

## **Estudio de Caso RCM2:**

# **SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE BENCENO**

### **CONTENIDO**

**1º Parte: Planteo del Problema y Análisis de Funciones**

**2º Parte: Análisis de Modos de Falla y Efectos**

**3º Parte: Hojas de Decisión**



1999

Derechos de autor Aladon LLC.



# 1º Parte - Planteo del Problema

## 1 Introducción

La figura 1 de más abajo muestra un tanque utilizado para almacenar benceno ( $C_6H_6$ ). El benceno es usado como solvente en un proceso químico por batch.

El proceso requiere más de 18.000 litros de benceno a intervalos de cinco horas. La naturaleza del proceso es tal que cada batch debe ser alimentado en una hora como máximo. Luego de ser usado, cada batch de benceno retorna al tanque a través de una planta recuperadora de solvente. El solvente nuevo es agregado al sistema de recuperación de solvente, que no es parte de este análisis.

La recuperación del solvente comienza tres horas después del retiro de cada batch, y el benceno es bombeado nuevamente al tanque a un ritmo mínimo de 400 litros por minuto.

El proceso aguas abajo se detiene ocho horas una vez cada seis semanas para permitir la limpieza. Por otro lado, la demanda del producto final es tal que la compañía puede vender todo lo que es producido, por lo tanto debe trabajar 24 hs. por día, siete días a la semana y 52 semanas al año.

La temperatura ambiente no baja de 6°C.

El sistema de almacenaje de benceno opera automáticamente, y es supervisado por un operador en una sala de control ubicada en una oficina de producción a 30 metros. El benceno es cancerígeno, y tiene las siguientes características físicas:

- *punto de inflamación*: -11°C (la temperatura a la cual se evapora lo suficiente para formar una atmósfera explosiva que puede ser encendida por una llama o chispa)
- *punto de fusión*: 5°C (el hecho de que el punto de fusión sea mayor que el punto de inflamación significa que entre -11°C y 5°C, el benceno es sólido pero todavía se evapora lo suficiente para formar una atmósfera explosiva)
- *punto de ebullición*: 80°C
- *punto de ignición*: 560°C (la temperatura más baja a la cual ocurre la ignición sin una chispa o llama)

## 2 Detalles del Sistema del Tanque

El tanque tiene una capacidad total de 45.000 litros. Está construido de acero de bajo contenido de carbono y es sostenido por soportes de acero que están abulonados a una base de hormigón. Para acomodarse a los cambios de temperatura, el tanque está fijado en un extremo mientras que el

otro es libre para moverse. (La superficie del soporte del extremo libre está cubierta con PTFE para permitir el movimiento).

Con fines de inspección, el tanque está provisto de una tapa de acceso de un diámetro interno de 600 mm.

El tanque también tiene un tubo de venteo que está conectado a la parte de vapor de la planta recuperadora de solvente para formar un sistema de balance de vapor. A medida que el nivel de benceno en el tanque sube y baja, el vapor fluye ida y vuelta entre el tanque y la planta recuperadora de solvente en la dirección opuesta al flujo de benceno. Esto evita la liberación de vapor a la atmósfera y también la formación de vapor nuevo. En el venteo entre el tanque y la planta recuperadora de solvente está montada un arresta llama.

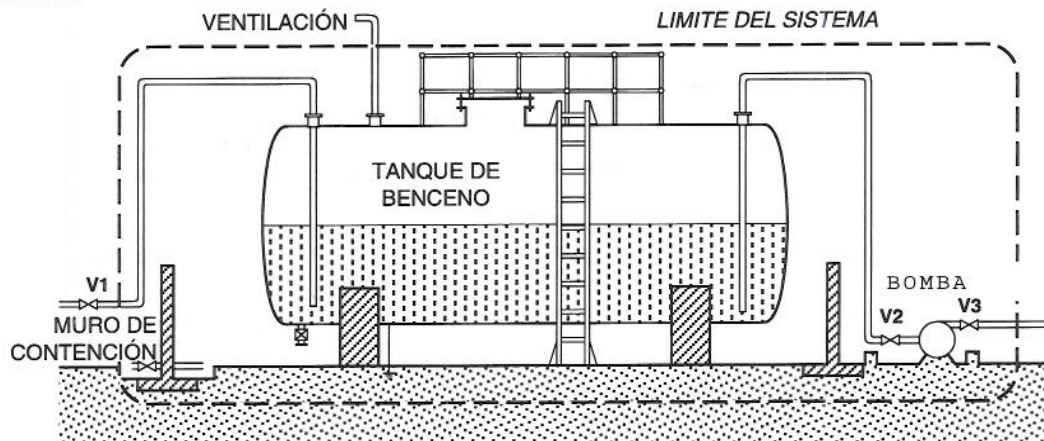
(Si la presión en el sistema de balance de vapor alcanza 12 hPa, un sistema de recuperación de vapor libera el exceso de vapor a través de un lecho de carbón activado. Éste a continuación es regenerado para recuperar el benceno líquido. El sistema recuperador también permite el ingreso de aire en el sistema de balance de vapor cuando la presión baja a menos de -10 hPa.)

El tanque está eléctricamente puesto a tierra para prevenir la formación de corriente estática durante el llenado, que podría causar chispas. También está provisto de una válvula de drenaje manual que permite drenar el tanque para mantenimiento. (Todo menos los últimos 200 litros de benceno pueden ser desagotados a través de la cañería de salida utilizando la bomba de suministro, o si es necesario mediante sifón.)

El tanque tiene un medidor de nivel de ecosonda ultrasónico y un sistema de control de alto/bajo nivel que:

- envía una señal para activar la bomba de alimentación en la planta de recuperación de solvente cuando el tanque baja a 21.000 litros
- apaga la bomba de alimentación cuando el tanque alcanza 39.000 litros
- indica el nivel de tanque en la sala de control
- activa una alarma en la sala de control si el nivel de tanque baja a menos de 20.500 litros. (Generalmente esta es la señal para los operadores de que es tiempo de agregar más benceno al sistema - un proceso operado manualmente - si no hay pérdidas. También es un aviso de que el benceno

FIGURA 1



sale del tanque más rápido de lo que retorna de la recuperación de solvente.)

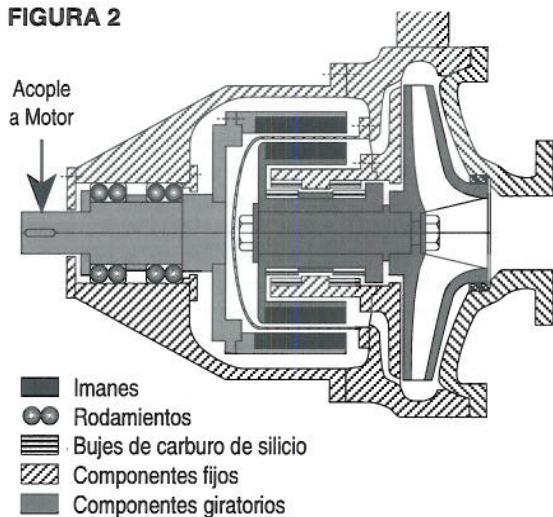
El tanque también tiene un indicador neumático operado hidrostáticamente para proveer una lectura local del contenido del tanque.

El interruptor de alto nivel está resguardado por un interruptor de último alto nivel flotante (normalmente cerrado) que detiene la planta recuperadora de solvente y hace sonar una alarma en la sala de control si el nivel del tanque alcanza 42.000 litros.

Análogamente, un interruptor de último bajo nivel (normalmente cerrado) hace sonar una alarma y detiene ambas bombas, la de alimentación y la de suministro si el nivel del tanque baja de 2000 litros.

Tres válvulas manuales (V1, V2 y V3) son utilizadas para aislar el lado de la alimentación del tanque y la bomba. Una válvula de retención a clapeta está ubicada también en la boca de la tubería de suministro para ayudar al cebado de la bomba. El acceso a la cima del tanque es vía una escalera metálica a una plataforma cerrada con barandas.

FIGURA 2



#### La bomba

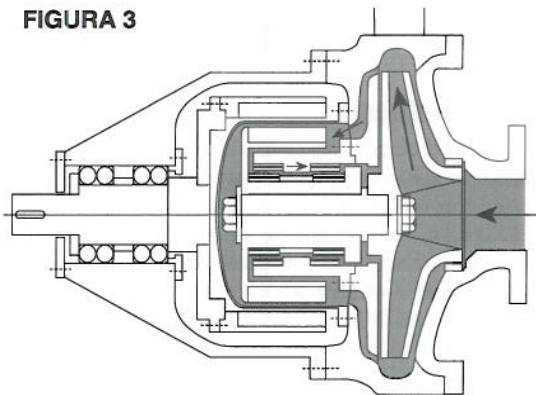
El benceno es suministrado desde el tanque al proceso a través de una bomba centrífuga con una capacidad nominal de 350 litros por minuto. Esta bomba está diseñada para cero pérdidas, lo cual es alcanzado conduciendo el impulsor de la bomba magnéticamente dentro de una "lata" cerrada, como se muestra en la Figura 2. Esto elimina la necesidad de sellos y acoples mecánicos.

Los bujes del impulsor son lubricados por el benceno, que fluye a través de la lata y los bujes como se ve en la Figura 3. El conjunto de bujes del impulsor tiene incorporado un sensor de temperatura que detiene la bomba si los bujes exceden los 70°C de temperatura.

Un filtro de 150µm está instalado justo antes de la entrada de la bomba para prevenir daños a los bujes de carburo de silicio. (La planta recuperadora de solvente tiene un filtro de 20µm, por lo tanto, este filtro sólo toma las partículas del tanque o la tubería.) Un manómetro de presión diferencial está montado a través del filtro, y nos dijeron que la bomba tiende a cavitarse si la presión diferencial excede 50 kPa (7 psi).

La bomba es conducida por un motor eléctrico a prueba de llamas de 2 kW. El motor dispone de una protección de carga que corta la electricidad si la corriente consumida excede 6 A.

FIGURA 3



También tiene incorporado un circuito de protección de funcionamiento en vacío que detiene el motor bajo condiciones de bajo caudal o vacío.

El panel representativo en la sala de control tiene luces que indican cuando la bomba está encendida o apagada, y luces separadas cuando se detiene por "Motor Sobrecargado", "Alta Temperatura" o "Funcionamiento en Vacío". El panel de control local tiene un interruptor manual que permite detener al motor localmente. El panel también incluye luces indicadoras locales que muestran si el motor de la bomba está prendido o apagado.

Una serie de "llaves para bomberos" está localizada en la casilla-puente en la entrada al lugar permitiendo a los bomberos apagar todo equipo eléctrico de zonas específicas de la planta en caso de incendio. Uno de estos interruptores cubre el sistema de benceno.

#### El muro de contención

El tanque está rodeado por un muro de contención de 1 metro de alto con una capacidad de 50.000 litros. El piso y las paredes de la contención son impermeables al benceno. Un drenaje incorporado al muro de contención es usado para drenar el agua de lluvia, pero de lo contrario se mantiene cerrado.

### 3 Ejercicio

Se le pide utilizar RCM2 para determinar los requerimientos de mantenimiento del sistema. El ejercicio se llevará a cabo en tres pasos como sigue:

- 1° Paso: determine las funciones del sistema
- 2° Paso: liste las fallas funcionales asociadas con cada función, y liste los modos de falla que probablemente causen cada falla funcional.
- 3° y 4° Paso: utilice el Diagrama de Decisión RCM2 para seleccionar una política adecuada para tratar cada modo de falla.

Se pide comenzar por el 1° Paso. Para comenzar, necesitará decidir un nivel de análisis apropiado (en otras palabras, si hay que subdividir el sistema, y en ese caso cómo). En adelante, deberán listarse las funciones. Cuando lo esté haciendo, recuerde listar los parámetros de funcionamiento desde el punto de vista de la gente que usa/opera el sistema. Por favor también cuantifique los parámetros de funcionamiento siempre que sea posible. (Para el propósito de este ejercicio, por favor no intente analizar el motor, el interruptor, el sistema de balance de vapor o el sistema de recuperación de vapor.)

## 1º Paso: Funciones del Sistema de Benceno

- 1 Suministrar benceno al proceso a un mínimo de 300 litros por minuto
- 2 Contener el benceno y el vapor del benceno
- 3 Comenzar a cargar el tanque cuando el nivel baja de 21.000 litros
- 4 Detener la bomba de alimentación cuando el nivel de benceno alcanza 39.000 litros
- 5 Ser capaz de hacer sonar una alarma si el nivel de benceno en el tanque baja más de 20.500 litros
- 6 Ser capaz de apagar las bombas de suministro y de alimentación y hacer sonar una alarma en la sala de control si el nivel del tanque baja más de 2.000 litros
- 7 Ser capaz de detener la planta de recuperación de benceno y hacer sonar una alarma si el nivel del tanque sobrepasa 42.000 litros
- 8 Detener la bomba si para el flujo de benceno a través de los bujes del impulsor
- 9 Detener la bomba si los bujes del impulsor sobrepasan los 70°C
- 10 Mantener una presión en el tanque entre -10HPa y 12 HPa
- 11 Permitir que el tanque sea drenado
- 12 Permitir a los bomberos apagar la bomba a distancia en caso de incendio
- 13 No dejar que las llamas de un fuego externo se propaguen dentro del tanque
- 14 Prevenir la formación de corriente estática en el tanque
- 15 Indicar que el tanque contiene líquido inflamable y tóxico
- 16 Indicar el nivel de benceno en el tanque localmente y en la sala de control con una tolerancia de 2% sobre el contenido real
- 17 Prevenir que partículas mayores a 150µm alcancen a la bomba
- 18 Indicar la presión diferencial a través del filtro con un 20% de la presión real
- 19 Contener el benceno en caso de pérdida del tanque
- 20 Asegurar que la válvula de drenaje del muro de contención sea abierta solamente por personal autorizado
- 21 Permitir que el muro de contención sea drenado
- 22 Permitir a un hombre de talla normal entrar al tanque utilizando indumentaria de seguridad adecuada
- 23 Permitir acceso a un hombre de hasta 200 kg subir al tope del tanque
- 24 Prevenir que la gente se caiga del tope del tanque
- 25 Permitir el movimiento libre del tanque por cambios de temperatura
- 26 Tener un aspecto aceptable



**Sistema de Almacenaje de Benceno**

N° RCM 04S

Realizado por

Fecha

Hoja 1

**COMPONENTE**

Ref 3° Edición

Revisado por

Fecha

de 8

FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)
1 Suministrar benceno al proceso a un mínimo de 300 litros por minuto	A No suministra nada de benceno	<p>1 Impulsor trabado por objetos extraños</p> <p>2 Rodamientos del eje agarrotados por desgaste y rotura normal</p> <p>3 La bomba se detiene debido a falsa señal del mecanismo de disparo</p> <p>4 Rodamiento de impulsor agarrotado por grandes partículas en el benceno</p> <p>5 Bujes del impulsor de la bomba desgastados</p> <p>6 Válvula V2 cerrada</p> <p>7 Válvula V3 cerrada</p> <p>8 Válvula de retención falla en posición abierta</p>	<p>El motor de la bomba se sobrecarga, y se enciende el indicador de "Motor Sobrecargado" en la sala de control. La presencia del filtro aguas arriba significa que esta falla sólo puede ocurrir si algo es olvidado en el sistema luego del mantenimiento, o si falta el filtro o está perforado. Toma cuatro horas cambiar el conjunto del impulsor</p> <p>El motor de la bomba se sobrecarga, y se enciende el indicador de "Motor Sobrecargado" en la sala de control. Se para el suministro de benceno al proceso, haciendo sonar alarmas adicionales. Toma cuatro horas reponer la bomba</p> <p>El mecanismo que pudo apagar la bomba de este modo es el disparo por motor sobrecargado, el mecanismo de funcionamiento en vacío o el termostato. A pesar de que estas fallas son raras, cada una toma tres horas diagnosticar y reparar</p> <p>Esta falla es considerada extremadamente improbable si el filtro en la línea de alimentación es mantenido adecuadamente. <i>Ver función 17 más adelante</i></p> <p>Estos bujes están hechos de carburo de silicio, por lo tanto tienden a desgastarse muy lentamente si el benceno se mantiene razonablemente limpio. Un desgaste severo puede hacer que los imanes inferiores toquen la carcasa, posiblemente dañándola y sobrecargando la bomba. El indicador "Motor Sobrecargado" se enciende en la sala de control e interrumpe el suministro de benceno al proceso. Cuatro horas para reemplazar el conjunto del impulsor de la bomba</p> <p>La bomba funciona en vacío y la protección de funcionamiento en vacío detiene el motor. El indicador "Funcionamiento en Vacío" se enciende en la sala de control. Quince minutos para diagnosticar el problema y abrir la válvula</p> <p>La bomba se sobrecalienta y el protector de temperatura la apaga, o cavita y la protección de funcionamiento en vacío la apaga. Uno o ambos indicadores se encienden en la sala de control. Quince minutos para diagnosticar el problema y abrir la válvula</p> <p>Cuando el nivel del tanque es bajo y la bomba está apagada el aceite de la línea de aspiración retorna al tanque. Dependiendo de la cantidad de benceno en el resto de la línea de suministro, esto puede causar problemas de cebado de la bomba y hacer que el sistema de protección de funcionamiento en vacío detenga la bomba. El sistema puede ser cebado manualmente en una hora desde el final del proceso. Toma seis horas desmontar la línea de suministro y cambiar la válvula de retención</p>

**Sistema de Almacenaje de Benceno**

N° RCM 04S

COMPONENTE

Ref 3' Edición

Realizado por

Revisado por

Fecha

Fecha

Hoja 2

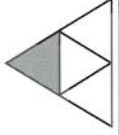
de 8



ELEMENTO		EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	Realizado por
1	Suministrar benceno al proceso a un mínimo de 300 litros por minuto (continuación)	A No suministra nada de benceno (continuación)	Si estos bujes se agarrotan, la atracción magnética hace que el sistema de sobrecarga del motor pare el motor. No obstante, si la alimentación de benceno a los rodamientos se detiene, la unidad de funcionamiento en vacío debería actuar sobre el motor antes que los bujes se dañen. Ver también la función 8 Ver función 2 y 3 más adelante Se analiza aparte el motor Se analiza aparte el suministro de electricidad
		B Suministra benceno a menos de 300 litros por minuto	El flujo a través de la bomba declina gradualmente a medida que el impulsor se deteriora. Finalmente la bomba toma más de una hora para transferir 18.000 litros de benceno al proceso. El operador de proceso daría aviso. Toma cuatro horas cambiar el conjunto del impulsor
		9 Bujes del impulsor agarrotados por falta de lubricante (lubricados por benceno)	La formación de partículas ferrosas reduce la eficiencia del torque magnético. Si esto no hace sobrecargar al motor o recalentar la bomba, la bomba demora más de una hora en transferir 18.000 litros de benceno al proceso. Toma cuatro horas reemplazar el conjunto del impulsor
		10 Tanque vacío	Un filtro parcialmente tapado puede reducir el caudal a menos de 300 litros/min. sin interferir con la operación de la bomba. Cuando la presión diferencial en el manómetro de presión que está montado en el filtro, alcanza alrededor de 7 psi (0,5 kg/cm <sup>2</sup> ; 500 hPascals), el caudal baja de 300 litros/min). Los operadores de proceso también notarían el bajo caudal. Toma 15 minutos cambiar el filtro
		11 Falla el motor	Una pequeña pérdida hace que la alarma de bajo nivel suene en la sala de control cuando el nivel baja de 20.500 litros. Una pérdida mayor activa ambas alarmas, la de bajo nivel y la de último bajo nivel, que hace sonar otra alarma y detiene todo el proceso de benceno. Cualquier pérdida del tanque debe ser contenida por el muro y debe ser desagotada con la precaución adecuada. No obstante, el riesgo de incendio se incrementa notablemente hasta que la contención y el tanque sean limpiados y purgados. Si no ocurre un incendio, toma doce horas por lo menos drenar la contención y es necesario evacuar parte del personal del lugar. Toma varios días reparar el tanque, pero pueden hacerse arreglos alternativos para almacenar el benceno en dos días
		12 Falta electricidad	La presencia del benceno dentro del tanque significa que es poco probable que se oxide desde su interior. Para inhibir la corrosión está pintado por fuera con una pintura que tiene diez años de vida por diseño para esta aplicación. También es cierto que se verían signos de óxido o corrosión externa (burbujas bajo la pintura o rastros de óxido sobre la superficie) mucho antes de causar una pérdida. Si ocurre una pérdida, la contención se llena con benceno y debe ser drenado, incrementando el riesgo de incendio y necesitando evacuar parte del personal del lugar. Un tanque muy oxidado debe ser cambiado, llevando tres semanas por lo menos
2	Contener el benceno y el vapor del benceno	A No contiene el benceno	
		1 Pérdida de tanque debido a falla de soldadura	
		2 Pérdida del tanque debido a corrosión	

**Sistema de Almacenaje de Benceno**

ELEMENTO COMPONENTE	N° RCM 04S	Realizado por	Fecha	Hoja 3
	Ref 3ª Edición	Revisado por	Fecha	de 8



FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)
2 Contener el benceno y el vapor del benceno (Continuación)	A No contiene el benceno (Continuación)	3 Fallan soportes de acero por corrosión	El pandeo total de uno de los soportes de acero hace que un extremo del tanque caiga sobre un canto agudo, casi seguramente perforando el tanque. El muro de contención se llena con benceno y debe ser drenado, incrementando el riesgo de incendio y necesitando evacuar parte del personal del lugar. Se ven signos de óxido o corrosión así como burbujas bajo la pintura o rastros de óxido sobre la superficie del soporte. Toma tres días reemplazar un soporte
		4 Tanque adherido al soporte del extremo libre y temperatura cambia más de 35°C	Las fluctuaciones extremas de temperatura pueden fisurar el tanque, llenando el muro de contención de benceno. (Ver también función 25 más adelante)
		5 Falla junta de brida en tubería	La mayoría de estas juntas están ubicadas fuera del muro de contención, por lo tanto la falla de una brida derramará benceno al suelo y por consiguiente incrementará el riesgo de incendio. Sin embargo, se sabe que este tipo de falla casi siempre es precedida por pequeñas pérdidas. Toma seis horas purgar la cañería y reemplazar la junta de brida
		6 Sello en carcasa de bomba colocado incorrectamente	La "ata" está cubierta por la carcasa externa de la bomba y está diseñada para soportar una presión establecida de 16 bar, por lo tanto se presiente que la bomba solo perdería si un O-ring o sello estuviesen montados incorrectamente. Si esto no se hace evidente inmediatamente durante la prueba luego de la instalación, se estima que la falla sería precedida por pequeñas pérdidas. La bomba también está ubicada fuera del muro de contención, por lo tanto las pérdidas en este punto se derraman al suelo. Toma seis horas reemplazar un sello de la bomba
		7 Fallan ambos interruptores de alto y último alto nivel en detener la bomba de alimentación	El benceno puede ser expulsado a través del venteo. Ver modos de falla 4 - A - 1 y 7 - A - 1 más adelante
	B No contiene el vapor de benceno	1 Tapa de acceso no colocada	La falta de una tapa de acceso incrementa substancialmente la razón a la que el vapor de benceno escapa a la atmósfera, incrementando sensiblemente el riesgo de incendio. También implica que la lluvia y otras substancias generadas en el aire puedan introducirse en el benceno, pudiendo interferir en el proceso aguas abajo. Generalmente toma algunos minutos encontrar y colocar la tapa
		2 Sello de tapa de acceso colocado incorrectamente	Una colocación incorrecta derivará en un escaso ajuste o un sello dañado. Esto significa que el vapor escapa a la atmósfera incrementando sensiblemente el riesgo de incendio. Toma una hora colocar un sello nuevo
		3 Pierde el sistema de manejo de vapor	Se analiza aparte el sistema de manejo de vapor

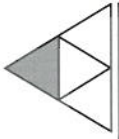
**Sistema de Almacenaje de Benceno**

<b>ELEMENTO</b>	<b>N°</b>	<b>RCM 04S</b>	<b>Realizado por</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hoja</b>
<b>COMPONENTE</b>	<b>Ref</b>	<b>3ª Edición</b>	<b>Revisado por</b>	<b>Fecha</b>	<b>de</b>
					<b>4</b>
					<b>8</b>

FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)	
3	Comenzar a cargar el tanque cuando el nivel baja de 21.000 litros	A	No comienza a llenarse a los 21.000 litros	1	Falla el sistema de nivel ultrasónico (no enciende la bomba a los 21.000 litros de nivel)		Suena la alarma de bajo nivel cuando el nivel baja de 20.500 litros, donde el tanque todavía contiene suficiente benceno para procesar un batch más. La bomba de alimentación puede encenderse manualmente. Más de seis horas para diagnosticar y reparar la falla en el sistema
				2	Válvula de ingreso V1 atascada en posición cerrada		Suena la alarma de bajo nivel cuando el nivel baja de 20.500 litros, aunque es probable que las alarmas de alto nivel del sistema de recuperación de benceno estén sonando mucho antes. Toma alrededor de 4 horas purgar la tubería de alimentación y cambiar la válvula. (En la práctica, esta válvula solamente se cierra cuando se está por hacer mantenimiento al tanque)
				3	El interruptor de último alto nivel falla en posición abierta		Suena la alarma de alto nivel y la planta de recuperación de solvente se detiene, por consiguiente no se suministra benceno al tanque y el nivel cae. Los indicadores de nivel locales y remotos muestran el nivel del tanque por debajo del último alto nivel. Tiempo para diagnosticar y rectificar: 3 horas.
				4	Falla la planta recuperadora de solvente		Se analiza aparte la planta de recuperación de solvente
				5	Pérdida mayor de benceno		El benceno fluye hacia afuera más rápido de lo que entra causando que el nivel baje. Ver función 2 anterior
4	Detener la bomba de alimentación cuando el nivel de benceno alcanza 39.000 litros	A	No detiene la bomba a los 39.000 litros	1	El sistema de nivel ultrasónico no detiene la bomba de alimentación		El interruptor de alto nivel detiene la planta recuperadora y suena una alarma en la sala de control. En esta instancia, hay suficiente benceno en el tanque para alimentar dos batches. Seis horas para diagnosticar y reparar una falla en el sistema ultrasónico
				1	Falla el circuito de alarma de bajo nivel		Los operadores no serán alertados por fallas que hagan bajar el nivel del tanque, por consiguiente continuará bajando hasta los 2.000 litros, donde el interruptor de último bajo nivel detendrá la bomba de suministro y la planta recuperadora de solvente. Seis horas para diagnosticar y reparar una falla en el circuito de bajo nivel
5	Ser capaz de hacer sonar una alarma si el nivel de benceno en el tanque baja más de 20.500 litros	A	Incapaz de hacer sonar una alarma cuando el nivel del tanque baja más de 20.500 litros	1	Falla el circuito de detención de último bajo nivel en posición cerrada		Este circuito sólo es necesario si los circuitos del interruptor de bajo nivel y la alarma fallan. El tanque se vacía, la bomba de suministro funciona en vacío y ésta sería detenida por la unidad de funcionamiento en vacío. El proceso aguas abajo se detiene debido a la falta de benceno. Toma ocho horas reponer el interruptor debido a que el tanque necesita primero ser drenado y purgado. Las otras partes del circuito pueden ser reparadas en una o dos horas
6	Ser capaz de apagar las bombas de suministro y de alimentación y hacer sonar una alarma en la sala de control si el nivel del tanque baja más de 2.000 litros	A	Incapaz de apagar la bomba de suministro y la de alimentación cuando el nivel del tanque baja de 2.000 litros	1	Falla el circuito de alarma de último bajo nivel		Los operadores no sabrían si el nivel bajó a 2.000 litros o menos, y por lo tanto sólo iniciarían acciones para remediarlo cuando el proceso aguas abajo pare por falta de benceno. Esto podría causar más de cuatro horas de parada adicional. Toma de una a ocho horas reparar este circuito, dependiendo de donde ocurra la falla
		B	Incapaz de hacer sonar una alarma cuando el nivel del tanque baja de 2.000 litros	1	Falla el circuito de alarma de último bajo nivel		

**Sistema de Almacenaje de Benceno**

ELEMENTO	N°	RCM	Realizado por	Fecha	Hoja
COMPONENTE	Ref	3 <sup>a</sup> Edición	Revisado por	Fecha	de



FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)
7	A Ser capaz de detener la planta de recuperación de benceno y hacer sonar una alarma si el nivel del tanque sobrepasa 42.000 litros	1 Incapaz de detener el sistema de recuperación de benceno y hacer sonar una alarma cuando el nivel del tanque sobrepasa 42.000 litros	Este interruptor sólo es necesario si el interruptor de alto nivel falla. El sistema de recuperación de solvente continúa suministrando benceno. Esto hace que se llene completamente el tanque, causando que rebalse a través del venteo al sistema de balance de vapor. Un interruptor flotante en el sistema de balance de vapor (analizado aparte) detecta el benceno líquido y detiene la planta recuperadora de solvente. Tiempo de parada para cambiar el interruptor de último alto nivel 2 horas
	B Capaz de detener la recuperación de solvente pero no de hacer sonar una alarma cuando el tanque sobrepasa 42.000 litros	1 Falta del circuito de alarma de último alto nivel	Este circuito de alarma sólo es necesario si falla el interruptor de alto nivel. Si el circuito de alarma falla pero funciona el interruptor de último alto nivel, la planta recuperadora de solvente es detenida pero no es evidente inmediatamente por qué ocurrió esto. Esto significa que puede tomar más de cinco horas diagnosticar y reparar la falla de interruptor de alto nivel en lugar de tres horas. Toma tres horas reparar el circuito de alarma de último alto nivel
8	Detener la bomba si para el flujo de benceno a través de los bujes del impulsor	1 Incapaz de detener la bomba cuando para el flujo de benceno a través de los bujes del impulsor	Si el flujo de benceno para y la protección de funcionamiento en vacío no funciona, la bomba comienza a recalentarse y la protección térmica apaga la bomba antes de que se vuelva peligrosamente caliente. Sin embargo, es factible que se dañen los bujes antes de que la unidad de alta temperatura tenga la oportunidad de apagar una bomba en vacío. Tiempo para reparar solamente la unidad de funcionamiento en vacío: alrededor de tres horas
9	Detener la bomba si la temperatura de los bujes del impulsor sobrepasan los 70°C	1 No detiene la bomba cuando los bujes del impulsor sobrepasan los 70°C	La unidad de protección de alta temperatura se necesita cuando el flujo de benceno disminuye tanto que puede calentarse hasta el punto de ebullición al atravesar los bujes. En este caso, el benceno se vaporizará y la unidad de funcionamiento en vacío apagará el sistema. Si la unidad de funcionamiento en vacío falla también en estas circunstancias, los bujes del impulsor se agrietan y la sobrecarga del motor apaga al motor. Tiempo para reparar la unidad de alta temperatura: cuatro horas
10	Mantener una presión en el tanque entre -10 hPa y 12 hPa	1 Válvula de alivio de presión del sistema de recuperación de vapor falla cerrada	En un día caluroso, el sistema puede sobrepresurizarse a tal punto que podría fisurarse algún punto débil, liberando benceno o vapor de benceno al medio ambiente. <i>(El sistema de manejo del vapor se analiza aparte)</i>
	B La presión baja a menos de -10 hPa	1 La válvula de control de presión del sistema de recuperación de vapor falla cerrada	Cuando la bomba de suministro es activada comienza a formarse vacío en el tanque, haciendo disminuir el caudal y finalmente deteniendo todo. La bomba comienza a cavitar y la unidad de funcionamiento en vacío la apaga. (El tanque mismo puede soportar la presión negativa que sería generada si esto sucede.) <i>Se analiza aparte el sistema de manejo de vapor</i>
11	Permitir que el tanque sea drenado	1 No se puede drenar el tanque completamente	La tubería de salida normal puede usarse para desagotar todo menos los últimos 200 litros de benceno (a través de la bomba, o si la bomba falló, por medio de un sifón). El drenaje es necesario para desagotar los últimos 200 litros, y esto sólo tiene que hacerse para llevar a cabo mantenimiento al tanque. Si la válvula de drenaje falla cerrada, el residuo debe ser bombeado afuera a través de la tapa de acceso y el tanque debe ser purgado. Este proceso completo lleva seis horas

**Sistema de Almacenaje de Benceno**

<b>ELEMENTO</b>	<b>N°</b>	<b>RCM 04S</b>	<b>Realizado por</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hoja</b>
<b>COMPONENTE</b>	<b>Ref</b>	<b>3ª Edición</b>	<b>Revisado por</b>	<b>Fecha</b>	<b>de</b>

**EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)**

**MODO DE FALLA (Causa de la falla)**

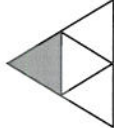
**FALLA FUNCIONAL**

**FUNCION**

12	Permitir a los bomberos apagar la bomba a distancia en caso de incendio	A	Incapaz de apagar la bomba a distancia en caso de incendio	1	Falla circuito de control de los bomberos	El sistema puede continuar bombeando benceno al corazón del fuego, haciendo de una mala situación una mucho peor. Lleva más de 3 horas diagnosticar y reparar una falla en este circuito
13	No dejar que las llamas de un fuego externo se propaguen dentro del tanque	A	Las llamas pueden propagarse dentro del tanque	1	Malla antillama perforada o perdida	El contenido del tanque de benceno se sumaría a cualquier siniestro, haciendo de una mala situación una mucho peor. Toma cuatro horas cambiar la malla debido a que primero deben ser drenados y purgados el tanque y el sistema de manejo de vapor
14	Prevenir la formación de corriente estática en el tanque	A	No previene la formación de corriente estática	1	Puesta a tierra cortada	La corriente estática causada por el llenado del tanque debe ser descargada normalmente a través de la estructura y tuberías. Sin embargo, si este paso a la tierra falla, una puesta a tierra cortada puede causar chispas que pueden llevar a un fuego o explosión. Tiempo para reparar la puesta a tierra: 2 horas
15	Indicar que el tanque contiene líquido inflamable y tóxico	A	No indica que el tanque contiene líquido inflamable y tóxico	1	Cartel de advertencia deteriorado	El deterioro incluye el descascarado o la acumulación de polvo sobre el cartel, haciéndolo ilegible. Esto incrementa el riesgo de que la gente que trabaja en o cerca del tanque no tome las precauciones adecuadas tales como evitar chispas en las cercanías del tanque, utilizar indumentaria protectora adecuada y máscara de respiración si tiene que meterse dentro del tanque. Preparar y colocar un nuevo cartel toma dos días
16	Indicar el nivel de benceno en el tanque localmente y en la sala de control con una tolerancia de 2% sobre el contenido real	A	Incapaz de indicar el nivel en la sala de control	1	Falla el sistema indicador de nivel ultrasónico	Un cartel cubierto o perdido es ilegible incrementando el riesgo de que la gente que trabaja en o cerca del tanque no tome las precauciones adecuadas tales como evitar chispas en las cercanías del tanque y utilizar indumentaria protectora adecuada, máscara de respiración si tiene que meterse dentro del tanque. Preparar y colocar un nuevo cartel toma dos días
		B	Incapaz de indicar el nivel localmente	1	Falla el indicador local	Los operadores pueden caminar hasta el indicador local para chequear el nivel. Toma más de cuatro horas diagnosticar y corregir la falla en el sistema
		C	La lectura del indicador de nivel varía más del 2% del real	1	Indicador impreciso	Este indicador es probable que sea necesario sólo por excepción (cuando ha fallado el indicador remoto o antes de mantenimiento), por lo tanto una decisión tomada incorrectamente en ausencia de esta información puede tener serias implicancias. Reparar o cambiar este indicador lleva más de cuatro horas debido a que el tanque necesita ser drenado y purgado
						No es necesaria una gran precisión en este contexto, pero los operadores creen que un error de más del 2% puede comenzar a afectar la validez de sus decisiones. El tiempo de recalibrado es casi el mismo que el de reparación para ambos indicadores

**Sistema de Almacenaje de Benceno**

<b>ELEMENTO</b>	<b>N°</b>	<b>RCM 04S</b>	<b>Realizado por</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hoja</b>
<b>COMPONENTE</b>	<b>Ref</b>	<b>3ª Edición</b>	<b>Revisado por</b>	<b>Fecha</b>	<b>de</b>
					<b>7</b>
					<b>8</b>



FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	N°	RCM 04S	Realizado por	Fecha	Hoja
17	Prevenir que partículas mayores a 150µm alcancen a la bomba	A No previene el ingreso de partículas mayores a 150 µm a la bomba	1	Falta filtro	EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla) Las partículas mayores a 150 µm pasan a través del filtro, llevando a un acelerado desgaste y posible agarrotamiento de los bujes del impulsor. El manómetro diferencial indica cero cuando no está el filtro, y toma 15 minutos instalar un filtro nuevo		
18	Indicar la presión diferencial a través del filtro con un error de hasta un 20% de la presión real	A Indica una presión diferencial con un error mayor al 20% de la presión real	2	Filtro roto	La única vez que ocurrió fué cuando el filtro estaba dañado antes de la instalación. Un filtro roto permite que pasen partículas mayores a 150 µm, llevando a un acelerado desgaste y posible agarrotamiento de los bujes del impulsor. El manómetro diferencial indica cero cuando no hay ningún elemento presente, y toma 15 minutos instalar un filtro nuevo		
19	Contener el benceno en caso de pérdida del tanque	A Incapaz de contener el benceno en caso de pérdida del tanque	1	Manómetro diferencial descalibrado	Se vuelve cada vez más difícil anticipar el bloqueo del filtro, y tomaría más tiempo del necesario para diagnosticar la falla si se tapa. En ambos casos lleva a un incremento de la parada. Toma una hora cambiar el manómetro diferencial		
20	Asegurar que la válvula de drenaje del muro de contención sea abierta solamente por personal autorizado	A La válvula es abierta por cualquiera	1	Fisura, abertura o pequeño agujero en el muro o piso de contención	Dependiendo de la severidad, una pérdida en la contención hace que cualquier pérdida de benceno que escape del tanque, escape al suelo alrededor del muro de contención y posiblemente al sistema de desagüe pluvial. Esto extiende la probabilidad de peligro de incendio y también constituye una incursión ambiental mayor. La limpieza puede llevar varios días y podría necesitarse excavar y reubicar gran cantidad de tierra contaminada. Toma 3 semanas reconstruir el muro de contención		
21	Permitir que el muro de contención sea drenado	A El muro de contención es incapaz de ser drenado	2	Válvula de drenaje del muro de contención dejada abierta	Una válvula abierta permite que cualquier pérdida de benceno del tanque salga directamente afuera del muro de contención. En caso de una pérdida mayor, esto no sólo necesitará evacuar la mayoría de la planta, sino también parte del pueblo circundante. Lleva dos minutos cerrar la válvula de drenaje del muro de contención. (Ver 20 - A - 1 más adelante)		
			3	Muro de contención todavía tiene agua de lluvia	Si ocurre una pérdida mayor y la contención todavía tiene más del 10% de agua de lluvia, el muro de contención puede rebasarse. El muro de contención tiene 1m de alto. Ocurren grandes chaparrones a lo largo del año, depositando un promedio de 900 mm por año. Si una gran cantidad de agua está presente cuando el benceno rebasa, el benceno puede ser diluido e infiltrarse en un una cantidad anormal de lugares no deseados		
			1	Seguro de válvula de drenaje a bierto o perdido	La válvula de drenaje puede ser abierta por cualquiera en cualquier momento. lo que puede causar que el benceno que se pierde escape del muro de contención. Toma dos horas colocar un nuevo seguro de drenaje		
			1	Drenaje obstruido por objeto extraño	Un drenaje obstruido significa que el agua de lluvia no podrá ser drenada inmediatamente de la contención. Toma 30 minutos desbloquear el drenaje		
			2	Válvula de drenaje partida	Un drenaje bloqueado cerrado significa que el agua de lluvia no podrá ser drenada inmediatamente de la contención. Toma 30 minutos desbloquear el drenaje		



<b>ELEMENTO</b>		<b>Sistema de Almacenaje de Benceno</b>		<b>N° RCM 04S</b>		<b>Realizado por</b>		<b>Fecha</b>		<b>Hoja 8</b>	
<b>COMPONENTE</b>				<b>Ref 3ª Edición</b>		<b>Revisado por</b>		<b>Fecha</b>		<b>de 8</b>	

FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)					
22	Permitir a un hombre de talla normal entrar al tanque utilizando indumentaria de seguridad adecuada	A	No permite que un hombre de talla normal entre al tanque utilizando indumentaria protectora adecuada	1	Tornillos de hierro de la tapa de acceso oxidados	La especificación indica usar bulones de acero inoxidable en la tapa. Sin embargo, anteriormente se han colocado sin querer bulones de hierro en tanques similares. Estos se oxidaron y tuvieron que ser quitados con mucho cuidado debido al riesgo de incendio. Tiempo para sacar los bulones oxidados y abrir la tapa: dos horas. (Si los bulones no están oxidados, la tapa de acceso puede quitarse en alrededor de diez minutos)					
23	Permitir acceso a un hombre de hasta 200kg subir al tope del tanque	A	No permite el acceso a un hombre de hasta 200kg subir al tope cima del tanque	1	Tornillos de sujeción de escalera a tanque sueltos	Los escalones están abulonados al tanque en 6 lugares. Por lo menos tres de éstos necesitan caerse antes de que la situación se vuelva peligrosa. Toma una hora reemplazar los bulones					
24	Prevenir que la gente se caiga del tope del tanque	A	Incapaz de prevenir que la gente se caiga desde el tope del tanque	2	Estructura o escalones de la escalera fallan por corrosión	La escalera está pintada con el mismo compuesto que el tanque. Este compuesto tiene diez años de vida por diseño. Deben verse signos de óxido o corrosión, como burbujas bajo la pintura o rastros de óxido sobre la superficie. Toma cuatro horas repintar la escalera, o seis horas cambiarla					
25	Permitir el movimiento libre del tanque por cambios de temperatura	A	No permite el libre movimiento del tanque	1	Baranda destornillada del soporte	La única vez que ocurrió, un operador se inclinó sobre la baranda sin notar de que estaba destornillada. La baranda se cayó y el operador se salvó de una posible grave lesión aterrándose de uno de los soportes mientras caía					
26	Tener un aspecto aceptable	A	No tiene un aspecto aceptable	2	Falla la baranda por corrosión	La baranda está pintada con el mismo compuesto que el tanque. Este compuesto tiene diez años de vida por diseño. Deben verse signos de óxido o corrosión, como burbujas bajo la pintura o rastros de óxido sobre la superficie. Toma cuatro horas repintar la baranda, o seis horas cambiarla					
		A	No permite el libre movimiento del tanque	1	Tanque adherido al soporte del extremo libre	Si al tanque no le es permitido moverse por cambios mayores de temperatura (especialmente cambios mayores a 35°C y más si no puede contraerse), puede ser tensionado al punto de fisurarse. Esto llenaría el muro de contención de benceno, creando un peligro de incendio y necesitando evacuar parte del lugar mientras la contención se dreña. Un tanque fisurado también debe ser cambiado. Tiempo de parada para reparar el soporte: cuatro días					
		A	No tiene un aspecto aceptable	1	Pintura deteriorada	La pintura se descascara y se ve desagradable antes de que las propiedades de resistencia a la corrosión sean afectadas. Esto exhibe una imagen inaceptable a los clientes y directivos que visiten la planta, como también un mal mensaje a los empleados. Toma tres días repintar el tanque que necesita ser detenido y purgado de antemano. Se pueden hacer preparativos para almacenaje alternativo mientras el tanque es pintado					
		A	Superficie externa sucia	2	Superficie externa sucia	Un sistema sucio tiene el mismo efecto sobre los clientes, directivos y empleados que una pintura pobre. El tanque puede ser lavado en dos horas sin detenerlo					

## 3º Paso: Sistema de Benceno Aplicando el Diagrama de Decisión RCM2

En esta parte del ejercicio, se le pide que aplique la lógica de decisión RCM2 a algunos de los modos de falla del sistema de benceno. Los modos de falla que se le pide analizar en este punto son aquellos asociados con las funciones 1, 2, 3, 4, 21, 23 y 26 de las Hojas de Información que se le entregó anteriormente.



Referencia de información	Evaluación de las consecuencias			H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
	F	S	E				H4	H5	S4				
1 A 1	S	N	N	S	N	N					Ningún mantenimiento programado	Semanal	Operador
1 A 2	S	N	N	S	N	N					Revisar si hacen ruido audible los rodamientos del eje		
1 A 3	S	N	N	S	N	N					Ningún mantenimiento programado		
1 A 4	S	N	N	S	N	N					Ningún mantenimiento programado		
1 A 5	S	N	N	S	N	N					Usar análisis de vibraciones para monitorear la condición de los bujes del impulsor		
1 A 6	S	N	N	S	N	N					Ningún mantenimiento programado		
1 A 7	S	N	N	S	N	N					Ningún mantenimiento programado		
1 A 8	S	N	N	S	N	N					Ningún mantenimiento programado		
1 A 9	S	N	N	S	N	N					Monitorear el suministro de lubricante a los bujes del impulsor	Continuamente	Unidad de funcionamiento en vacío
1 A 10	S	N	N	S	N	N					Ver funciones 2 y 3 más adelante		
1 A 11											Se analiza aparte		
1 A 12											Se analiza aparte		
1 B 1	S	N	N	S	S	S					Registrar el tiempo que toma bombear un batch de benceno al proceso y dar aviso si lleva más de 58 min.	Mensual	Operador
1 B 2	S	N	N	S	S	S					Registrar el tiempo que toma bombear un batch de benceno al proceso y dar aviso si lleva más de 58 min.	Mensual	Operador
1 B 3	S	N	N	S	S	S					Registrar la presión diferencial del filtro de benceno y avisar si es mayor a 35 kPa (5 psi)	Mensual	Operador
2 A 1	S	S	S	S	S	S					Llevar a cabo un chequeo ultrasónico a las soldaduras del tanque	c/5 años	Técnico
2 A 2	S	S	S	S	N	N				S	Verificar visualmente si hay signos de corrosión bajo la pintura	Anual	Montador
2 A 3	S	S	S	S	S	S					Repintar el tanque	Anual	Contratista
2 A 4	S	S	S	S	S	S					Chequear visualmente los soportes por si hay signos de corrosión bajo la pintura	Anual	Montador
2 A 5	S	S	S	S	S	S					Ver modo de falla 22 - A - 1 más adelante		
2 A 6	S	S	S	S	S	S					Verificar si hay fugas por las juntas de tuberías		
2 A 7	S	S	S	S	S	S					Verificar si hay fugas por los sellos de la bomba		
2 B 1	S	S	S	S	N	N					Ver modos de falla 4 - A - 1 y 7 - A - 1		
2 B 2	S	S	S	S	N	N				N	Implementar procedimientos para asegurar que la tapa de acceso sea colocada luego del mantenimiento	Diario	Operador
2 B 3	S	S	S	S	N	N				N	Implementar procedimientos para asegurar que la junta de la tapa de acceso sea colocada correctamente luego del mantenimiento	Diario	Operador
3 A 1	S	N	N	N	N	N					Se analiza aparte el sistema de manejo de vapor		
3 A 2	S	N	N	N	N	N					Ningún mantenimiento programado		
3 A 3	S	N	N	N	N	N					Ningún mantenimiento programado		

**Sistema de Almacenaje de Benceno**

N° RCM 04S

Fecha

Hoja 2

© 1999 ALADON LLC

COMPONENTE

Realizado por

Fecha

de

3

Referencia de información	Evaluación de las consecuencias			Evaluación de las consecuencias			H3 S3 O3 N3	H2 S2 O2 N2	H1 S1 O1 N1	Tareas "a falta de"	Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
	F	FF	FM	H	S	E							
3	A	4									Se analiza aparte la planta recuperadora de solvente		
3	A	5									Ver función 2		
4	A	1	S	N	N	N	N	N	N	S	Ningún mantenimiento programado	c/4 años	Electricista
5	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Apagar la bomba de alimentación y verificar que suene la alarma de bajo nivel a los 20.500 litros	c/8 años	Electricista
6	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Apagar la bomba de alimentación y verificar que los interruptores del circuito principal de las bombas de suministro y alimentación corten el circuito de alimentación cuando el tanque baje a 2.000 litros		
6	B	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Apagar la bomba de alimentación y verificar que suene la alarma de último bajo nivel cuando el tanque baje a 2.000 litros	c/8 años	Electricista
7	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Actuar manualmente el interruptor de alto nivel y verificar si el interruptor de último alto nivel detiene el sistema de recuperación de solvente y suena la alarma de último alto nivel cuando el nivel del tanque alcanza 42.000 litros	c/2 años	Electricista
7	B	1									Ver 7 - A - 1 anterior		
8	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Cerrar válvula V2 durante 5 segundos y verificar si la unidad de funcionamiento en vacío detiene a la bomba.		c/3 años Instrumentista
9	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Si no, reabrir V2 inmediatamente		
10	B	1									Verificar si la unidad de protección de alta temperatura detiene la bomba cuando la temperature de los bujes exceden 70°C	c/10 años	Instrumentista
10	A	2									Se analiza aparte el sistema de manejo de vapor		
11	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Se analiza aparte el sistema de drenaje del tanque que está adecuadamente engrasada, y engrasar si es necesario	Anual	Montador
12	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Verificar si el vástago de la válvula de drenaje del tanque está adecuadamente engrasada, y engrasar si es necesario		
13	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Chequear si el interruptor de incendio apaga el sector de la planta	c/2 años	Electricista
14	A	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Verificar que la malla antillama esté en posición e intacta	c/10 años	Montador
15	A	1	S	S	N	N	N	N	N	S	Verificar si la resistencia a través de la puesta a tierra es menor a 10 ohms	Anual	Electricista
15	A	2	N	N	N	N	N	N	N	S	Verificar que sean claramente legibles los carteles de advertencia	semestral	Operador
16	A	1	S	N	N	N	N	N	N	S	Verificar que los carteles de advertencia estén en posición y muestren la información correcta	c/2 años	Oficial de Seguridad
16	B	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Ningún mantenimiento programado		
16	C	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Verificar si el indicador local da la misma lectura que el indicador remoto cuando el tanque está por la mitad y lleno	c/2 años	Operador
16	C	1	N	N	N	N	N	N	N	S	Verificar que las lecturas del indicador local y el remoto estén dentro del 5% de cada uno a 2.000, 21.000 y 39.000 litros	c/2 años	Instrumentista



© 1999 ALADON LLC

COMPONENTE

Referencia de Información	Evaluación de las consecuencias			H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
	F	H	S				E	O	H4	H5				S4
17 A 1	N	N	N	N	N	N	S					Verificar que la presión diferencial en el filtro sea superior a 6,8 kPa (1 psi) cuando la bomba está funcionando	c/2 años	Instrumentista
17 A 2	N	N	N	N	N	N	S					Verificar que la presión diferencial en el filtro sea superior a 6,8 kPa (1 psi) cuando la bomba está funcionando	c/8 años	Instrumentista
18 A 1	N	N	N	N	N	N	S					Verificar si el manómetro de presión diferencial del filtro da un error mayor a 10 kPa cuando se lee 50 kPa (7 psi), recalibrar si es necesario	c/3 años	Instrumentista
19 A 1	N	N	N	N	N	N	S					Llenar el muro de contención con agua hasta una profundidad de 100 mm, y verificar si el nivel baja más de 5 mm en 3 horas	c/3 años	Montador
19 A 2	N	N	N	N	N	N	S					Verificar que la válvula de drenaje del muro de contención esté cerrada	Cada mañana	Operador
19 A 3	N	N	N	N	N	N	S					Verificar que el muro de contención esté vacío	Cada mañana	Operador
20 A 1	N	N	N	N	N	N	S					Verificar si el seguro de la válvula de drenaje está en posición y firme	Semanal	Operador
21 A 1	S	N	N	N	N	N	S					Ningún mantenimiento programado		
21 A 2	S	N	N	N	N	N	S					Ningún mantenimiento programado		
22 A 1	N	N	N	N	N	N	S					Verificar que hayan sido usados bulones de acero inoxidable en la tapa de inspección	Después de mantenimiento semestral	Montador
23 A 1	S	S	S	S	N	N	S					Verificar si falta algún bulón de la escalera	Anual	Montador
23 A 2	S	S	S	S	N	N	S					Verificar la estructura y los escalones de la escalera por si tienen algún signo de corrosión bajo la pintura	Anual	Montador
24 A 1	S	S	S	S	N	N	S					Rediseñar la sujeción de la baranda (¿soldar?)		
24 A 2	S	S	S	S	N	N	S					Verificar si la baranda presenta signos visibles de corrosión bajo la pintura	Anual	Montador
25 A 1	N	N	N	N	N	N	S					Verificar si la marca en el tanque cerca del soporte libre se mueve más de 3 mm entre pleno invierno (temperatura ambiental menor a 15°C) y pleno verano (temperatura ambiental mayor a 25°C)	c/3 años	Montador
26 A 1	S	N	N	S	S	S	S					Verificar la apariencia de la pintura (luego del lavado) y avisar si se ve desagradable	Anual	Montador
26 A 2	S	N	N	S	S	S	S					Verificar la apariencia general del tanque y preparar para limpiar si es necesario	trimestral	Montador



## 4º Paso: Protección del Sistema de Benceno

En esta parte del ejercicio, se le pide que aplique la lógica de decisión RCM2 a algunos modos de falla más del sistema de benceno. Los modos de falla en cuestión están listados a continuación, y están tomados de las Hojas de Información que se le entregó anteriormente. Se llevó a cabo una evaluación probabilística de riesgos en este sistema que arrojó los niveles deseados de disponibilidad mostrados para cada modo de falla. También se conoce el tiempo medio entre la ocurrencia de cada falla (TMEF). Asuma, para el propósito de este ejercicio, que todos los modos de falla se ajustan a un patrón de falla aleatorio (Patrón E) a menos que se indique lo contrario.

Por favor note que casi todos los modos de fallas listados abajo están relacionados de alguna forma a dispositivos de protección, no necesariamente son todas funciones ocultas, y en algunos casos, será más apropiado hacer una tarea de rutina antes que una búsqueda de fallas. *Por favor note también que todos los valores dados a continuación sólo están con el propósito de ilustración, y no deben ser utilizados en ninguna aplicación real de RCM2.*

Número de Modo de Falla	Disponibilidad Deseada	TMEF
5-A-1	98%	100 años
6-A-1	99,9%	2 000 años
6-B-1	99%	400 años
8-A-1	99,5%	300 años
12-A-1	99,9%	1 000 años
13-A-1	99,5%	1 000 años
14-A-1	99,8%	250 años
15-A-1	99,5%	50 años
15-A-2	99%	100 años
19-A-1	99,5%	300 años
19-A-2	99,95%	3 años
19-A-3	98,75%	40 días
24-A-1	99,9%	100 años
24-A-2	99,9%	10 años
7-A-1	99,95%	2 000 años
9-A-1	99%	500 años
16-B-1	98%	50 años
16-C-1	95%	20 años
17-A-1	98%	50 años
17-A-2	98%	200 años
18-A-1	95%	30 años
20-A-1	99%	1 año
22-A-1	Patrón de falla F	
25-A-1	99,9%	1 500 años

