zonas específicas y fuera de su lugar de trabajo.

Podemos entonces definir una serie de actividades secuenciales para todos los aéreos:

1. Aislar equipo.
  - a. Poner discos ciegos en líneas de entrada y salida a tubos.
2. Desmontaje del equipo.
  - a. Quitar tapones de Venteo y drenaje.
  - b. Desmontar persianas.
  - c. Desmontar puentes soportes.
  - d. Abrir registro.
  - e. Soltar haz tubular de su bancada.
  - f. Quitar haz tubular de su bancada.
3. Transportar haz a zona de limpieza.
4. Limpieza para reentubado.
5. Transportar haz tubular de planta al taller.
6. Reentubado del equipo.
  - a. Cortar tubos junto a cabezales.
  - b. Taladrar y botar casquillos en ambos cabezales.
  - c. Limpiar orificios y grooves en ambos cabezales.
  - d. Preparar y lijar puntas de tubos.
  - e. Montar tubos.
  - f. Mandrilar tubos por ambos cabezales.
  - g. Poner todos los tapones de ambos cabezales.
  - h. Preparación mecánica y prueba hidráulica de tubos.
7. Inspección prueba hidráulica de tubos.
8. Montaje del equipo en planta.



- a. Transportar haz tubular del taller a planta.
  - b. Poner haz tubular en su bancada.
  - c. Conexionar haz tubular a su bancada.
  - d. Montar puentes soportes.
  - e. Montar persianas.
  - f. Poner tapones de Venteo y drenaje.
  - g. Cerrar registro.
9. Inspección y prueba hidráulica.
- a. Preparación mecánica y prueba hidráulica de tubos.
  - b. Inspección de prueba hidráulica de tubos.
10. Desaislado del equipo.
- a. Quitar discos ciegos en líneas de entrada y salida a tubos.

#### 6.1.4. Intercambiadores.

Los intercambiadores de calor son equipos empleados para conseguir que un fluido transfiera parte de su energía a otro, poniéndolo en contacto mediante la pared de un tubo estanco. Sirven para el aprovechamiento de la energía y normalmente son de tipo cilíndrico horizontal.

Las tareas a realizar en este tipo de equipos van encaminadas a asegurar la estanqueidad entre los fluidos de proceso y aumentar la eficiencia de intercambio de energía mediante la limpieza interior y exterior de los tubos.

Podemos entonces definir una serie de actividades secuenciales para todos los intercambiadores.

1. Montar andamios.
2. Aislar Equipo.
  - a. Poner discos ciegos en carcasa.
  - b. Poner discos ciegos en lado de tubos.
3. Apertura Equipo.
  - a. Desmontar tapa plana.
  - b. Desmontar cabeza esférica.
  - c. Desmontar collarín.
  - d. Desmontar cabeza flotante.
  - e. Desmontar haz tubular.
4. Sacar haz tubular con máquina extracción.
5. Transportar haz tubular de planta al área de limpieza con gorila.



6. Limpieza del haz tubular.
  - c. Limpiar con máquina de limpieza robotizada interior y exterior de haz.
7. Transportar accesorios de planta al área de limpieza.
  - d. Limpiar con maquina de presión de accesorios.
8. Inspección del Haz tubular y Accesorios.
9. Limpieza de Carcasa.
  - e. Limpiar con maquina de presión interior de carcasa.
10. Preparar puntos de Inspección.
11. Inspección de haz y accesorios.
12. Reentubado.
13. Transportar haz tubular desde área de limpieza al taller metalúrgico y carga de tubos en el almacén.
14. Reparación de tubos.
  - f. Cortar tubos junto a placas.
  - g. Taladrar y botar casquillos en ambas placas.
  - h. Limpiar orificios y grooves en placas tubulares.
  - i. Extraer tubos de las chicanas.
  - j. Enderezar chicanas, hacer paquetes y escariar.
  - k. Montar estructura de haz con chicanas, tirantes y placas.
  - l. Limpiar tubos con trapos y lijar puntas.
15. Montaje de tubos en el haz.
  - m. Mandrilar tubos por ambas placas.
  - n. Sacar tirantes de montaje, meter tubos y mandrilar extremos.
16. Inspección del reentubado.
17. Recoger haz de taller/almacén y transportar a planta.
18. Transportar haz tubular del área de limpieza a planta.
19. Montar haz tubular con maquina de extracción.
20. Prueba de mandrilado.
  - o. Transportar anillo de prueba desde almacén a planta.
  - p. Montar anillo de prueba.
  - q. Prueba hidráulica del mandrilado.
21. Inspección prueba hidráulica del mandrilado.
22. Desmontar anillo de prueba.



23. Montar cabeza flotante.
24. Montar tapa plana.
25. Prueba por tubos.
26. Poner discos ciegos en lado de tubos.
27. Preparación mecánica y prueba hidráulica de tubos.
28. Inspección prueba hidráulica de tubos.
29. Montar cabeza esférica.
30. Prueba por Carcasa.
31. Preparación mecánica y prueba hidráulica de carcasa.
32. Inspección prueba hidráulica de carcasa.
33. Desaislado del equipo.
34. Quitar discos ciegos en carcasa.
35. Quitar discos ciegos en lado de tubos.
36. Desmontar andamios.

#### 6.1.5. Hornos.

Los hornos son equipos vitales para los procesos industriales donde se produce destilación, ya que son los encargados de aportar la energía suficiente a los fluidos de proceso para que se lleve a cabo la destilación propiamente dicha.

No se encuentran nunca duplicados por lo que todos los trabajos han de ser realizados en las paradas programadas. Tienen asociados una gran cantidad de trabajos y normalmente son los que marcan el camino crítico de la parada de planta.

Podemos entonces definir una serie de actividades secuenciales para todos los hornos.

1. Montar andamios exteriores para cambio de tubos.
2. Poner discos ciegos según relación de Producción.
3. Desmontaje de quemadores.
4. Abrir Puerta de Explosión.
5. Abrir accesos a Radiación y Convección.
6. Decoquizado mecánico.
  - a. Montar acoples para decoquizado.
  - b. Montar y conectar equipos de decoquizado.
  - c. Limpieza.
  - d. Desmontar equipos de decoquizado.



- e. Desmontar acoples.
7. Abrir puertas en cajones codos de Convectiva.
8. Desmontar registros y puertas
9. Declarar recipiente abierto.
  - a. Tomar condiciones (explosividad,oxigeno,etc...)
10. Revisión de dampers de chimenea y líneas de análisis de humos.
  - a. Suavizar y engrasar cables y poleas.
  - b. Comprobación de apertura y cierre.
  - c. Desconexión, soplado y conexión de líneas de análisis de humos.
11. Desmontaje de quemadores
  - a. Marcado e identificación de cada uno de los quemadores.
  - b. Desmontaje de quemadores.
  - c. Carga, traslado a taller para su reparación y limpieza.
  - d. Montaje de tableros o tapas para protección de muflas de quemadores.
12. Reparación / Reacondicionado de quemadores.
  - a. Descarga de quemadores en talleres o zona indicada para su reparación.
  - b. Reparar o cambiar pilotos.
  - c. Reparar o cambiar registros de aire / persianas.
  - d. Reparar o cambiar bloques refractarios y tubos.
  - e. Armado de conjunto y comprobación de medidas.
  - f. Reparación o Sustitución de válvulas de quemadores.
13. Montar alumbrado interior / exterior.
14. Montar andamios interiores.
15. Poner tabloneros y plásticos en parte superior de andamio para limpieza de tubos de zona convectiva.
16. Modificación de andamios interiores.
17. Limpieza con agua de zona convectiva.
18. Limpieza exterior de tubos y codos de la zona convectiva con agua.
19. Limpieza de Radiación.
20. Limpieza manual de tubos.
21. Realizar puntos para Inspección. Zona Convectiva.
  - a. Efectuar puntos para inspección.
  - b. Inspección de la limpieza y toma de espesores.



- c. Realizar puntos para Inspección. Zona Radiación.
  - d. Descubrir codos en parte baja de radiación.
  - e. Efectuar puntos para inspección.
  - f. Inspección de la limpieza y toma de espesores.
22. Realizar inspección del horno.
- a. Marcado e indicación por inspección de tubos y codos a sustituir.
23. Cambio de Tubos.
- a. Transporte de nuevo material a planta.
  - b. Carga y traslado desde almacén a planta de materiales nuevos.
  - c. Descarga de codos y tubos en planta.
  - d. Desmontaje de tubos de Radiación.
  - e. Apertura de ventana para pasos de tubos en techo de Radiación.
  - f. Realizar cortes en tubos.
  - g. Desmontar horquillas.
  - h. Desmontar codo.
  - i. Sacar al exterior y traslado a la chatarra.
24. Implantación de equipo refractario y soportes.
- a. Realizar implantación de personal y maquinaria de refractario.
  - b. Picar y extraer refractario en techo de Radiación.
  - c. Eliminación de clips de refractario.
  - d. Picar y extraer refractario en paredes de Radiación.
  - e. Sustitución de soportes de tubos. Radiación y Transmisión.
  - f. Picado de refractario para liberación de soportes.
  - g. Montar soportes para tubos Zona de Radiación.
  - h. Gunitado de zona demolida para apoyo de soporte.
25. Montaje de tubos en Radiación.
- a. Biselado de tubos y codos.
  - b. Realización de soldaduras de codos y tubos.
  - c. Radiografiado del 100% de las soldaduras.
  - d. Montaje de horquillas.
  - e. Montaje de codos 180°
  - f. Radiografiado del 100% de las soldaduras.



26. Inspección de horquillas y codos montados.
27. Desmontaje de tubos de zona Convectiva.
28. Apertura de ventana para pasos de tubos en paredes de Convección.
29. Desmontar horquillas.
30. Desmontar codos.
31. Sacar al exterior y traslado a la chatarra.
32. Montaje de tubos en Convección.
  - a. Biselado de tubos y codos.
  - b. Realización de soldaduras de codos y tubos.
  - c. Radiografiado del 100% de las soldaduras
33. Inspección de horquillas y codos montados.
34. Cambio de TSK's en tubos.
  - a. Desmontaje y eliminación de TSK's viejos en tubos de zona de Radiación, Convección y Transmisión
  - b. Montar y soldar nuevos TSK's y aplicación de cemento refractario.
35. Realizar prueba hidráulica de tubos.
  - a. Instalación de equipos y accesorios para Prueba Hidráulica.
  - b. Llenado de serpentín del horno.
  - c. Presionar y mantener la presión 2 horas.
  - d. Inspección de prueba por ECA o propiedad.
  - e. Bajada de presión y vaciado de tubos.
  - f. Soplado y secado.
  - g. Desmontaje de útiles de prueba hidráulica.
36. Aplicación de refractario.
  - a. Protección de tubos y soportes para gunitado.
  - b. Gunitado de de refractario
37. Desmontar andamios interiores.
38. Quitar tablonos y plásticos en parte superior de andamio para limpieza de tubos de zona convectiva.
39. Limpieza interior del horno.
  - a. Limpieza de solera y extracción de residuos.
  - b. Desmontar tableros o tapas de protección de mufas de quemadores.
  - c. Cambiar mufas secundarias en solera del horno.



40. Extracción de muflas viejas y traslado a chatarra.
41. Montaje de muflas secundarias en quemadores.
42. Sanear y rehacer juntas de dilatación de solera.
43. Desmontaje del alumbrado.
44. Montaje de quemadores.
  - a. Carga, traslado y descarga desde taller o zona de reparación a campo.
  - b. Montaje de quemadores
  - c. Verificar alturas de quemadores
45. Cerrar Puerta de Explosión.
46. Quitar discos ciegos según relación de Producción.
47. Abrir entrada a ductos de quemadores en automática de conducto.
48. Desmontar andamios exteriores para cambio de tubos.
  - a. Desmontar andamios en zona convección.
  - b. Desmontar andamios en zona radiación.

#### 6.1.6. Instrumentación.

1. Desmontar automática.
2. Montar tapas ciegas.
3. Trasladar a taller.
4. Revisar en taller.
5. Trasladar a planta.
6. Quitar tapas ciegas.
7. Motar automática.
8. Comprobar funcionamiento de automática.

#### ***6.2. Trabajos a realizar según solicitudes realizadas.***

Durante el proceso de planificación de una parada se reciben de forma continuada la realización de una serie de tareas, que si bien no son complejas, solamente podrán ser realizadas cuando la unidad no se encuentre produciendo, cambio de válvulas, desobstrucción de tubuladuras, revisión de instrumentos,....

Estas tareas normalmente no presentan complejidad si son tenidas en cuenta de forma asilada, pero el volumen que puede ser generado, el tiempo entre paradas puede oscilar entre 3 y 5 años, puede llegar a consumir una cantidad importante de recursos.

Es por ello, que debe establecerse una fecha límite para la recepción de estas tareas, pudiendo encajarlas dentro de la planificación de la parada y evitar que su mala gestión pudiera afectar al camino crítico.



Habitualmente dichas tareas suelen ser gestionadas por un encargado de la especialidad de metalurgia debido a que el grueso de las tareas va a ser realizadas por esta.

El aspecto más importante de estas tareas será la de gestionar los materiales y herramientas necesarias para poder realizar las tareas en el tiempo previsto, ya que normalmente no son tareas que se encuentren tabuladas en anteriores worklist, requerirán de un estudio minucioso para evitar contrariedades durante la ejecución.

Algunas de las tareas asignadas para la parada pueden ser:

- Reparar o sustituir válvulas de raíz de del instrumento por presentar fugas.
- Reponer empaquetadura de cierre de válvulas automáticas.
- Cambiar válvulas de raíz de placas de orificio.
- Limpiar nivel visual de un depósito.
- Reponer volante de válvula.
- Suavizar válvula.
- Revisar válvula de retención.



## 7. PREPARACIÓN DE PLIEGOS DE CONDICIONES.

### 7.1. Generalidades.

La mayor parte de las tareas serán realizadas por las empresas contratistas, esto supone que deberán marcarse una serie de pautas para que todas aquellas empresas contratistas que deseen entrar en concurso, puedan ofertar de forma equiparable.

Se redactarán pues pliegos de condiciones generales y específicos, según las tareas a realizar, donde se indicarán claramente los siguientes aspectos:

- Duración prevista de la parada, permitiendo ajustar la duración de las jornadas de los trabajadores, para cumplir la programación, así como asignar los recursos humanos necesarios.
- Definición de las tareas a realizar.
- Definición de las responsabilidades de cada parte en las tareas a realizar.
- Determinación de penalizaciones.

Estos pliegos de condiciones serán la referencia para que las contratistas adjudicadas, puedan desarrollar la estimación de tiempos de cada una de las tareas a realizar, así como de los recursos humanos y materiales necesarios. Dichos tiempos, deberán ser contrastados por la empresa propietaria, con los que tiene procedentes de su propia experiencia (paradas anteriores) y establecer empleando ambos la mejor programación posible.

Así pues, a modo de ejemplo se incluyen algunos de los pliegos de condiciones generales y particulares que se pueden establecer en una parada de planta para trabajos de mantenimiento.

### 7.2. Pliego de condiciones generales.

#### Objeto.

El presente Pliego de Condiciones Generales tiene por objeto establecer las condiciones de contratación y de ejecución de los trabajos a realizar en la parada de planta para mantenimiento.

#### Documentos contractuales.

Además de lo indicado en el presente Pliego de Condiciones Generales, formarán parte integrante del contrato, los siguientes documentos:

- Normativa de Seguridad vigente de la empresa Cliente.



- Especificaciones de construcción (Pliegos de Condiciones Facultativas) que afectan a la oferta:
- Procedimientos de Inspección: documentación a presentar por el instalador / reparador para trabajos metalúrgicos, trabajos en equipos sometidos al RAP, y pruebas hidráulicas de alto riesgo según RAP.
- Anexos al Pliego de Condiciones Particulares.
- Datos técnicos, especificaciones y planos de los equipos mencionados en el pliego.
- Guía de seguridad de trabajos en paradas generales, con sus anexos.

Todos estos documentos obrarán en poder del contratista. De no ser así, deberá reclamarlos a la empresa cliente, quien hará entrega de los mismos.

### **Descripción de los trabajos.**

Los trabajos amparados por este contrato son los de cegado, limpieza, reparaciones, y otros trabajos complementarios en torres, depósitos, y reactores de la unidad de Extracción Líquido-líquido durante la parada de mantenimiento, en las instalaciones que la empresa cliente posee en Cartagena.

### **Plazo de ejecución.**

Los trabajos acogidos por este Contrato serán realizados durante la parada prevista para el primer trimestre de 2015.

Inicio de trabajos: Previsto a comienzos de enero 2015.

Tipo de jornada máxima: 2 turnos de 12 horas de lunes a domingo.

Duración estimada en días de calendario: 25 días.

El Contratista incluirá en su oferta el programa de trabajo y la carga de personal para cada uno de los equipos que se indican en el precario de este pliego.

En los cambiadores que tengan un posible reentubado se considerará la realización del reentubado para la estimación de tiempos y personal.

El contratista deberá indicar en la oferta los equipos en los que trabajará en jornada continua y los equipos en los que se trabajará en jornada de 12 horas. Sin esta información no se considerará válida la oferta.

### **Condiciones técnicas.**

#### ***General.***

Los trabajos amparados por este contrato habrán de efectuarse de acuerdo con las mejores prácticas del oficio, que el Contratista por su experiencia en trabajos similares admite conocer,



y según las especificaciones técnicas, pliegos de condiciones facultativas, generales, etc., para este tipo de trabajos y cualquier otra norma o especificación que pudiera emanar de la Representación del Cliente.

La documentación base para la ejecución de los trabajos objeto de este contrato, son los planos que se adjuntan. En caso de contradicción o duda entre las partidas y los planos, se atenderán a éstos últimos.

El contratista, previamente a la presentación de su oferta económica, deberá haber comprobado en campo y en la documentación facilitada en la petición de oferta, todas las interferencias y dificultades que pudiera tener en la ejecución del trabajo objeto de contratación, así como la necesidad de aquellos trabajos que, no estando específicamente definidos, sea necesario realizar para llevar a cabo el trabajo.

Cuando no existan planos para ejecutar el trabajo solicitado por el cliente, el Contratista elaborará un croquis (aplicando las especificaciones del cliente), que mostrará el trabajo solicitado. Dicho croquis será entregado al representante del cliente, para sus comentarios y/o aprobación si procede.

Todos los materiales aportados por la Propiedad indicados en la petición de oferta serán retirados de Almacén y transportados hasta pie de obra por el Contratista.

### ***Trabajos de soldadura.***

Para la ejecución de los trabajos, el Contratista dispondrá de los equipos de soldadura autónomos o alimentados por generador de corriente que suministrará de su cuenta.

Todas las soldaduras serán radiografiadas por nuestros Servicios de Inspección, debiendo el Contratista aportar tanto la supervisión como el control de la calidad de las mismas.

Para los trabajos de soldadura, el Contratista presentará el Procedimiento y los soldadores homologados por una Entidad Colaboradora de la Administración, para su aprobación por parte del cliente.

No se iniciará ningún trabajo de soldadura o en equipos sometidos al R.A.P sin la previa autorización por parte de la Sección de Inspección del cliente mediante las hojas de control incluidas en los procedimientos de Inspección de este pliego.

No se aceptará ningún acta de recepción de trabajos metalúrgicos que no lleve acompañada el impreso e control de calidad y el de documentación necesaria para equipos RAP, firmados por Inspección.

### ***Trabajos con espárragos, tornillos y juntas.***

Está expresamente prohibido cortar espárragos y tornillos sin la aprobación del cliente. En caso de incumplimiento, la reposición será efectuada por el Contratista a su cargo.

Todos los espárragos desmontados se meterán en bidones con gas-oil y suavizados por el Contratista.

No se sustituirán espárragos sin el consentimiento previo del responsable de la Propiedad.



Para asegurar la estanqueidad de todas las conexiones bridadas que se intervengan dentro del alcance de los trabajos de parada, el contratista deberá efectuar un control de calidad, con registro numerado y firmado, del paralelismo y apriete de bridas. Dicho registro indicará al menos, para cada conexión:

- Tipo de conexión (brida, válvula, boca de hombre...)
- Número y tipo de espárragos, tipo de junta montada y fecha de montaje.
- Comprobación de apriete de bridas firmado por contratista.
- Comprobación de paralelismo firmado por contratista.

El contratista deberá incluir dentro del alcance de la oferta los medios y el personal necesario para realizar este control de calidad. Sin mención en la oferta a la inclusión de este control de calidad, la oferta no será aceptada.

El paralelismo de bridas se comprobará una vez realizadas las juntas definitivas.

Si en el desarrollo de los trabajos, el contratista detecta síntomas (fugas, deformaciones...) de que una brida existente presente un paralelismo anómalo que se deba corregir, deberá indicarlo a la propiedad.

El afloje y apriete de espárragos se realizará preferentemente con llave de impacto. Se utilizará maza y llave de golpeo cuando la supervisión del cliente lo considere oportuno. El contratista deberá disponer de una maquina dinamométrica de apriete, para uso cuando la supervisión del cliente lo consideren necesario. En la valoración de las partidas de tornillería se considerara apriete o afloje con llave de impacto o maza y llave de golpeo.

Nunca se reutilizarán juntas desmontadas, salvo que la supervisión del cliente lo considere necesario.

Se podrá aplicar un 1% de penalización sobre el importe asignado al contrato en caso de que surja alguna fuga durante el proceso de puesta en marcha de la unidad. En cualquier caso, el coste del desmontaje de la conexión, su posterior montaje y los gastos de limpieza o de otro tipo originados por alguna fuga achacable a un mal montaje de alguna conexión serán asumido por el contratista.

Todas las juntas de bocas de acceso, registros y bridas que no figuren en las listas de materiales, serán construidas por el Contratista y el material suministrado por la propiedad.

### ***Trabajos en torres, depósitos y reactores.***

Las limpiezas interiores de los recipientes incluyen envolvente, bandejas y soportes de platos de columnas, fondos del recipiente, comprobando y desobstruyendo purga de fondo y conexiones de la envolvente. En la purga de fondo o conexiones de la envolvente la limpieza se efectuará hasta la parte posterior de la válvula más cercana o hasta el drenaje más próximo.

En la sustitución del plato queda incluido bajante lateral o central. En caso de tener que cortar tornillería por estar agarrotada, no se podrá pasar cargo alguno por este concepto a la propiedad.



Caso de que la sustitución del plato no sea total se aplicará el porcentaje correspondiente sobre el precio ofertado para el plato completo.

En la limpieza interior para inspección de un equipo, donde no se indique expresamente en alguna partida, queda incluido en los precios la realización de 20 puntos para inspección en depósitos, torres, reactores y cambiadores.

Si no se indica lo contrario, los discos de cegado de las torres o depósitos se instalarán en las bridas de las tubuladuras.

### ***Pruebas hidráulicas.***

En las pruebas hidráulicas queda incluida la construcción y montaje de todos los acoples y accesorios necesarios para dichas pruebas, con posterior desmontaje una vez inspeccionado por el responsable de la Propiedad.

La Propiedad sólo facilitará agua para realizar las pruebas hidráulicas. Todo el material necesario para la realización de la prueba será suministrado por cuenta y cargo del contratista.

Cuando el agua se tome de un hidrante sólo se podrá utilizar una boca dejando el resto disponible, aportando el Contratista los bombillos, mangueras, etc. Nunca se utilizarán los carretes de mangueras para realizar dichas pruebas.

Las pruebas hidráulicas no se darán por terminadas hasta que los servicios de Inspección de la Propiedad lo determinen.

### ***Trabajos con cambiadores.***

El contratista considerará en la oferta desmontaje de haces con máquina extractora y limpieza robotizada en las partidas de limpieza de cambiadores. En los aerorrefrigerantes se deberá ofertar la limpieza interior de tubos con máquina de alta presión, excepto donde se indique otro método en el precario.

El Contratista tendrá sumo cuidado a la hora de extraer y trasladar los haces de cambiadores a la zona de limpieza, siendo por cuenta del mismo todas las máquinas y accesorios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

Todos los haces extraídos serán inspeccionados por el Departamento de Inspección de la propiedad antes de ser trasladados a la zona de limpieza.

Todos los medios (p. ej.: camiones, grúas, personal) para el desmontaje, montaje y transportes entre unidad, zona de limpieza y taller de reentubado de haces de cambiadores se considerarán incluidos en la oferta.

El contratista suministrará todos los elementos de soportación de los haces cuñas, listones... en los camiones con los que se transporten los haces a taller para su reentubado, de manera que se garantice su integridad sin averías durante el transporte.

Se considera incluida en el alcance del reentubado cualquier reparación necesaria en las roscas de los cabezales de aereos y en los grooves de las placas de tubos. No se admitirán autorizaciones de cambio al contrato por estos trabajos.



### ***Trabajos con válvulas.***

Todas las válvulas que sean nuevas o reacondicionadas, serán empaquetadas y sometidas a prueba hidráulica de estanqueidad de cierre y cuerpo, previamente a su montaje.

Todas las válvulas que se manipulen, sustituyan o revisen, serán identificadas adecuadamente por el Contratista, quien entregará una relación con la identificación y el trabajo realizado.

En el desmontaje del cuerpo de válvulas, queda incluida la construcción y sustitución de juntas, la empaquetadura se extraerá en su totalidad.

En caso de no estar en buen estado las válvulas desmontadas, el Contratista consultará con el responsable de la Propiedad si la válvula se debe reparar o si se monta otra válvula. En este último caso, la nueva válvula será recogida del Almacén por el contratista, probándola previamente antes de montar.

Queda incluido dentro del alcance de las partidas de revisión de las válvulas de seguridad la instalación de una chapa identificativa, marcada con el tag de la válvula, que se fijará en el cuerpo de la válvula. El suministro de la chapa será del Contratista.

### ***Otros.***

Todas las tomas de los instrumentos de control de los equipos que se inspeccionen deberán quedar totalmente desobstruidos y serán comprobados por el responsable de la Propiedad.

El Contratista será responsable de las rejillas y clips de sujeción de éstas en sus zonas de trabajos. Para ello antes de comenzar los trabajos deberá comunicar al responsable de la Propiedad si encontrara falta de clips o rejillas en mal estado, con el fin que ésta tome las medidas oportunas. Si el contratista hiciese caso omiso a esta circunstancia y una vez finalizado el trabajo, la Propiedad notase la falta de clips o desperfectos en las rejillas, el contratista deberá reponer o reparar sin que por ello pase cargo alguno a la Propiedad.

### **Programación y organización de los trabajos.**

El contratista incluirá en su oferta un programa de trabajo y un organigrama de personal. Indicará también el número de operarios considerados. Sin esta información la oferta no se considerará técnicamente aceptable.

El Contratista presentará con la oferta el curriculum del Jefe de Obra y le los encargados. Su dedicación a la obra se adecuará al volumen de la misma y deberá indicarse explícitamente en la oferta.

El contratista indicará también la procedencia, años de experiencia y número de obras de esta especialidad realizadas por los encargados propuestos.

Posteriormente a la adjudicación del contrato, se mantendrán varias reuniones de coordinación con todos los contratistas de parada. Estas reuniones serán individuales y conjuntas. Las fechas de estas reuniones se definirán por la propiedad.



Dos semanas después de la adjudicación del contrato, el contratista quedará obligado contractualmente a entregar un plan de trabajo detallado donde se indicará la duración del trabajo en horas para cada uno de los equipos solicitados en el precario. La carga de personal se presentará indicando el número de personas por cada oficio y los medios (maquinaria, etc.) que intervendrán en el conjunto de la parada y en particular en cada equipo.

El personal que finalmente destaque en obra el Contratista adjudicatario para cubrir los puestos anteriormente mencionados, deberá contar con la conformidad del departamento supervisor del contrato.

El contratista, en función de la carga diaria de trabajos que le hayan sido encomendados efectuar por la propiedad, así como de las fechas límites de ejecución, deberá planificar los trabajos y medios necesarios (humanos y materiales) de la forma más adecuada posible.

La Propiedad no se hará responsable de los tiempos muertos habituales producidos por:

- Permisos de trabajo.
- Los ocasionados por motivos de Seguridad.
- Los ocasionados por deficiencias en la ejecución del Contratista o falta de personal.
- Los ocasionados por nuestros Servicios de Inspección.
- Inclemencias climatológicas.

A primera hora de cada día el Contratista deberá reunirse con Supervisión para hacer entrega del parte diario de seguridad del Pliego de Condiciones Generales. El contratista entregará también en esa reunión un parte diario de progreso que indique:

- Para cada equipo o actividad principal de las reflejadas en el plan de trabajo, el % de progreso teórico y el % de progreso real, indicando las razones de las discrepancias.
- Relación de trabajos imprevistos (autorizaciones de cambio), con su estado (aprobado/no aprobado), su coste y % de progreso real.
- Carga de personal diaria.

Para cumplir con lo indicado, el contratista deberá disponer del personal y los medios auxiliares necesarios, que deberá indicar en la oferta. En caso de que este parte diario de progreso no se haya presentado diariamente durante la parada, se aplicará una penalización del 2% del asignado al contrato.

Lo anterior no será obstáculo para que, a lo largo de la jornada, deban tener contactos puntuales entre Supervisión y el Contratista, para mantener ágil la resolución de los problemas que vayan surgiendo como consecuencia de los trabajos, así como la posibilidad de tener que atender la ejecución de algún trabajo imprevisto, por lo que las personas responsables del Contratista deberán estar localizables de forma rápida.

No se considerará ningún trabajo terminado, hasta que el Contratista haya obtenido la conformidad del mismo por la representación de la propiedad, en formato que se entregará oportunamente al contratista. No se dará esta conformidad si el área de trabajo no se ha dejado en perfecto estado de orden y limpieza, en cuyo caso el contratista podrá ser penalizado en la certificación del trabajo.



## Obligaciones del contratista.

**Trabajos no previstos:** En el caso de que se tenga que realizar algún trabajo no amparado por los precios del contrato, el Contratista presentará un presupuesto que deberá ser aprobado por la Representación de la propiedad, antes del inicio de los trabajos.

Como norma general, para cualquier trabajo no previsto, el Contratista cumplimentará el impreso denominado "AUTORIZACIÓN DE CAMBIO", calculando el coste estimado por precios unitarios o por precios auxiliares y de ser necesarios, una mezcla de ambos. Las autorizaciones de cambio que se generen deberán tener un nº de orden fijado por el contratista que se reflejará en todos los documentos que genere cada autorización.

**Repetición de trabajos por falta de calidad:** En el caso de que Supervisión y/o Inspección de la propiedad decidiera que se reparara o repitiera alguna soldadura, limpieza, montaje, etc., por falta de calidad, el Contratista estará obligado a ejecutarlo a su cargo.

**Limpieza:** El contratista queda obligado a incluir en su organigrama 2 personas de dedicación exclusiva a la limpieza general de su zona de trabajo, desde el comienzo de la ejecución de los trabajos hasta el final de la parada. Esas dos personas tendrán jornada de lunes a sábado a 12 horas.

**Herramientas y utillaje:** Toda la maquinaria y herramental, como son grupos de soldadura de cualquier tipo, grupos electrógenos portátiles, focos de alumbrado, equipos de limpieza, radiales, llaves de impacto, trácteles, mangueras, taladros, guindolas, eslingas, etc., que fuese preciso emplear para la correcta ejecución de los trabajos, serán aportados por el Contratista. En la oferta se deberá indicar la relación de maquinaria y herramental que el contratista desplazara a obra para la realización de los trabajos.

En el caso de que el Contratista conecte su maquinaria eléctrica a las tomas de corriente de la propiedad, deberá aportar todos los elementos necesarios para ello (enchufes, cuadro de distribución, cables, etc.), siendo imprescindible disponer para ello de la autorización correspondiente, tanto de Producción como de Mantenimiento-Electricidad. Estos equipos eléctricos deberán cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en todos los apartados que sean de aplicación a dichos Equipos y específicamente con la Instrucción Técnica MIBT-026 de dicho Reglamento, que se aplicará en toda su extensión, cuando el Equipo se vaya a instalar en áreas Clasificadas.

Aquellas máquinas o herramientas eléctricas que no fueran admitidas por Electricidad o que, a juicio de Supervisión de la propiedad, no reunieran las debidas condiciones de seguridad, deberán ser retiradas del Complejo inmediatamente.



**Materiales:** Todos los materiales considerados fungibles, tales como trapos, electrodos, gases, discos de esmeril, combustible para grupos electrógenos o autónomos, etc., serán suministrados por el Contratista.

**Transportes:** Todos los transportes que fuesen precisos realizar para la correcta ejecución de los trabajos objeto de este contrato, como son, transporte de cualquier material desde almacén al lugar de trabajo (incluido a zona de chorreo para chorreo-pintado por otros y posterior recogida), devolución de materiales, herramientas o máquinas, transporte de residuos al área adecuada, desplazamiento del personal, etc., serán realizados por el Contratista a su cargo. Todos los vehículos (camiones foco, camiones góndola, grúas, etc.) deberán tener aprobada la Inspección reglamentaria (Inspección Técnica de Vehículos o Inspección de Industria según proceda).

**Grúas:** Las grúas necesarias para la correcta ejecución de los trabajos serán aportadas por el Contratista. La preparación y supervisión de las maniobras de izado serán realizadas por el contratista. En el caso de maniobras especiales de izado, el contratista deberá presentar un procedimiento de izado que deberá ser aprobado por la propiedad y que formará parte del permiso de trabajo de la grúa durante los trabajos de parada.

En la oferta, el contratista deberá indicar las grúas que considere necesarias para la realización de los trabajos, así como el tiempo necesario de estancia en obra de cada grúa.

**Aptitud de los trabajadores:** El contratista se obliga a asegurarse de que los trabajadores asignados al contrato cuentan con la aptitud y preparación adecuadas a las características de los trabajos a realizar y a las exigencias propias del lugar. Para ello, la propiedad podrá exigir al contratista que presente un certificado de aptitud, emitido por el servicio de prevención acreditado responsable de la vigilancia de la salud, de cada uno de los trabajadores que vaya a asignar al contrato.

**Estudios de seguridad:** El contratista está obligado a presentar, previamente o en el momento de la adjudicación del contrato, un Estudio de Seguridad específico del trabajo a realizar, que refleje (como mínimo), los siguientes puntos:

- Análisis de riesgos asociados a la ejecución del trabajo
- Medidas de prevención a adoptar antes esos riesgos
- Plan de inspecciones periódicas para conocer y controlar las posibles incidencias de seguridad que se produzcan.

Los costes asociados a las medidas de prevención de riesgos que se deban adoptar para la correcta ejecución del trabajo estarán incluidos en los precios ofertados salvo indicación expresa en contra.



Dicho estudio podrá no ser aceptado por la unidad supervisora de los trabajos, la cual podrá exigir medidas preventivas adicionales. En tal caso, no se admitirá ningún sobre coste en el trabajo como consecuencia de la adopción de estas medidas de seguridad adicionales.

Cada empresa contratista designará una persona de su organización como Responsable de Seguridad, con dedicación exclusiva los trabajos de parada.

El contratista deberá programar los descansos reglamentarios de su personal, fijados en su convenio colectivo o en el Estatuto de los Trabajadores.

**Formación del personal contratista:** Es obligación del contratista tener a su personal formado en materia de seguridad, por lo que deberá acreditar para todo el personal que deba acceder a las instalaciones de la propiedad, la realización de un curso básico de seguridad de 8 horas de duración

Los responsables de seguridad deberán haber realizado el curso de 50 horas sobre Prevención de Riesgos Laborales.

Los jefes de obra, encargados y jefes de equipo deberán haber realizado el curso de 16 horas sobre Prevención de Riesgos Laborales.

### Obligaciones de la Propiedad.

**Servicios:** La propiedad suministrará sin cargo el agua, aire y energía eléctrica, cuando pudiesen estar disponibles en las Plantas y pudieran ser necesarias para la ejecución de los trabajos, siendo de cuenta del contratista el suministro e instalación de aquellos elementos necesarios para la utilización de los mismos en sus equipos, tales como acoples, bombines, válvulas y mangueras (para agua y aire) y enchufes, cuadros de distribución y cables (para la energía eléctrica).

**Andamios:** Todos los andamios que sean necesarios para la ejecución de los trabajos objeto de este Contrato serán aportados y montados por otros con cargo a la propiedad, excepto los siguientes casos:

- Andamios para los intercambiadores que serán aportados, montados y desmontados por el Contratista adjudicatario.
- Andamios necesarios para trabajos en alturas comprendidas entre 2 y 3.5 mts., que serán también suministrados por el contratista. En este último caso, el contratista podrá emplear plataformas móviles.

El andamio necesario para cada cambiador deberá estar montado al menos una semana antes del comienzo de los trabajos metalúrgicos de cada equipo, para que en esa semana, el contratista de aislamiento desmonte el calorifugado que sea necesario desmontar. El mismo andamio no deberá desmontarse hasta que pase otra semana después de la finalización de los trabajos metalúrgicos de cada equipo, salvo que la propiedad indique que se puede desmontar



antes, para que el mismo contratista de aislamiento vuelva a montar el calorifugado desmontado.

**Calorifugado:** Los trabajos de calorifugado se realizarán por otros. Cualquier tipo de calorifugado nuevo será suministrado y colocado por otros, a cargo de la propiedad.

**Discos ciegos:** Todos los materiales necesarios para la construcción tanto de discos ciegos serán aportados por la propiedad, excepto los discos ciegos iguales o menores de 2", que serán suministrados por el contratista.

### ***7.3. Pliego de condiciones para colectores de agua de refrigeración.***

#### **Objeto.**

El presente Pliego de condiciones particulares establece el alcance y las condiciones de trabajo que se desean contratar para la realización de los trabajos a realizar en la parada de planta para mantenimiento.

#### **Documentos contractuales.**

Además de lo indicado en el presente Pliego de Condiciones Generales, formarán parte integrante del contrato, los siguientes documentos:

- Normativa de Seguridad vigente de la empresa Cliente.
- Pliego de condiciones generales.
- Especificaciones de construcción (Pliegos de Condiciones Facultativas) que afectan a la oferta:
- Procedimientos de Inspección: documentación a presentar por el instalador / reparador para trabajos metalúrgicos, trabajos en equipos sometidos al RAP, y pruebas hidráulicas de alto riesgo según RAP.
- Anexos al Pliego de Condiciones Particulares.
- Datos técnicos, especificaciones y planos de los equipos mencionados en el pliego.
- Guía de seguridad de trabajos en paradas generales, con sus anexos.

Todos estos documentos obran en poder del contratista. De no ser así, deberá reclamarlos a la propiedad, quien hará entrega de los mismos.



## Descripción de los trabajos.

El trabajo consistirá en la Limpieza Química (acidificación) y desobstrucción de los colectores de agua de refrigeración de la unidad de Extracción Líquido-líquido durante la parada de mantenimiento, en las instalaciones que la empresa cliente posee en Cartagena.

## Vigencia del contrato.

Los trabajos acogidos por este Contrato podrán comenzar el mismo día de la firma de aceptación del mismo, teniendo una duración de hasta terminación de obra para los puntuales, si bien, es susceptible de ser modificada la duración del mismo, dependiendo de las necesidades de la Propiedad, lo que oportunamente sería comunicado.

Duración estimada: 11 días.

Tipo de jornada: continua

Inicio de trabajos: se avisará (estimado: jueves 15 de Enero)

## Condiciones técnicas.

### *General.*

Los trabajos amparados por este contrato habrán de efectuarse de acuerdo con las mejores prácticas del oficio, que el Contratista por su experiencia en trabajos similares admite conocer, y según las especificaciones técnicas, pliegos de condiciones facultativas, generales, etc., para este tipo de trabajos y cualquier otra norma o especificación que pudiera emanar de la Representación de la propiedad.

La documentación base para la ejecución de los trabajos objeto de este contrato, son los planos que se adjuntan. En caso de contradicción o duda entre las partidas y los planos, se atenderán a éstos últimos.

El contratista, previamente a la presentación de su oferta económica, deberá haber comprobado en campo y en la documentación facilitada en la petición de oferta, todas las interferencias y dificultades que pudiera tener en la ejecución del trabajo objeto de contratación, así como la necesidad de aquellos trabajos que, no estando específicamente definidos, sea necesario realizar para llevar a cabo el trabajo.

### *Otros.*

Todas las tomas de los instrumentos de control de los equipos que se inspeccionen deberán quedar totalmente desobstruidos y serán comprobados por el responsable de la Propiedad.

El Contratista será responsable de las rejillas y clips de sujeción de éstas en sus zonas de trabajos. Para ello antes de comenzar los trabajos deberá comunicar al responsable de la Propiedad si encontrara falta de clips o rejillas en mal estado, con el fin que ésta tome las medidas oportunas. Si el contratista hiciese caso omiso a esta circunstancia y una vez



finalizado el trabajo, la Propiedad notase la falta de clips o desperfectos en las rejillas, el contratista deberá reponer o reparar sin que por ello pase cargo alguno a la Propiedad.

### **Limpieza química.**

El contratista deberá indicar en su oferta el esquema de limpieza a utilizar, el cual tendrá que haber sido aprobado por el responsable de la propiedad antes de comenzar los trabajos.

Según los ácidos que se utilicen en la limpieza, se deberá indicar el tipo de inhibidor utilizado, especificando su formulación así como su máxima temperatura de utilización y la máxima velocidad permisible del fluido de limpieza.

El Contratista deberá disponer de los medios necesarios para eliminar los efluentes de la limpieza, que una vez neutralizados por él mismo, se enviarán a drenaje.

El Contratista indicará la potencia y tensión eléctrica necesaria para sus equipos que será proporcionada por la propiedad.

### ***Equipos.***

El contratista indicará en la oferta la disposición y el número de tanques de preparación de las soluciones y de recirculación de producto, así como las temperaturas de tratamiento ácido.

En principio, Se debe disponer al menos de un tanque de recirculación de producto con suficiente capacidad para que garantice que la temperatura en el tratamiento ácido sea de 65°C. Caso de que no alcance esta temperatura, se exigirá al contratista un tanque de mayor capacidad, sin que ello represente gasto alguno para la Propiedad.

Se dispondrá de otros tanques para la preparación de las soluciones, de forma especial para el tratamiento ácido, ya que de esta manera se preparan las soluciones con la cantidad de inhibidor necesaria, sin que en ningún momento exista circulación de ácido sin inhibidor

Todos los productos utilizados para la limpieza química, así como su transporte y tratamiento, a excepción del agua, serán aportados por el Contratista.

### ***Preparación del circuito.***

La propiedad entregará los circuitos listos para la limpieza, con conexiones de 1" en espiga, ó de 2" bridadas. En las partidas alzadas se incluye la colocación de mangueras, acoples, flejes, abrazaderas, etc... para puentear colectores de entrada y salida.

La instrumentación del circuito que sea de acero inoxidable será desmontada por otros.

Se realizará una limpieza previa con agua para eliminar residuos sueltos y comprobar estanqueidad del circuito, en caso de que no se haya realizado anteriormente.

Una vez establecido el sistema del tratamiento ácido, cualquier modificación que tenga que llevarse a cabo como consecuencia de las inspecciones, será a cargo del Contratista.



### ***Productos químicos para el tratamiento.***

En la oferta se deberán indicar, para cada fase del tratamiento, los siguientes datos:

- Producto.
- Concentración.
- Caudal.
- Temperatura.
- Tiempo de recirculación.

Antes de iniciar la limpieza, el Contratista deberá analizar los residuos de los circuitos para corroborar su mejor esquema de limpieza, de acuerdo con su análisis.

Una vez establecido el sistema del tratamiento ácido, cualquier modificación que tenga que llevarse a cabo como consecuencia de las inspecciones o del análisis previo de residuos, será a cargo del Contratista.

### ***Controles e inspecciones de la limpieza.***

Antes de iniciar la limpieza, el contratista deberá analizar los residuos de los circuitos para corroborar el esquema de tratamiento propuesto.

El Contratista deberá realizar los siguientes controles durante la limpieza química:

- Tratamiento alcalino: Temperatura, Ph, Alcalinidad (% base activa), Hidrocarburos.
- Tratamiento ácido: Temperatura, Control de inhibidor (test visual con lana de acero), Concentración de ácido, pH, Concentración de hierro (gr/litro)
- Neutralización y pasivazo: Temperatura, PH.

### ***Inspección.***

El Contratista realizará una inspección visual en los puntos accesibles del circuito, comprobando que no existe ningún depósito adherido y que los residuos sujetos se han eliminado o extraído.

Se entregarán al Contratista probetas de corrosión que deberá colocar en los lugares donde indique los servicios de Inspección de la Propiedad y en el tanque de mezcla, y recuperarlos posteriormente para entregar a Inspección para la medición y valoración del ataque.

Con los datos de los controles efectuados por el Contratista, así como por la inspección visual y de las probetas de corrosión, el responsable de la propiedad dará el visto bueno en la limpieza, o bien decidirá si se requiere la repetición de alguna de las fases del tratamiento con cargo al Contratista.



## 8. PROGRAMACIÓN.

### *8.1. Programación general.*

En capítulos anteriores se ha indicado que la planificación de una parada general se inicia en el momento en que ha concluido la anterior parada general.

Una de las tareas más importantes para enlazar una parada con otra es la de poder aplicar las lecciones aprendidas, para ello es necesario reportar y dejar perfectamente registrado todo aquello que nos sirva de información para la próxima parada de planta. Este punto tiene especial relevancia en un contexto de rotación de los recursos humanos, donde es posible que dicha rotación impida realizar dos paradas de una misma unidad al mismo equipo humano, pues dependiendo de las características de las instalaciones estas pueden estar distanciadas entre sí de 4 a 6 años.

En el gráfico adjunto podemos observar la programación realizada para la parada general de mantenimiento que estamos ejecutando. Se establecen pues la siguiente secuenciación de actividades:

***Definición de Unidades sometidas a Parada General.*** Este hito marca el inicio propiamente dicho de la parada. En primera instancia tras detectar la necesidad de la realización de la parada, normalmente por alguna de las siguientes causas:

- Realización de Mantenimiento Correctivo Programado.
- Realización de Inspecciones o Pruebas, para comprobar que los equipos más importantes de la instalación se encuentran en buen estado, son las denominadas paradas de corta duración.
- Realización de Grandes Revisiones Programadas, que se realizan por horas de funcionamiento, por periodos de tiempo prefijados, por unidad producida, etc.
- Implementación de mejoras.

Se establece por parte del departamento de paradas la realización de la primera reunión, indicando que unidad o unidades se verán afectadas por dicha parada y cual será el plan a seguir para la programación de la parada.

***Compra de materiales de mayor plazo de entrega.*** El Know how disponible de paradas anteriores, permite establecer cuales serán los plazos necesarios para la gestión y acopio de los materiales necesarios para la parada. En aquellos casos donde no se disponga de este conocimiento, por ejemplo haber realizado un revampig en la parada anterior, se deberá de contactar con los proveedores con suficiente antelación como para evitar contratiempos, indicando estos los periodos de pedido, compra y recepción.

Este apartado es el de mayor duración cronológica, ya que abarca desde la gestión de grandes equipos que deberán ser realizados bajo encargo, hasta la recepción, inspección y acopio de materiales antes de la parada. Realizar correctamente esta tarea supone establecer un



equilibrio entre la pérdida de oportunidad por la gran cantidad de inmovilizado disponible en el almacén y la pérdida de producción que podría llevar, por retrasos en la parada, si los materiales no se encuentran disponibles en el instante preciso.

***Planificación de trabajos principales de Mantenimiento.*** Este es el momento de hacer el grueso de la worklist. Para ello en primer lugar se establecerá la EDP y posteriormente se irán desmembrando los paquetes, las tareas y las acciones una a una.

***Definición y asignación de eventos de Parada.*** Esta es una tarea encaminada a la gestión económica y de seguimiento de la parada. Esta básicamente trata de establecer cuales serán los centros de coste que se asociarán a cada paquete, permitiendo identificar el coste durante la planificación y realizar su seguimiento durante la parada.

***Elaboración de la Guía de Seguridad.*** De forma paralela al establecimiento de los principales trabajos de mantenimiento, debe aparecer la estructuración de la guía de seguridad, esta permitirá que los trabajos se puedan ir configurando desde el punto de vista de la seguridad integrada, generando tareas o actividades adicionales a las de mantenimiento.

Si estas tareas no son encajadas en la programación desde el principio, provocarán un consumo de recursos durante la parada no previstos y que tendrán además de un sobrecoste, un posible retraso de las actividades por ser necesario replantarlas.

***Inspección de circuitos de unidades de parada y Emisión de NOT de equipos principales de P.G.*** La experiencia adquirida en la última parada realizada en la planta nos habrá reportado una worklist inicial, pero las plantas evolucionan entre paradas, ya que se realizan muchas tareas que no necesitan que la unidad se encuentre parada, por lo que es necesario realizar un chequeo in-situ de todas y cada una de las tareas de la worklist, para comprobar que estas se pueden realizar tal y como se han planificado.

***Listado de equipos a intervenir en Parada.*** La generación de un pre-programa de la parada con la lista de todos los equipos a intervenir, permitirá a otros departamentos iniciar sus tareas de forma paralela.

El departamento de Producción deberá tener realizados y actualizados los registros de los discos ciegos que permitan aislar los equipos durante la realización de los trabajos, es precisamente con este hito donde se inicia esta fase, que generará nuevas tareas en la worklist.

***Estudio del alcance de parada.*** Una vez analizados todos los equipos a intervenir en la parada de planta, podemos establecer cuál será el alcance de la parada, estableciéndose una estimación de los tiempos y los costes que esta generarán.



***Definición de Inversiones para Parada. Preliminar.*** Las inversiones operativas o implementación de mejoras sustanciales en las plantas, deberán ser analizadas en este momento. En capítulos anteriores indicábamos que no existe una única razón por la que se realiza una parada, sino que bajo una razón principal pueden realizarse otras tareas.

En el caso que nos ocupa la razón principal es la realización de Grandes Revisiones Programadas, debemos pues bajo esta premisa poder realizar todas aquellas tareas que puedan encajar sin que ello repercuta en la disponibilidad de la planta más allá de lo planificado, tales como modificaciones o revamping de plantas.

***Emisión preliminar de listado de trabajos y Emisión de tareas a los demás ejecutantes.*** Muchas de las tareas principales necesitan de auxilio de otros departamentos o ejecutantes, tareas normalmente simples o no muy complejas, pero que supondrán un gasto de recursos que posiblemente el departamento implicado no contempla, por ejemplo, instalación de alumbrado portátil en el interior de los equipos a inspección. Será pues necesario indicar dichas tareas al ejecutante que las realizará, así como prever la fecha de dicha necesidad.

***Relación definitiva de trabajos en Parada.*** Este hito marca el punto donde los paquetes principales de la EDP ya se encuentran perfectamente definidos y solamente quedan por establecer algunas tareas que no influirán significativamente en la programación. Esta relación de trabajos será la base de la generación de los pliegos de condiciones generales y particulares, que servirán para el inicio de licitación de ofertas de las empresas contratistas.

***Secuencia de paradas y puesta en marcha de unidades.*** El departamento de planificación de la producción deberá de prever en los próximos meses, cual deberá ser su producción para poder cumplir con la demanda comprometida e indicar a los clientes la disminución o cese de actividad por un tiempo, mientras duran los trabajos de mantenimiento.

***Visitas de contratación. Recepción de ofertas- Análisis de ofertas y adjudicación de contratos.*** Proceso propiamente dicho de licitación de los trabajos a realizar por parte de las empresas contratistas, donde quedan claramente definidas las empresas contratistas y se les permite a partir de este punto la integración en las tareas de preparación de parada.

***Seguimiento de estado de Inversiones. Planificación de pliegos de Inversiones. Contratación de trabajos de inversión.*** De forma análoga a como se han realizado las tareas de la parada general de planta, se gestionarán las correspondientes a inversiones.

***Elaboración de informe previo de Parada General.*** Primer documento oficial donde se definen de forma concisa los trabajos a realizar, así como el alcance económico y de tiempo más realista a la ejecución de los trabajos.



***Acopio de materiales.*** Es la recepción de todos los materiales y herramientas necesarias para la ejecución de la parada, incluyéndose además la inspección de todo lo recepcionado.

En el Anexo I se puede observar la programación temporal de las actividades para la preparación de la parada.

## **8.2. Programación de la parada de mantenimiento.**

### **8.2.1. Programación por especialidades.**

Siguiendo la estructura de la EDP se ha realizado la segmentación de la programación por especialidades, esto permite poder establecer el peso relativo que cada departamento tendrá dentro de la parada de planta y con ello establecer la figura del coordinador de la parada, que tal y como se aprecia en el Anexo II será el Ingeniero de Mantenimiento de Equipos Estáticos.

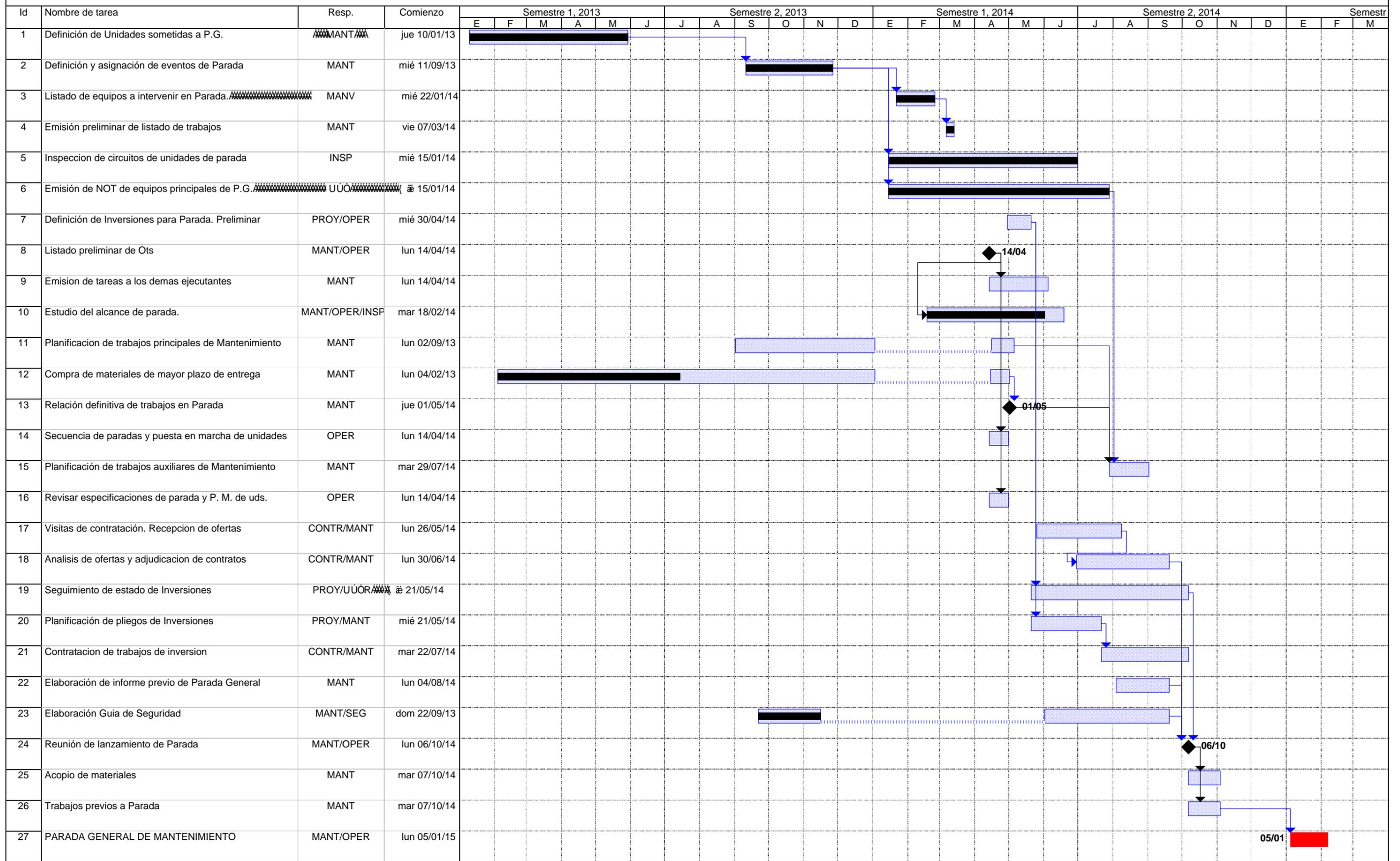
### **8.2.2. Programación Completa.**

Esta es básicamente la transcripción de la worklist a un diagrama de Gantt, donde podemos observar las relaciones entre cada actividad, así como los recursos necesarios para cada tarea.

La desagregación de tareas permite poder contar con una actualización y seguimiento de la parada casi on-line, pues disponer del estado y grado de cumplimiento de cada tarea (informe que por pliego de condiciones deberá enviar las contratadas de forma diaria) permite conocer la estimación del tiempo total de la parada, así como establecer si el camino crítico ha cambiado o se mantiene y si es necesario realizar actuaciones para corregirlo.

En el Anexo III se puede observar la programación completa de las actividades para la parada general.

## PARADA GENERAL DE MANTENIMIENTO



Proyecto: Previo parada general COM Fecha: mié 27/07/11	Tarea 	Progreso 	Resumen 	Hito externo 	Hito externo 
	División 	Hito 	Hito externo 	Hito externo 	Fecha límite 

Id	Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predece	Nombres de los recursos	2015							febrero 2015							marzo 2015								
								04	07	10	13	16	19	22	25	28	31	03	06	09	12	15	18	21	24	27	02	05		
1	1	PARADA GENERAL DE MANTENIMIENTO	2(, días	lun 05/01/15	vie 06/02/15			[Gantt bar from 05/01 to 06/02]																						
2	2	Equipos Estáticos	1(, días	sáb 17/01/15	vie 06/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 06/02]																						
3	3	Columnas	18(, días	sáb 17/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 04/02]																						
4	4	Torre C-2	12, días	sáb 17/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 04/02]																						
5	5	Torre C-3A	18(, días	dom 18/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 18/01 to 04/02]																						
6	6	Torre C-3B	15(, días	sáb 17/01/15	lun 02/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 02/02]																						
7	7	Torre C-4A	18(, días	sáb 17/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 04/02]																						
8	8	Torre C-4B	18(, días	dom 18/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 18/01 to 04/02]																						
9	9	Torre C-5A	18(, días	sáb 17/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 04/02]																						
10	10	Torre C-5B	11, días	mar 20/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 20/01 to 04/02]																						
11	11	Torre C-6	11,38 días	lun 19/01/15	mar 03/02/15			[Gantt bar from 19/01 to 03/02]																						
12	12	Torre C-1	11,25 días	lun 19/01/15	mar 03/02/15			[Gantt bar from 19/01 to 03/02]																						
13	13	Depósitos	10,5 días	mié 21/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 21/01 to 04/02]																						
14	14	Depósito D-6	10,5 días	mié 21/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 21/01 to 04/02]																						
15	15	Intercambiadores	10, días	sáb 17/01/15	lun 02/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 02/02]																						
16	16	Intercambiador E-5	10, días	sáb 17/01/15	lun 02/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 02/02]																						
17	17	Intercambiador E-9A	10, días	sáb 17/01/15	lun 02/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 02/02]																						
18	18	Intercambiador E-9B	10, días	sáb 17/01/15	lun 02/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 02/02]																						
19	19	Intercambiador E-15	10, días	sáb 17/01/15	lun 02/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 02/02]																						
20	20	Intercambiador E-16	7, días	sáb 17/01/15	mié 28/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 28/01]																						
21	21	Intercambiador E-17	6,58 días	sáb 17/01/15	lun 26/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 26/01]																						
22	22	Aerorrefrigerantes	7,5 días	sáb 17/01/15	mié 28/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 28/01]																						
23	23	Aerorrefrigerante E-7	6, días	sáb 17/01/15	mar 27/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 27/01]																						
61	61	Aerorrefrigerante E-12	30,75 días	sáb 17/01/15	mar 27/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 27/01]																						
62	62	Aerorrefrigerante E-3	27,63 días	lun 19/01/15	mié 28/01/15			[Gantt bar from 19/01 to 28/01]																						
63	63	Aerorrefrigerante E-4	27,63 días	lun 19/01/15	mié 28/01/15			[Gantt bar from 19/01 to 28/01]																						
64	64	Hornos	1(, días	sáb 17/01/15	vie 06/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 06/02]																						
65	65	Horno F-2	8,3+ días	sáb 17/01/15	vie 06/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 06/02]																						
66	66	Horno F-1	15,25 días	sáb 17/01/15	jue 22/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 22/01]																						
67	67	Instrumentación	8,69 días	jue 15/01/15	mar 27/01/15			[Gantt bar from 15/01 to 27/01]																						
68	68	FCV-2	1,56 días	jue 15/01/15	vie 16/01/15			[Gantt bar from 15/01 to 16/01]																						
77	77	FCV-12	2 días	jue 15/01/15	lun 19/01/15	69		[Gantt bar from 15/01 to 19/01]																						
86	86	FCV-17	1,56 días	lun 19/01/15	mar 20/01/15	85		[Gantt bar from 19/01 to 20/01]																						
95	95	FCV-3	1,56 días	mié 21/01/15	jue 22/01/15	94		[Gantt bar from 21/01 to 22/01]																						
104	104	PCV-4	1,56 días	jue 22/01/15	lun 26/01/15	102		[Gantt bar from 22/01 to 26/01]																						
113	113	FCV-5	1,56 días	lun 26/01/15	mar 27/01/15	111		[Gantt bar from 26/01 to 27/01]																						
122	122	FCV-8	1,56 días	lun 26/01/15	mar 27/01/15	114		[Gantt bar from 26/01 to 27/01]																						
131	131	Taller Eléctrico	17,38 días	lun 05/01/15	mié 28/01/15			[Gantt bar from 05/01 to 28/01]																						
132	132	Subestación eléctrica	17,8 días	lun 05/01/15	mié 28/01/15			[Gantt bar from 05/01 to 28/01]																						
144	144	Agua de refrigeración	10, días	jue 15/01/15	jue 29/01/15			[Gantt bar from 15/01 to 29/01]																						
145	145	Limpieza química agua de refrigeración.	10, días	jue 15/01/15	jue 29/01/15		Metalurgia ( tubería	[Gantt bar from 15/01 to 29/01]																						

Proyecto: MSProj11  
 Fecha: vie 23/09/11

Tarea Progreso Resumen Tareas externas Fecha límite

División Hit Resumen del proyecto Hit externo

Id	Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predece	Nombres de los recursos	2015												febrero 2015					marzo 2015						
								04	07	10	13	16	19	22	25	28	31	03	06	09	12	15	18	21	24	27	02	05			
1	1	PARADA GENERAL DE MANTENIMIENTO	24,88 días	lun 05/01/15	vie 06/02/15			[Gantt bar from 05/01 to 06/02]																							
2	2	Equipos Estáticos	14,88 días	sáb 17/01/15	vie 06/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 06/02]																							
3	3	Columnas	12,75 días	sáb 17/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 04/02]																							
4	4	Torre C-2	12,38 días	sáb 17/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 04/02]																							
1	1	-C-2: TORRE DE TRATAMIENTO	12,38 días	sáb 17/01/15	mié 04/02/15			[Gantt bar from 17/01 to 04/02]																							
2	2	Montar Andamios exteriores para D.C.'s y B.H.'s	0,38 días	sáb 17/01/15	lun 19/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
3	3	- Montar andamios para realización de D/C	4 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15		Andamiero[300%];Mo	[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
4	4	Poner D.C.'s para cegar equipo s/relación de Operación.	0,38 días	sáb 17/01/15	lun 19/01/15	2		[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
5	5	- Poner 1 D/C de 3" 150#. Salida de mixto cabeza de C-2 en brida columna: D.C. N° 208	3 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
6	6	- Poner 1 D/C de 6" 150#. Entrada solvente lado norte en brida columna: D.C. N° 209	4 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15	5		[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
7	7	- Poner 1 D/C de 6" 150#. Entrada solvente lado sur en brida columna: D.C. N° 210	4 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15	6		[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
8	8	- Poner 1 D/C de 4" 150#. Salida a PSV-1 en brida columna: D.C. N° 211	3 horas	dom 18/01/15	lun 19/01/15	7		[Gantt bar from 18/01 to 19/01]																							
9	9	- Poner 1 D/C de 4" 150#. Entrada de carga a lado norte: D.C. N° 212	3 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
10	10	- Poner 1 D/C de 4" 150#. Entrada de carga a lado sur: D.C. N° 213	3 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15	9		[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
11	11	- Poner 1 D/C de 4" 150#. Entrada inferior de carga lado norte en brida columna: D.C. N° 214	3 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15	10		[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
12	12	- Poner 1 D/C de 4" 150#. Entrada inferior de carga lado sur en brida columna: D.C. N° 215	3 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
13	13	Reparacion y calibracion de valvula de seguridad -PSV-1.	2,25 días	sáb 17/01/15	mié 21/01/15			[Gantt bar from 17/01 to 21/01]																							
14	14	Desmontar y trasladar a taller válvula de seguridad -PSV-1: 4" 150#	3 horas	mié 21/01/15	mié 21/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
15	15	Traer del taller y montar una vez calibrada	3 horas	sáb 17/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 17/01 to 19/01]																							
16	16	Abrir Bocas de Hombre.	1,38 días	lun 19/01/15	mar 20/01/15	4		[Gantt bar from 19/01 to 20/01]																							
17	17	- Abrir 1 B/H inferior de 24" 150#. El.+ 913	11 horas	lun 19/01/15	mar 20/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 19/01 to 20/01]																							
18	18	- Abrir 1 B/H intermedia de 24" 150#. El.+ 7.010	11 horas	lun 19/01/15	mar 20/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 19/01 to 20/01]																							
19	19	- Abrir 1 B/H Superior de 24" 150#. El.+ 16.916	11 horas	lun 19/01/15	mar 20/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 19/01 to 20/01]																							
20	20	Ventilar/Airear equipo.	0,25 días	lun 19/01/15	lun 19/01/15	16		[Gantt bar from 19/01 to 19/01]																							
21	21	Ventilar/Airear equipo	3 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15			[Gantt bar from 19/01 to 19/01]																							
22	22	Instalar extractores de aire	0,25 días	mié 21/01/15	mié 21/01/15	20		[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
23	23	montar 2 extractores de aire en B/H superior e inferior	3 horas	mié 21/01/15	mié 21/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
24	24	Limpiar y extraer residuos internos.	0,38 días	mié 21/01/15	mié 21/01/15	22		[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
25	25	- Limpiar el fondo interno, baldear desde la B/H y aspirar los residuos	4 horas	mié 21/01/15	mié 21/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
26	26	Declarar Recipiente abierto.	0,13 días	mié 21/01/15	mié 21/01/15	24		[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
27	27	- Tomar condiciones internas y Declarar Recipiente abierto	2 horas	mié 21/01/15	mié 21/01/15			[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
28	28	Montar alumbrado interno.	0,25 días	mié 21/01/15	mié 21/01/15	26		[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
29	29	- Montar 2 portátiles.	3 horas	mié 21/01/15	mié 21/01/15		Electricista[200%]	[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
30	30	Montar andamio interior.	0,38 días	mié 21/01/15	mié 21/01/15	28		[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
31	31	- Montar andamio en el interior de fondo de torre de 1,5 x 1,5 x 6 m	4 horas	mié 21/01/15	mié 21/01/15		Andamiero[300%];Mo	[Gantt bar from 21/01 to 21/01]																							
32	32	Desmontar internos.	2,75 días	jue 22/01/15	lun 26/01/15	30		[Gantt bar from 22/01 to 26/01]																							
33	33	Desmontar y limpiar demister de 1.825 diam x 610 espesor	5 horas	jue 22/01/15	jue 22/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 22/01 to 22/01]																							
34	34	Desmontar distribuidor toroidal	5 horas	jue 22/01/15	jue 22/01/15	33		[Gantt bar from 22/01 to 22/01]																							
35	35	Desmontar 4 campanas	8 horas	sáb 24/01/15	lun 26/01/15	34		[Gantt bar from 24/01 to 26/01]																							
36	36	Transportar material desmontado a area de limpieza y limpiar	8 horas	jue 22/01/15	jue 22/01/15	35FF	Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 22/01 to 22/01]																							
37	37	Realizar limpieza interna	0,63 días	dom 25/01/15	lun 26/01/15	32		[Gantt bar from 25/01 to 26/01]																							
38	38	- Realizar limpieza de envoltente, elementos internos y desobstrucción de todas las tubuladuras	7 horas	dom 25/01/15	lun 26/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 25/01 to 26/01]																							
39	39	Realizar puntos inspección.	0,25 días	lun 26/01/15	lun 26/01/15	37		[Gantt bar from 26/01 to 26/01]																							
40	40	- Realizar 40 puntos para medida de espesores	3 horas	lun 26/01/15	lun 26/01/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 26/01 to 26/01]																							
41	41	Realizar Inspección IIEC.	0,25 días	jue 29/01/15	jue 29/01/15	39		[Gantt bar from 29/01 to 29/01]																							
42	42	- Realizar inspección interior y control de espesores	3 horas	jue 29/01/15	jue 29/01/15		Inspector eq est[200%]	[Gantt bar from 29/01 to 29/01]																							
43	43	Montar internos.	0,75 días	sáb 31/01/15	lun 02/02/15	41		[Gantt bar from 31/01 to 02/02]																							
44	44	Transportar material desmontado de area de limpieza a planta	5 horas	sáb 31/01/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 31/01 to 02/02]																							
45	45	Montar demister de 1.825 diam x 610 espesor	5 horas	sáb 31/01/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 31/01 to 02/02]																							
46	46	Montar 4 campanas	8 horas	sáb 31/01/15	lun 02/02/15	45		[Gantt bar from 31/01 to 02/02]																							
47	47	Montar distribuidor toroidal	5 horas	dom 01/02/15	lun 02/02/15	46		[Gantt bar from 01/02 to 02/02]																							
48	48	Desmontar alumbrado interno.	0,25 días	dom 01/02/15	lun 02/02/15	43		[Gantt bar from 01/02 to 02/02]																							
49	49	- Desmontar 2 portátiles.	3 horas	dom 01/02/15	lun 02/02/15		Electricista[200%]	[Gantt bar from 01/02 to 02/02]																							
50	50	Cerrar Bocas de Hombre.	1,38 días	lun 02/02/15	mar 03/02/15	48		[Gantt bar from 02/02 to 03/02]																							
51	51	Cerrar 1 B/H inferior de 24" 150#. El.+ 913	4 horas	lun 02/02/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 02/02 to 02/02]																							
52	52	Cerrar 1 B/H intermedia de 24" 150#. El.+ 7.010	4 horas	lun 02/02/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )	[Gantt bar from 02/02 to 02/02]																							

Proyecto: MSProj11  
Fecha: jue 22/09/11

Tarea		Progreso		Resumen		Tareas externas		Fecha límite	
División		Hito		Resumen del proyecto		Hito externo			





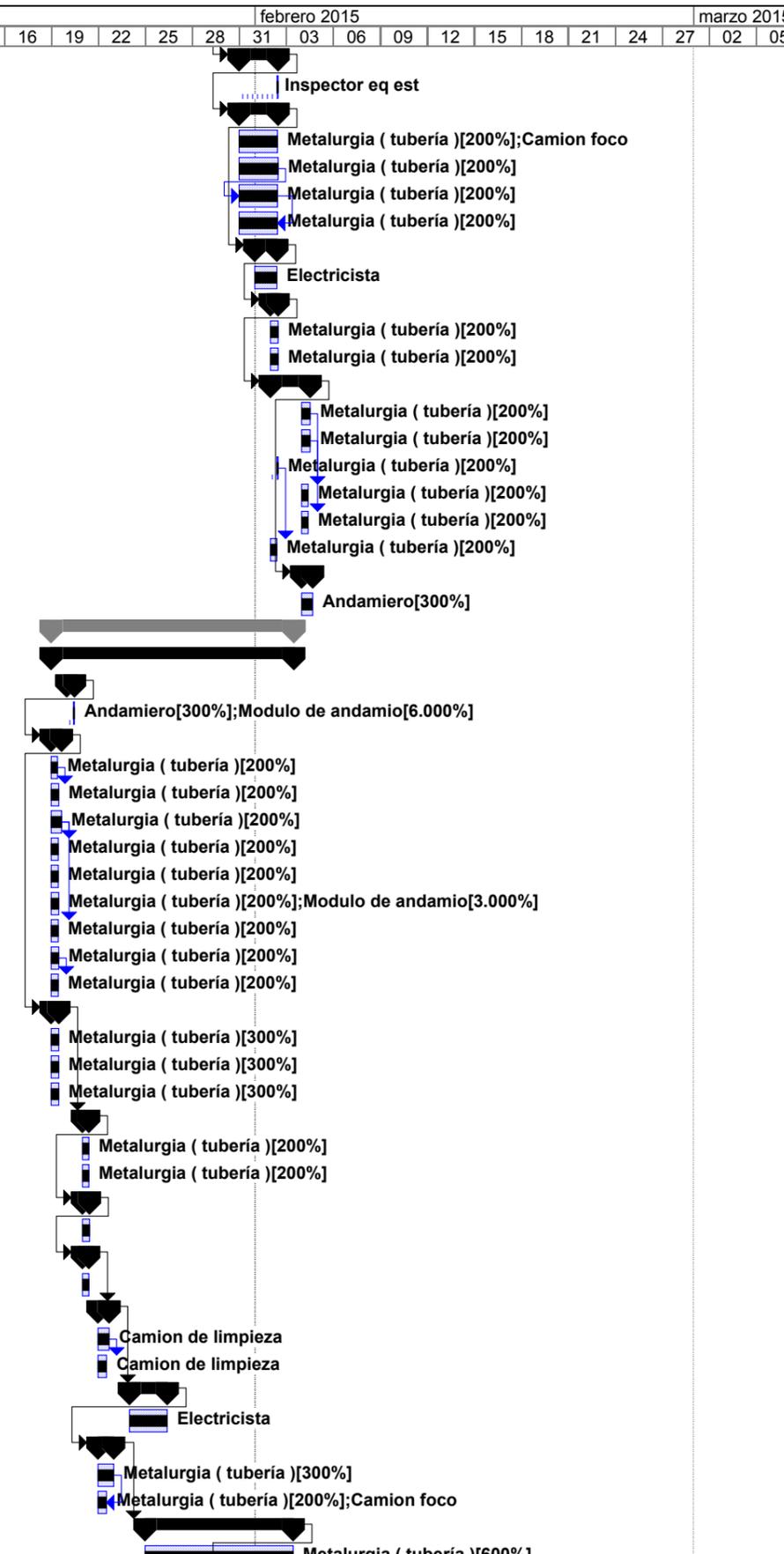








Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predece	Nombres de los recursos	2015																											
							febrero 2015														marzo 2015													
							04	07	10	13	16	19	22	25	28	31	03	06	09	12	15	18	21	24	27	02	05							
33	Realizar Inspección IIEC.	0,38 días	sáb 31/01/15	lun 02/02/15	31																													
34	- Realizar inspección visual interior de chapas, soldaduras y platos.Control de espesores	4 horas	sáb 31/01/15	lun 02/02/15		Inspector eq est																												
35	Montar internos.	0,38 días	sáb 31/01/15	lun 02/02/15	33																													
36	- Transportar material desde zona de limpieza a planta	3 horas	sáb 31/01/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )																												
37	Montar 4 registros de platos.	4 horas	sáb 31/01/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )																												
38	Comprobar estanqueidad de cangilones.	3 horas	sáb 31/01/15	lun 02/02/15	37	Metalurgia ( tubería )																												
39	Reponer flexitrays	3 horas	sáb 31/01/15	lun 02/02/15	38FF	Metalurgia ( tubería )																												
40	Desmontar alumbrado interno.	0,13 días	dom 01/02/15	lun 02/02/15	35																													
41	-Desmontar 2 portátiles	2 horas	dom 01/02/15	lun 02/02/15		Electricista																												
42	Cerrar Bocas de Hombre.	0,38 días	lun 02/02/15	lun 02/02/15	40																													
43	- Cerrar B/H inferior de 20" 150#. Elev 17.200	3 horas	lun 02/02/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )																												
44	- Cerrar B/H superior de 20" 150#. Elev 22.300	3 horas	lun 02/02/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )																												
45	Quitar D.C.'s para descegar equipo s/relación de Operación.	2,5 días	lun 02/02/15	mié 04/02/15	42																													
46	- Quitar D/C 10" 150#. en salida vapores en brida de torre : D.C. N° 251	4 horas	mié 04/02/15	mié 04/02/15		Metalurgia ( tubería )																												
47	- Quitar D/C 10" 150#. en entrada refinado de F-1 : D.C. N°252	4 horas	mié 04/02/15	mié 04/02/15		Metalurgia ( tubería )																												
48	- Quitar D/C 4" 150#. en salida refinado a C-5A: D.C. N° 253	3 horas	lun 02/02/15	lun 02/02/15		Metalurgia ( tubería )																												
49	- Quitar D/C 3/4". Entrada de reflujo : D.C. N 254	1 hora	mié 04/02/15	mié 04/02/15	46	Metalurgia ( tubería )																												
50	- Quitar D/C 1/2" Vapor lavado del nivel visual en TU : D.C. N° 254	1 hora	mié 04/02/15	mié 04/02/15	47	Metalurgia ( tubería )																												
51	- Poner D/C /2" 150#. en válvula de venteo	1 hora	lun 02/02/15	lun 02/02/15	48	Metalurgia ( tubería )																												
52	Desmontar Andamios exteriores para D.C.'s y B.H.'s	0,75 días	mié 04/02/15	mié 04/02/15	45																													
53	-Desmontar andamios para realizacion de discos ciegos	7 horas	mié 04/02/15	mié 04/02/15		Andamiero[300%]																												
11	<b>Torre C-6</b>	<b>11,38 días</b>	<b>lun 19/01/15</b>	<b>mar 03/02/15</b>																														
1	COLUMNA C-6	11,38 días	lun 19/01/15	mar 03/02/15																														
2	Montar Andamios exteriores para D.C.'s y B.H.'s	0,38 días	mar 20/01/15	mar 20/01/15																														
3	- Montar andamios para realizacion de D/C's	3 horas	mar 20/01/15	mar 20/01/15		Andamiero[300%];Mo																												
4	Poner D.C.'s para cegar equipo s/relación de Operación.	0,63 días	lun 19/01/15	lun 19/01/15	2																													
5	- Poner D/C 2" 150#. en Entrada disolvente en brida de torre : D.C. N° 353	1 hora	lun 19/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
6	- Poner D/C 8" 150#. en salida de vapores en brida de torre : D.C. N° 354	3 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15	5	Metalurgia ( tubería )																												
7	- Poner 2 D/C 8" 150#. en descarga de disolvente de E-16 en E-16 y bypass : D.C. N° 355	6 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
8	- Poner D/C 4" 150#. Descarga de fondo D-9 en Brida de torre: D.C. N° 356	2 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15	7	Metalurgia ( tubería )																												
9	- Poner D/C 3" 150#. En descarga HIC-1: D.C. N 357	2 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
10	- Poner D/C 6" 150#. En entrada disolvente PCV28 y G-12 en brida columna: D.C. N 358	3 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
11	- Poner D/C 1 1/2" 150#. En entrada disolvente de G-14: D.C. N 359	2 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15	7	Metalurgia ( tubería )																												
12	- Poner D/C 8" 150#. en salida fondo : D.C. N° 360	3 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
13	- Poner D/C /2" 150#. en válvula de venteo	2 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15	12	Metalurgia ( tubería )																												
14	Abrir Bocas de Hombre.	0,38 días	lun 19/01/15	lun 19/01/15	4																													
15	- Abrir 1 B/H inferior de 24" 150#. El. 5.000	3 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
16	- Abrir 1 B/H intermedia de 24" 150#. El. 11.700	3 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
17	- Abrir 1 B/H superior de 24" 150#. El. 18.800	3 horas	lun 19/01/15	lun 19/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
18	Instalar extractores de aire	0,13 días	mié 21/01/15	mié 21/01/15	14																													
19	- Montar 1 extractor de aire en B/H superior para ventilación.	1 hora	mié 21/01/15	mié 21/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
20	-Desmontar 1 extractor de aire en B/H superior	1 hora	mié 21/01/15	mié 21/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
21	Ventilar/Airear equipo.	0,25 días	mié 21/01/15	mié 21/01/15	18																													
22	Ventilar/Airear equipo	2 horas	mié 21/01/15	mié 21/01/15																														
23	Declarar Recipiente abierto.	0,13 días	mié 21/01/15	mié 21/01/15	21																													
24	- Tomar condiciones internas y Declarar Recipiente abierto	1 hora	mié 21/01/15	mié 21/01/15																														
25	Limpiar y extraer residuos internos.	0,75 días	jue 22/01/15	jue 22/01/15	23																													
26	- Limpiar interior, baldeando desde las B/H	7 horas	jue 22/01/15	jue 22/01/15		Camion de limpieza																												
27	- Limpiar el fondo interno, baldear desde la B/H y aspirar los residuos	4 horas	jue 22/01/15	jue 22/01/15	26	Camion de limpieza																												
28	Montar alumbrado interno.	0,13 días	sáb 24/01/15	lun 26/01/15	25																													
29	- Montar 2 portátiles	2 horas	sáb 24/01/15	lun 26/01/15		Electricista																												
30	Desmontar internos.	1 día	jue 22/01/15	jue 22/01/15	28																													
31	- Desmontar 10 registros de platos de Ø ext 1.245 mm.	8 horas	jue 22/01/15	jue 22/01/15		Metalurgia ( tubería )																												
32	- Transportar material desmontado al área limpieza y limpiar	4 horas	jue 22/01/15	jue 22/01/15	31FF	Metalurgia ( tubería )																												
33	Realizar limpieza mecanica manual interior.	6,25 días	dom 25/01/15	mar 03/02/15	30																													
34	- Realizar limpieza manual y desobstrucción de todas las tubuladuras.	50 horas	dom 25/01/15	mar 03/02/15		Metalurgia ( tubería )																												



Proyecto: MSProj11  
 Fecha: jue 22/09/11

**Tarea**  Progreso  Resumen  Tareas externas  Fecha límite   
**División**  Hitos  Resumen del proyecto  Hitos externos







































## 9. CAMINO CRÍTICO.

En capítulos anteriores hemos indicado en varias ocasiones la importancia del camino crítico, así como, las precauciones que hemos de tener en su elección.

Disponer de herramientas como Microsoft Project, permite poder actuar sobre la duración de las jornadas de trabajo para cada tarea, presentando la ventaja de acortar en cada una de las simulaciones el tiempo de las tareas que conforman el camino crítico.

### 9.1. Caminos críticos.

Tras implementar la worklist en Microsoft Project, indicamos que la duración de las jornadas será de 8 horas trabajando de lunes a domingo, partiendo de la fecha de inicio de la Parada de Planta. Esta primera aproximación nos indicará cual será el camino crítico a priori.

#### 9.1.1. Simulación 1.

Para el caso que nos ocupa, tras realizar la simulación 1, observamos que existe una interferencia vinculante entre las tareas realizadas por el taller eléctrico y las de agua de refrigeración. Se genera pues, un camino crítico de 62,52 días naturales.

Esta vinculación, es debida a que para realizar las labores de limpieza previa en el circuito de refrigeración es necesario que se encuentre restablecida la tensión para que las bombas de los sistemas de refrigeración de los equipos dinámicos puedan funcionar.

Se opta pues para poder disminuir el tiempo del camino crítico, por dos opciones conjuntamente:

1. Adelantar en el cronograma todas aquellas tareas que se pueden realizar con la unidad en marcha y que no interfieren con la producción. Este hecho se puede realizar dada la redundancia de la instalación eléctrica hasta los centros de control de motores (CCM), por lo que se pueden realizar todos los trabajos en los transformadores de acometida.
2. Planificar todos los trabajos de taller eléctrico a jornadas de 24 horas, para que la tarea vinculante pueda comenzar lo antes posible.

Esta solución nos reduce el tiempo de este primer camino crítico a 24 días naturales, pero comenzando las tareas 12 días naturales antes de la parada de planta. Buscar otras soluciones, que existen, son más costosas e introducen un mayor número de incertidumbres pues debería de realizarse una instalación provisional alimentada por grupos electrógenos sin tener la certeza de que se pueda operar la instalación correctamente.



### 9.1.2. Simulación 2.

Tras realizar la simulación 2, la tarea de mayor duración es la de todos los trabajos asociados al horno F-2, obteniéndose un camino crítico de 61,13 días naturales. Por lo que se procede en la siguiente simulación realizar todos los trabajos asociados a dicho horno en jornadas de 24 horas, esto reduce la duración del camino crítico a 21 días naturales.

El caso de camino crítico del horno es complicado, pues solamente se puede actuar sobre las tareas aumentando o disminuyendo la duración de las jornadas, ya que el tamaño de este y la configuración impide que se puedan aumentar los recursos humanos dentro de una misma jornada.

Si bien es cierto, que todas aquellas tareas de acopio de material se pueden realizar en las cercanías de este para disminuir los tiempos de transporte, no se pueden realizar tareas hasta que este se encuentre en unas condiciones determinadas el interior del horno.

### 9.1.3. Simulación 3.

Tras realizar la simulación 3, nos encontramos con una duración de las tareas de intercambiadores y aéreos muy cercana a los 20 días si realizamos las tareas a jornadas de 8 horas, esto nos crea un posible camino crítico que cuando sea detectado pueda ser demasiado tarde.

La experiencia obtenida en paradas anteriores nos indica que existe una alta probabilidad (15%), de que una vez montado el equipo, este no pueda pasar la prueba hidráulica, bien por defectos en montaje en talleres, deterioro en traslado o montaje en planta. Esto implica que la detección del nuevo camino crítico tenga lugar sobre el día 17 de parada, sin tener opción a evitar que esta tarea sea el nuevo camino crítico.

Se opta por realizar jornadas a 12 horas de lunes a sábado, esto nos permite reducir el tiempo de detección del camino crítico al día 13 de parada, permitiendo actuar sobre la jornada de aquellos equipos que no han pasado la prueba hidráulica y no convertir estas tareas en caminos críticos.

### 9.1.4. Simulación 4.

Existen una serie de tareas que se encuentran simultaneadas en varios paquetes principales, tales como, limpieza de equipos, montaje de iluminación, montaje de discos ciegos, andamios,..., cuyo estudio merece especial atención, pues pueden generar retrasos muy importantes. Así pues, realizamos la simulación número 4 partiendo de las premisas siguientes:

1. Disponer de personal de taller eléctrico a 24 horas, nos permite poder realizar montaje de iluminación en cualquier instante del día, sin que las tareas siguientes se vean influenciadas. Por lo que esta premisa deberá ser indicada en los pliegos de condiciones que para el montaje y desmontaje de iluminación, se deberá avisar a taller eléctrico con al menos 3 horas de antelación, para permitir reorganizar sus tareas.



2. Limpieza de equipos, estas tareas se simultanean al mismo tiempo en varios equipos por lo que además de establecerse como elemento vinculante en el pliego de condiciones que la empresa contratista que asuma este trabajo debe de disponer de medios en cantidad suficiente, también deberá de hacerlo en recursos humanos que deberán estar disponibles con un preaviso de 4 horas de antelación. Así pues, las jornadas de los equipos de limpieza no se pueden tabular de forma sistemática, sino que se realizarán a demanda.
3. Andamios, se dispondrá de recursos humanos y materiales para poder realizar montaje de andamios en jornadas de 12 horas de lunes a domingo, por lo que la previsión de utilización de dichos recursos fuera de esa jornada, quedará supeditada a montaje de urgencia y con un posible sobrecoste.
4. Dentro de la programación de equipos estáticos se dispondrá de suficientes recursos humanos para que las tareas vinculadas a montar discos ciegos y abrir bocas de hombre se realicen a jornadas de 24 horas. Esta premisa tiene por objeto poder realizar la ventilación y aireación de los equipos donde se van a realizar trabajos lo antes posible, evitando retrasos en el inicio de las tareas siguientes.
5. Instrumentación, sus tareas no son camino crítico por lo que sus jornadas será de 8 horas de lunes a viernes.

#### 9.1.5. Simulación 5.

Esta última simulación se encuentra encaminada a la optimización de los recursos disponibles, para las tareas a efectuar en los hornos.

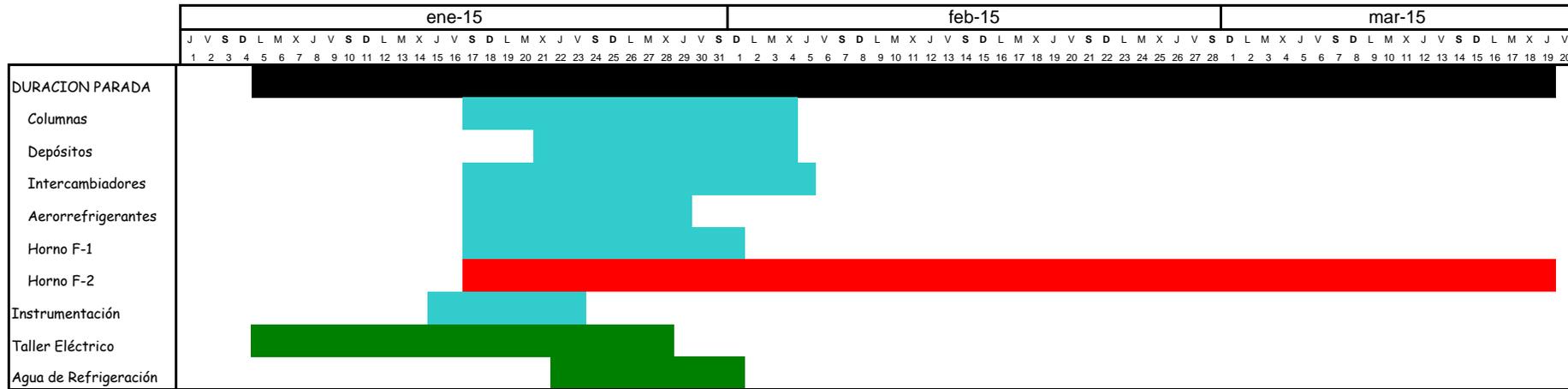
Tal y como se ha comentado anteriormente, los tareas a realizar en los hornos se encuentran limitadas por impedimento físico debido a las dificultades planteadas por su tamaño y geometría. Disponer del personal necesario para acometer las tareas para el horno F-2 generará muchos tiempos improductivos debido a esperas para inicio de los trabajos.

Disponer de un único encargado para supervisar las tareas de ambos hornos, nos permitirá poder gestionar los recursos humanos de tal forma que se encuentre activos la mayor parte del tiempo, pero sin perder de vista que la prioridad absoluta debe ser el horno F-2 que representa el camino crítico.

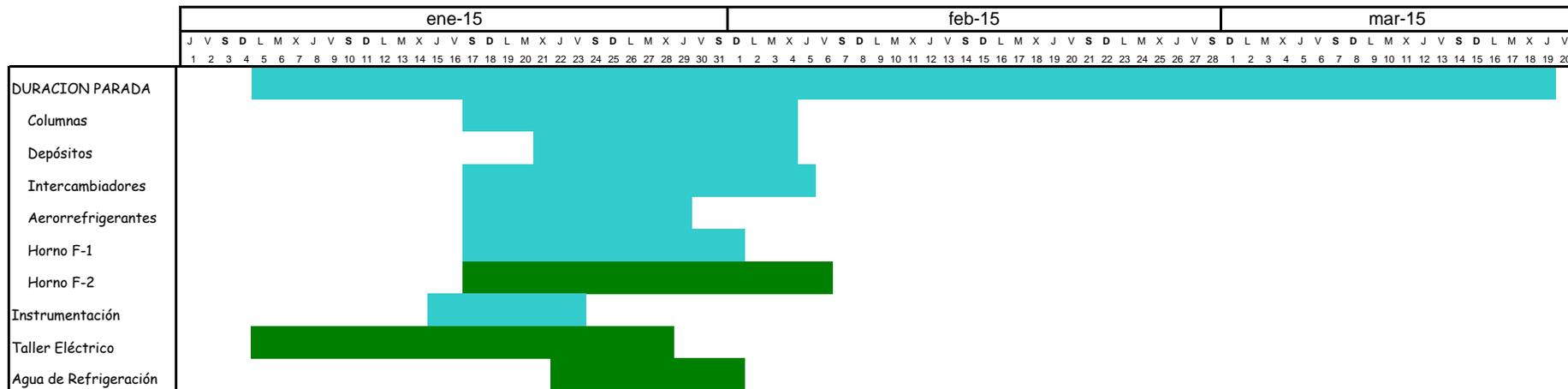
Se opta pues en esta simulación por hacer jornadas a 24 horas en el horno F-1, a sabiendas que los hitos de este horno no se corresponderán con la realidad, pero teniendo la certeza de que el retraso de estos hitos nunca generarán un camino crítico.



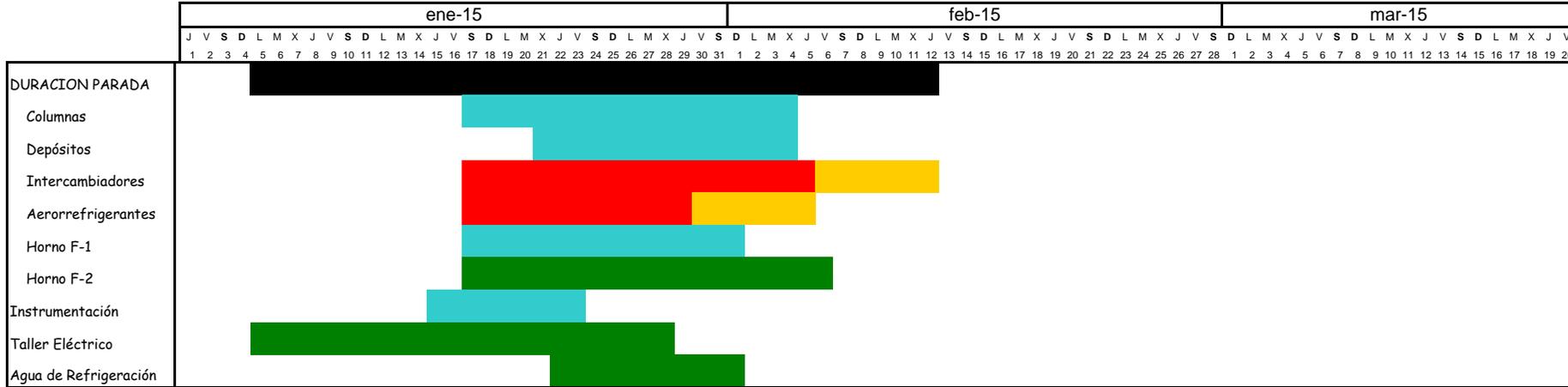
## Simulación n° 2 para determinación de Caminos Críticos.



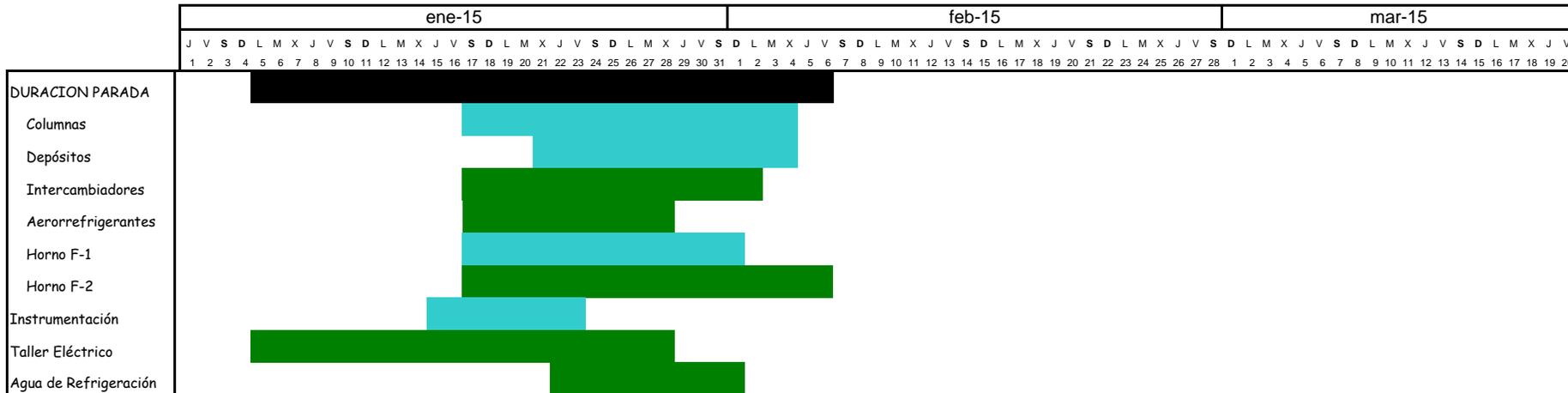
- Duración total de la parada.
- Tareas que no forman camino crítico en esta simulación
- Camino crítico a optimizar en la simulación
- Camino crítico optimizado en la simulación actual o anteriores



### Simulación n° 3 para determinación de Caminos Críticos.



- Duración total de la parada.
- Tareas que no forman camino crítico en esta simulación
- Camino crítico a optimizar en la simulación
- Camino crítico optimizado en la simulación actual o anteriores





## 9.2. Determinación de jornadas de trabajo.

A modo de resumen se establecen en la siguiente tabla las jornadas de trabajo para cada departamento o tareas:

Departamento o Tarea	Jornada	Días Semana
Hornos F-1 y F-2	2 turnos a 12 horas	Lunes a Domingo
Taller Eléctrico	2 turnos a 12 horas	Lunes a Domingo
Montar discos ciegos / abrir bocas de hombre	2 turno a 12 horas	Lunes a Domingo
Limpiezas	Disponibilidad a 24 h	Lunes a Domingo
Andamios	1 turno a 12 horas	Lunes a Domingo
Intercambiadores/aéreos	1 turno a 12 horas	Lunes a Sábado
Agua refrigeración	1 turno a 8 horas	Lunes a Sábado
Instrumentación	1 turno a 8 horas	Lunes a Viernes



## 10. BIBLIOGRAFÍA.

- Amendola, L.; Project Optimization of Plant Stoppages, Papers Web Reliability Center, Inc., Maintenance & Production Articles, USA, 2002.
- Amendola, L.; Aplicación de la Confiabilidad en la Gestión de Proyectos en Paradas de Plantas Químicas, Papers VI Internacional Congreso on Project Engineering, AEIPRO, ISBN 84-600-9800-1, pp. 154, Barcelona, Spain, Octubre 2002.
- Bonnal, P.; Gourc, D.; Lacoste, G.; The Life Cycle of Technical Projects, Papers Project Management Institute, Vol. 33, N° 1, pp. 12-19, March, 2002.
- Delta Catalytic Industrial Services.; Turnaround Management Program, Process Effectiveness Assessment Workbook, 2000.
- Dirección y Gestión de Paradas de Planta "Turnaround – Shutdowns Maintenance" ISBN: 84-96133-52-4, Ediciones Espuela de Planta, Sevilla, España, 2005
- González, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid: Fundacion Confemetal, 2003. ISBN: 8496169030.
- Kelly, A. Gestión del mantenimiento industrial. Madrid: Fundación Repsol, 1998. ISBN:8492350601.
- Kerzner, H.; Applied Project Management Best Practices on Implementation, John Wiley & Sons, Inc.; New York, 2000.
- Kum. J, A. Windmüller, A. Richter (Intevep), INT-6991, "Recomendaciones para optimización de paradas de planta", 1999.
- REY, Francisco. Manual del mantenimiento integral en la empresa. Madrid: Fundación Confemetal, 2001. ISBN: 8495428180.
- SMITH, David John. Reliability, maintainability and risk: practical methods for engineers. Oxford etc Butterworth Heinemann, 2001. ISBN: 0750651687.