





# EVENTO CLASE A REFINERÍA DE AMUAY






## Contenido de la presentación

- **Introducción**
- **Comité de Investigación caso Amuay**
- **Objetivo de la presentación**
- **El Evento**
- **Acciones de respuesta al Evento (Línea de tiempo)**
- **Análisis del Evento**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**

## Refinería de Amuay

- Ubicación geográfica 
- Dimensiones actuales 
- La refinería fue construida por la Creole Petroleum Corporation iniciando sus operaciones el 03 de enero de 1950.
- Experimentó modificación más importante con proyecto Modificación Patrón de Refinación Amuay (MPRA) para incorporar plantas de conversión media y profunda.

## Proceso investigación de accidentes

- Se realiza según norma corporativa PDVSA SI-S-08 y SI-S-22 
- Una vez ocurrido un accidente clase A se notifica de inmediato, por teléfono, y vía electrónica a todos los niveles incluyendo la Presidencia de PDVSA 
- Se nombra Comité de investigación por parte del cargo de mayor nivel de la organización o empresa dónde ocurrió el accidente
- Caso Amuay : una investigación de Estado, con participación de SEBIN, CICPC, Ministerio Público y PDVSA. Control de áreas de pesquisas y de ensayos de laboratorio por Fiscalía.
- Estructura del Informe de Investigación 

## Seguridad Industrial (basamento normativo /estructura SIHO/ programas)

<b>Nombre</b>	<b>Gerencia</b>	<b>Experiencia (años)</b>	<b>Función</b>
Ramón Arias	Direcc Ejec C y S	36	Presidente
Jesús Malpica	Gerente Técnico CRP	26	Miembro
Jesús Peñalver	Direcc Ejec Planificación	22	Miembro
Larry González	Corrosión y Materiales	10	Secretario
José Vega	Ingeniería de Proceso	20	Miembro
William Jordán	Gerente SIHO CRP	22	Miembro
Argenis Blanco	Gerente SIHO CRP	21	Miembro
Emilia Alvarez	Ingeniería de Proceso CRP	07	Miembro
Jairo Rossell	Operaciones CRP	32	Miembro
Daniel Leal	Recibo y Suministro C.R.P	34	Miembro
Alexander Marval	Lider de Refinación MPPPM	07	Miembro
Carlos Paparella	Dirección Ejecutiva SIHO	28	Miembro
Yobiris Rigual	Gerente de Materiales Confiab-Intevep	12	Miembro
Roberto Delgado	Director General Refinación MPPPM	30	Miembro
Luis Heredia	Gerente Ing de Inslataciones CRP	30	Miembro
Carlos Lugo	Gerente de PCP Refinación	32	Miembro
Pedro González	Gerente de Asuntos Jurídicos CRP	10	Miembro

**Nota:** se dispuso para consultas permanentes a un grupo de 16 especialistas de la Industria petrolera en los campos de control de procesos, ingeniería, equipos rotativos, instrumentación, electricidad, equipos estáticos, evaluación de riesgos, ambiente, seguridad industrial e higiene ocupacional. Asimismo, se realizaron consultas a los fabricantes de la bomba David Brown y del motor Westinghouse. Se llevaron a cabo 15 simulaciones de elementos finitos, 03 simulaciones de campo, 09 análisis matemáticos y 179 pruebas y ensayos de laboratorio.

## Objetivo de la presentación

Dar a conocer las “causas raíz”, del Evento mayor (clase A) que se inició el día 24 de Agosto del 2012, en el Bloque 23 de la Refinería de Amuay.

## El Evento

El día viernes 24 de agosto de 2012, a las 23:57 horas, se inició escape masivo de gas inflamable de olefinas proveniente del área del Bloque 23 de la Refinería de Amuay.

Posteriormente el gas se incendió, generando onda expansiva que causó fatalidades, lesionados, daños en infraestructura de terceros y a las instalaciones de la Refinería 🏠

# Desarrollo de la fuga de olefinas e ignición

## Refinería de Amuay

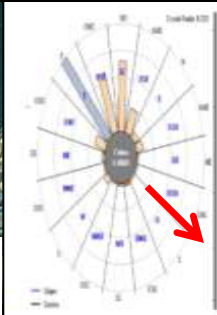


### Condiciones atmosféricas el día del evento

Alta humedad (71 %)

Baja Velocidad del viento (entre 0,14 y 0,5Km/h).  
Sentido del viento: Sur Este (al momento de la fuga de gas inflamable)

Lluvias fuertes y persistentes.  
Llovió a las 4 pm del 24/08

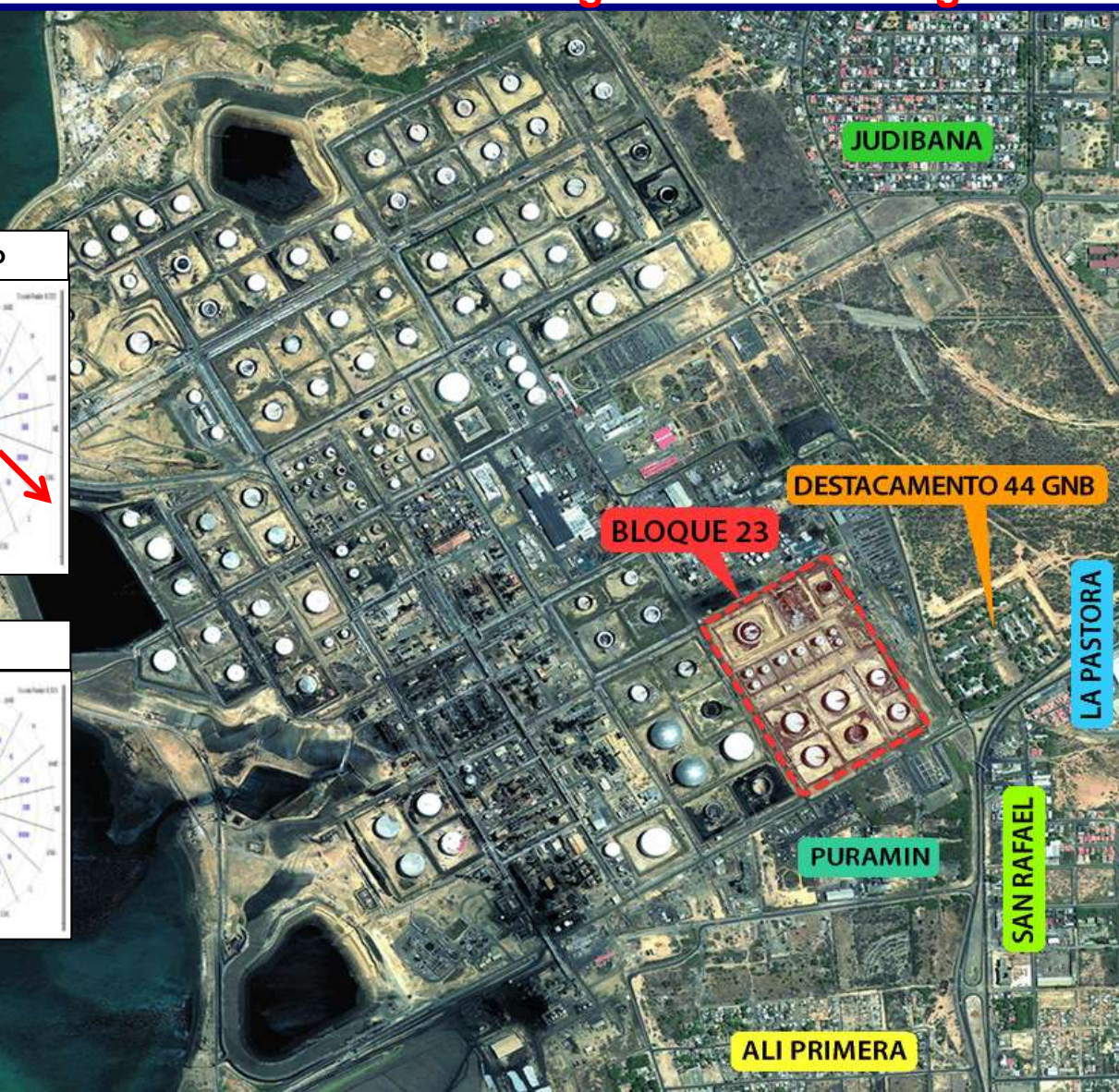
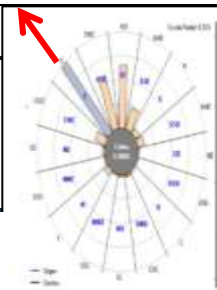


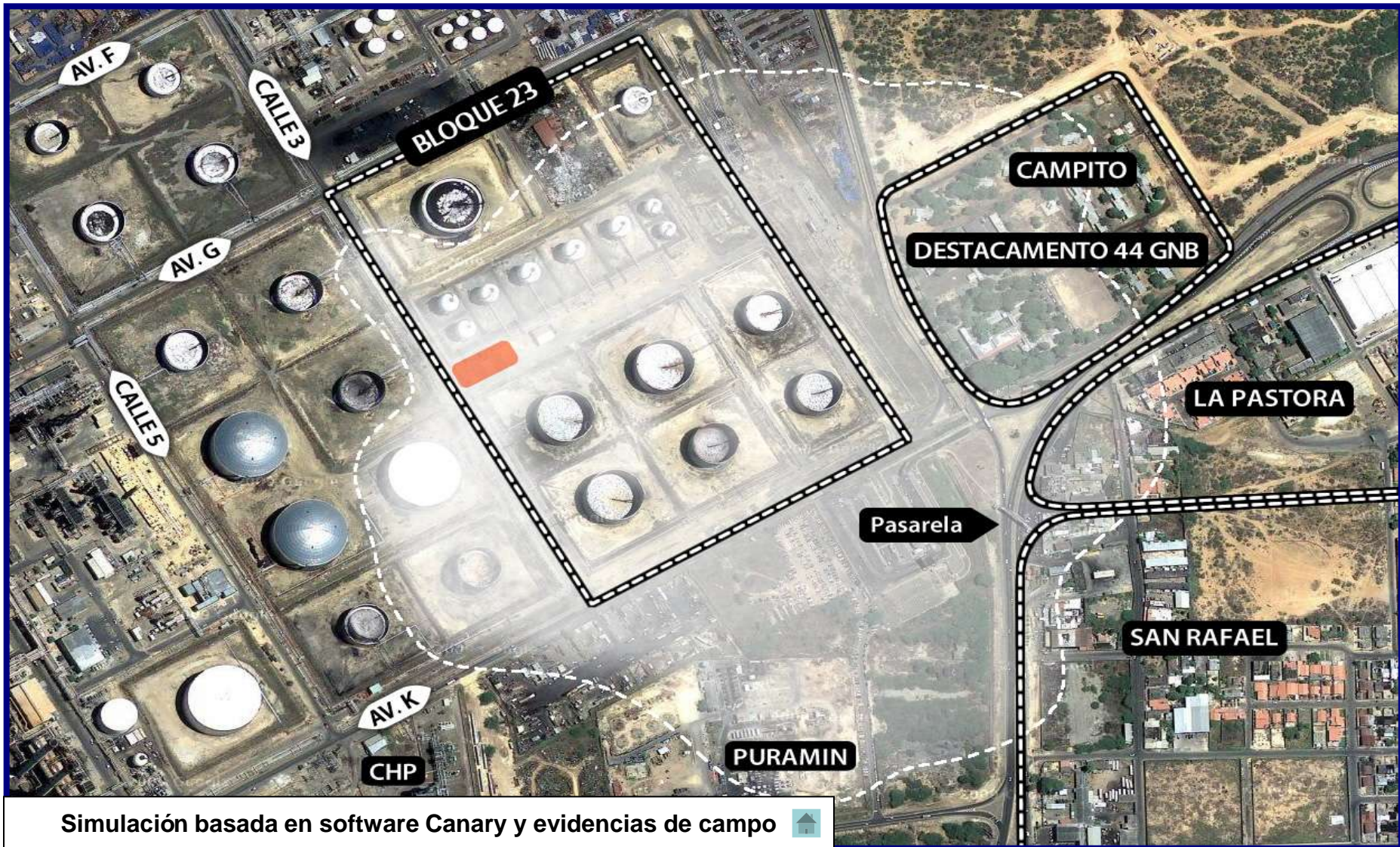
### Condiciones atmosféricas típicas

Humedad media (40%)

Alta velocidad del viento (26 a 30 Km/h).  
Sentido predominante del viento: Nor-Oeste

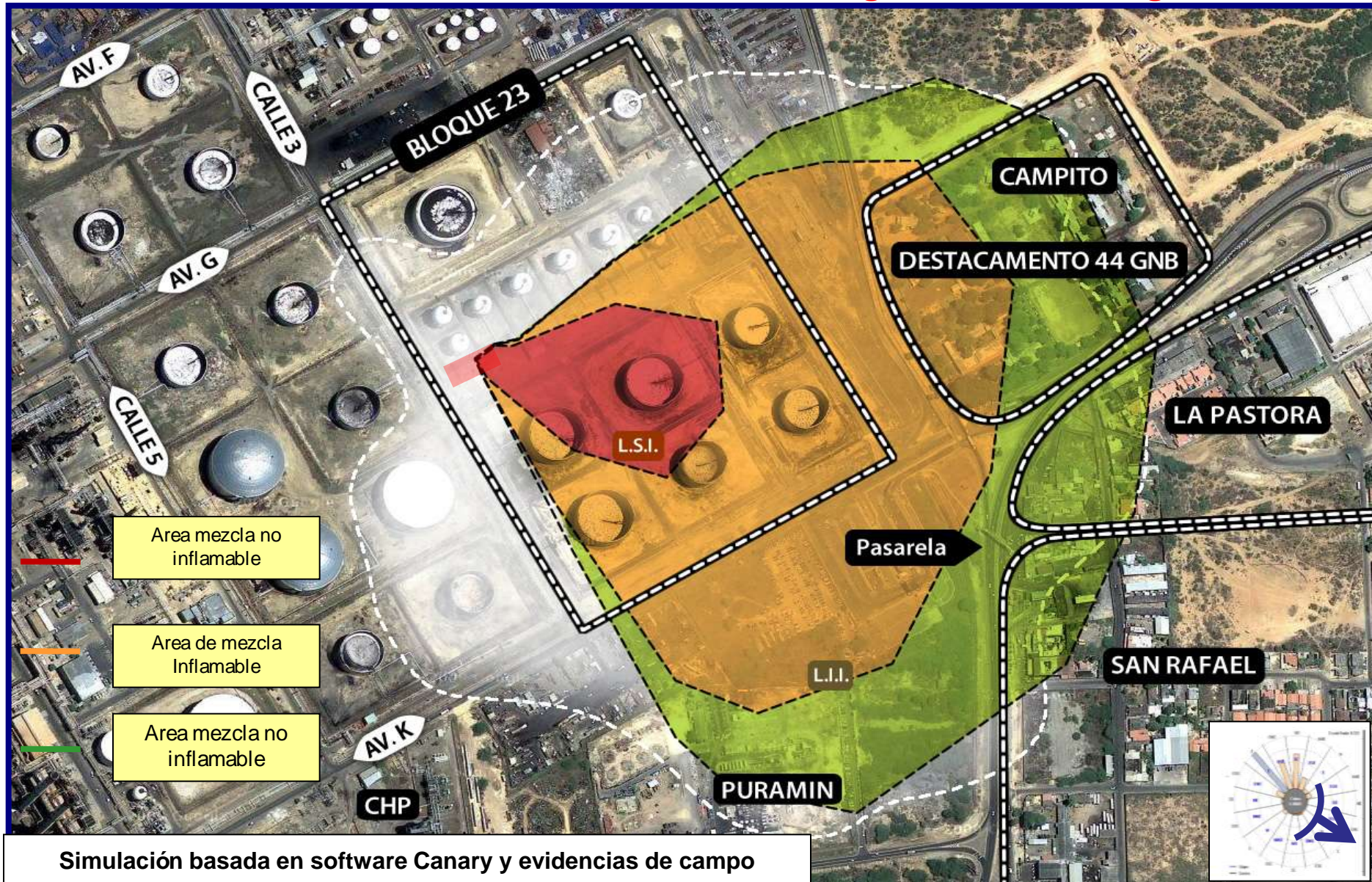
Lluvias escasas. Normalmente Lluvia muy poco en la región.





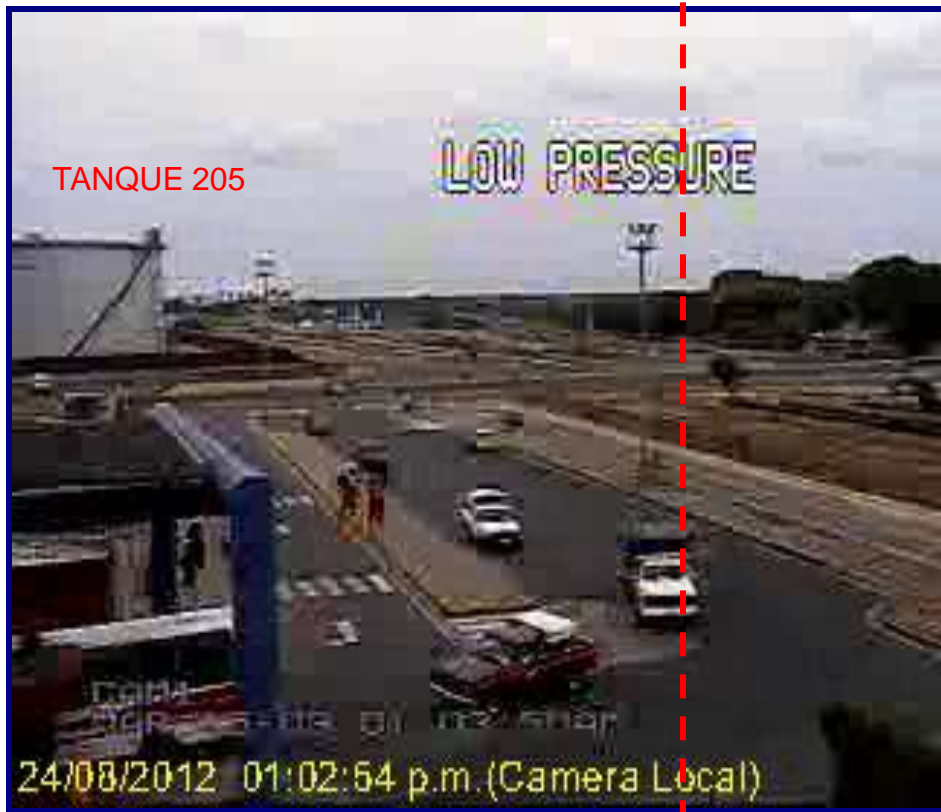
Simulación basada en software Canary y evidencias de campo 



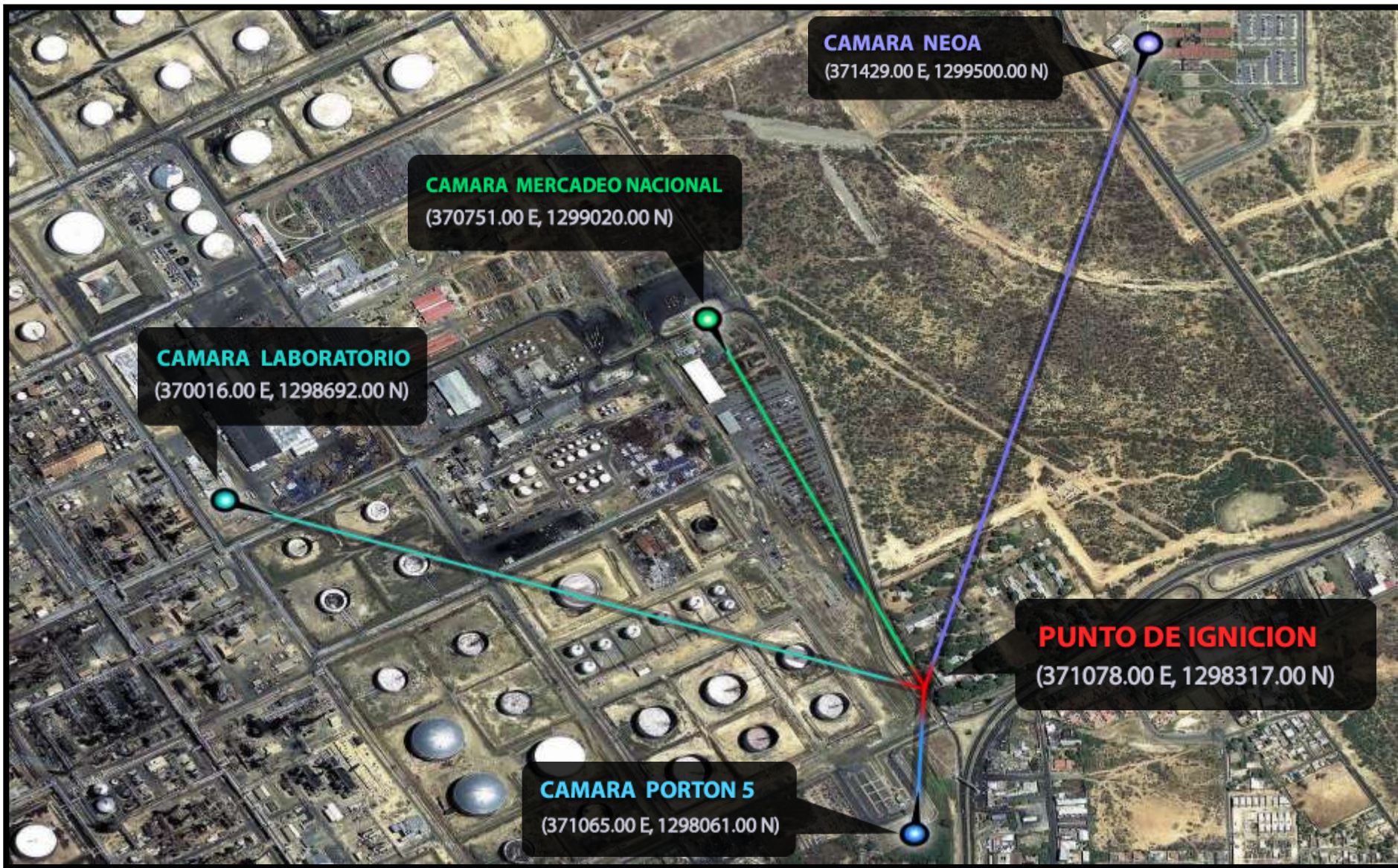


Simulación basada en software Canary y evidencias de campo

## Análisis del Evento Desarrollo de la fuga de olefinas e ignición



Líneas de referencia cámara de video



# Acciones de Respuesta al Evento (Línea de tiempo)

## Acciones desde Salas de Control

Acciones tomadas el 24 agosto

23:57

Supervisor Control Suministro recibe alarma en panel de control por fluctuación de flujo de Olefinas hacia Cardón

23:58

Supervisor Control Suministro recibe alarma en panel de control por fluctuación de presión en la tubería de Olefinas hacia Cardón

Acciones tomadas el 25 agosto

00:00

Supervisor de Control Cardón detecta, según tendencia de PHD, que el flujo de olefinas en Amuay comienza a bajar.

00:01

Supervisor Control Suministro informa a su supervisor y al supervisor de patio

00:03

Supervisor Control Suministro avisa a Supervisor de patio para verificar bomba de olefinas P-2601 quien envía a dos Operadores al sitio (área de las esferas - Bloque 23 ).

00:08

Supervisor Control Suministro recibe alarma en panel de control por descenso inesperado de nivel en la esfera TK-209. llama al inspector de guardia de Protección Control de Pérdidas (PCP) para informarle de la condición en el área del Bloque 23

00:03

## Respuesta en campo

00:06

Jefe de Proceso va al sitio por Av. K frente a Compañía de Hidrógeno Paraguaná (CHP).

# Acciones de Respuesta al Evento (Línea de tiempo)

## Acciones desde Salas de Control

Acciones tomadas el 25 agosto

00:16

**Supervisor Control Suministro** ejecuta comando de parada de bomba de olefinas Amuay

## Respuestas en campo

00:10

**Operador Suministro** reporta nube de gas en Bloque 23 y Asistente del Jefe de Proceso le informa al Jefe de Proceso presencia de una nube de gas desde los tanques TK- 175/176 ubicados al Oeste del Bloque 23.

00:11

**Supervisor de Guardia Bomberos** es informado sobre fuga en Bloque 23 por Tablerista de Bomberos, para que se dirija al sitio en apoyo al grupo operacional.

00:14

**Supervisor de Guardia Bomberos** llega al sitio, constata la presencia de una densa nube de gas de gran magnitud.

00:25

Operador PCP del Edificio sede de Amuay (Neoa), llama tres veces al Destacamento 44

00:27

**Jefe de Proceso** solicita a PCP habilitar Puerta 5 para salida de personal y entrada de camiones de Bomberos a Bloque 23.

00:26

**Jefe de Proceso** sale de refinería hacia portón 5 al sur este del bloque 23

00:30

**Efectivo GNB Puerta 1** envía mensaje a su superior inmediato, ubicado en el destacamento 44, informándolo sobre fuga de gas.

**Nota: Comandante de 1a Compañía GNB**, declara el 16/09/2012 en VTV que fue avisado por PDVSA sobre la fuga a las 12:30 am y que ordenó la **activación del timbre de reacción** y el **desalojo del destacamento** por el portón del estadio.

# Acciones de Respuesta al Evento (Línea de tiempo)

## Acciones desde Salas de Control

00:32

Operador PCP Cecon Cardón (Comando central CRP) llama a empresa Puramín y a la GNB **intenta comunicarse varias veces durante 15 min aproximadamente sin éxito.**

00:36

Tablerista Bomberos envía 2 camiones bombero y 1 ambulancia al sitio del Bloque 23

00:49

Tablerista Bomberos activa alarma (vía mensaje de texto) a Bomberos profesionales y voluntarios

01:08

Sala de Control de Suministro observa pérdida de señales del panel de control del Bloque 23

Acciones tomadas el 25 agosto

## Respuesta en campo

00:33

Operador PCP y GNB bloquean paso de vehículos hacia Intercomunal vía Av. Bolívar

00:44

Efectivo GNB Puerta 1 recibe llamada de su superior inmediato; por iniciativa propia le recomienda desalojar el comando

00:52

Operador de Patio y Bombero se colocan el equipo de aire auto-contenido, a fin de entrar al Bloque 23 y bloquear las válvulas de fondo de las esferas desde portón 5.

01:06

Jefe de Proceso y Bombero se ponen equipo de aire auto-contenido a fin de entrar al Bloque 23 y cerrar las válvulas de fondo de las esferas desde Tanque164 al norte del Bloque 23

01:07

Jefe de Guardia Suministro y Supervisor de Turno Bomberos observan llamada que proviene de la Av. Bolívar cercana al Destacamento N° 44.

Jefe de Proceso retorna a parte norte Bloque 23

Operador de Patio muere durante explosión. Bombero queda herido.

## Construcción línea de tiempo de los hechos

25/08/12	25/08/12	26/08/12	26-28/08/12
<p>Los gerentes, superintendentes y supervisores de la refinería, que no se encontraban de guardia ese día, acudieron a esta y conformaron el Centro de Control Operacional Principal, el cual corresponde a la alarma de tercer nivel (o tercera alarma), tal como lo establece y esta escrito en el Plan de Emergencias y Contingencias del CRP. Desde este centro de control se establecieron acciones de soporte y la consecución de recursos adicionales para la extinción del fuego .</p>	<p>La atención a las víctimas del evento se inició de inmediato, simultáneamente con las labores para controlar la situación e incendio.</p> <p>Esa misma madrugada arribaron a Paraguaná el Ministro del Poder Popular de Petróleo y Minería y Presidente de PDVSA, Rafael Ramírez; el Vicepresidente de Refinación, Comercio y Suministro, Asdrúbal Chávez; el Director de Refinación y Gerente General del CRP, Jesús Luongo; la Gobernadora de Falcón, Stella Lugo; los entonces Vicepresidente de la República, Elías Jaua; ministros de Salud, Eugenia Sader; Defensa, General en Jefe Henry Rangel Silva; y Comunicación, Andrés Izarra; y el Viceministro de Prevención y Seguridad Ciudadana, General Néstor Reverol.</p>	<p>Arribó al área de la emergencia el Comandante Supremo Hugo Chávez; el entonces Canciller Nicolás Maduro; el Ministro del Poder Popular de Vivienda y Hábitat, Ricardo Molina; el Viceministro de Vivienda, Nelson Rodríguez; directores del Despacho y de PDVSA.</p>	<p>El Comandante Chávez recorrió las comunidades afectadas y el área industrial. Hizo contactos televisivos para explicar cómo se desarrollaban las labores para controlar la emergencia. Presidió un homenaje a los caídos, donde condecoró a los efectivos de nuestra Guardia Nacional Bolivariana.</p> <p>Se inicia entrega de viviendas a personas afectadas por la emergencia</p> <p><b>Se nombra el Comité para la Investigación del Accidente</b></p>
<p>Acciones de respuesta del personal de Amuay que no estaba de guardia (entrevistas)</p>	<p>Acciones de respuesta del Ejecutivo Nacional (en prensa nacional)</p>	<p>Acciones de respuesta del Ejecutivo Nacional (en prensa nacional)</p>	<p>Acciones de respuesta del Ejecutivo Nacional (en prensa nacional)</p>

Tiempo 

## Acciones de Respuesta al Evento (Línea de tiempo)

### Acciones que Siguieron al Evento

28/08/2012

Se realiza la extinción total del Incendio en el Bloque 23, extinguiendo incendio en el tanque 204.



**Respuesta  
en campo**

La atención a las víctimas del evento se inició de inmediato, simultáneamente con las labores para controlar la situación e incendio















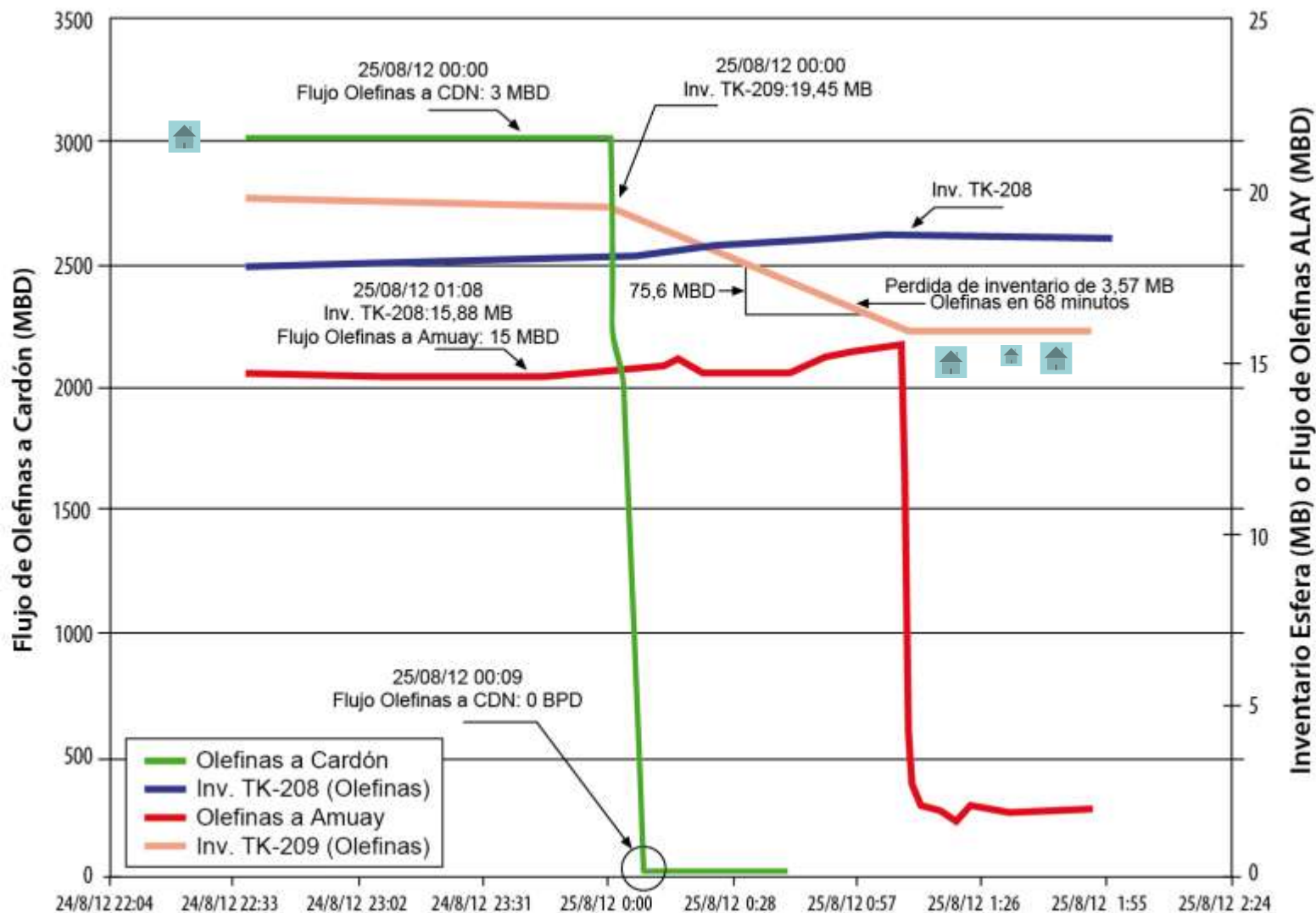


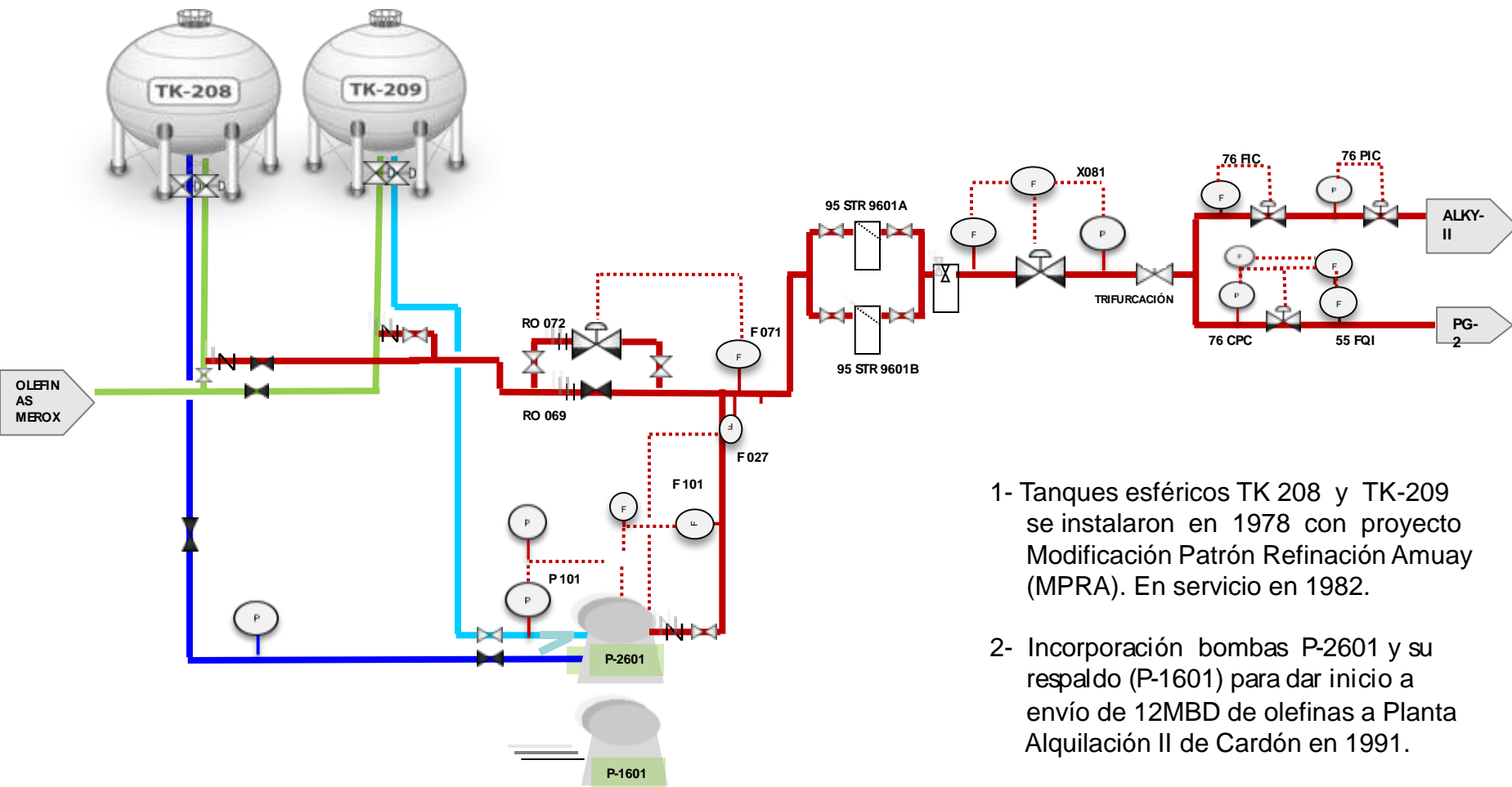




## Análisis del Evento / Evidencias

### ¿Que producto fugó a la atmosfera y por dónde?





- 1- Tanques esféricos TK 208 y TK-209 se instalaron en 1978 con proyecto Modificación Patrón Refinación Amuay (MPRA). En servicio en 1982.
- 2- Incorporación bombas P-2601 y su respaldo (P-1601) para dar inicio a envío de 12MBD de olefinas a Planta Alquilación II de Cardón en 1991.

## Análisis del Evento Hipótesis sobre el sitio de ocurrencia de la fuga de Olefinas

**LAS HIPOTESIS FORMULADAS EN EL CURSO DE LA INVESTIGACION FUERON LAS SIGUIENTES:**

1. Fuga de olefinas por rotura de empacadura de brida bomba P-2601.
2. Fuga de olefinas por falla del sello mecánico de la P-2601
3. Fuga de Olefinas por rotura de la tubería de descarga de la P-2601.
4. Fuga de olefinas por rotura de la succión de la P-2601 a la esfera TK-209.
5. Fuga de Olefinas por la brida entre el cabezal de la P-2601 y la caja de succión

## Análisis del Evento Descarte de Hipótesis sobre el Origen de la Fuga de Olefinas

### 1. Fuga de olefinas por rotura de empacadura de brida bomba P-2601.

El registro del sistema de control en la Sala de Suministro evidencia que el escape ocurrido fue masivo, con una tasa de 75,6 MBD. Esta tasa de escape requiere una separación mínima de las bridas de 0,589 pulgadas. Sin embargo, la rotura de la empacadura de tipo “O Ring” utilizada en esta brida, se produciría una apertura de 0,0625 pulgadas, lo cual generaría una fuga mínima, capaz de ser detectada y corregida operacionalmente.

## Análisis del Evento Descarte de Hipótesis sobre el Origen de la Fuga de Olefinas

### 2. Fuga de olefinas por falla del sello mecánico de la P-2601

Luego del evento se inspeccionó el sello en la bomba P-2601 encontrando que las caras de carbón estaban en buen estado.

Las fugas por falla del sello mecánico son de menor volumen. Las experiencias previas de fugas por sellos en este tipo de bombas que manejan vapores de hidrocarburos licuados, han sido corregidas mediante intervención de mantenimiento correctivo con protección de cortinas de agua.

### **3. Fuga de olefinas por la tubería de descarga de la bomba P-2601**

La morfología de la rotura demuestra que la tubería fallo bajo la acción del fuego, como consecuencia de la alta temperatura y la expansión del hidrocarburo contenido en la línea. 🏠

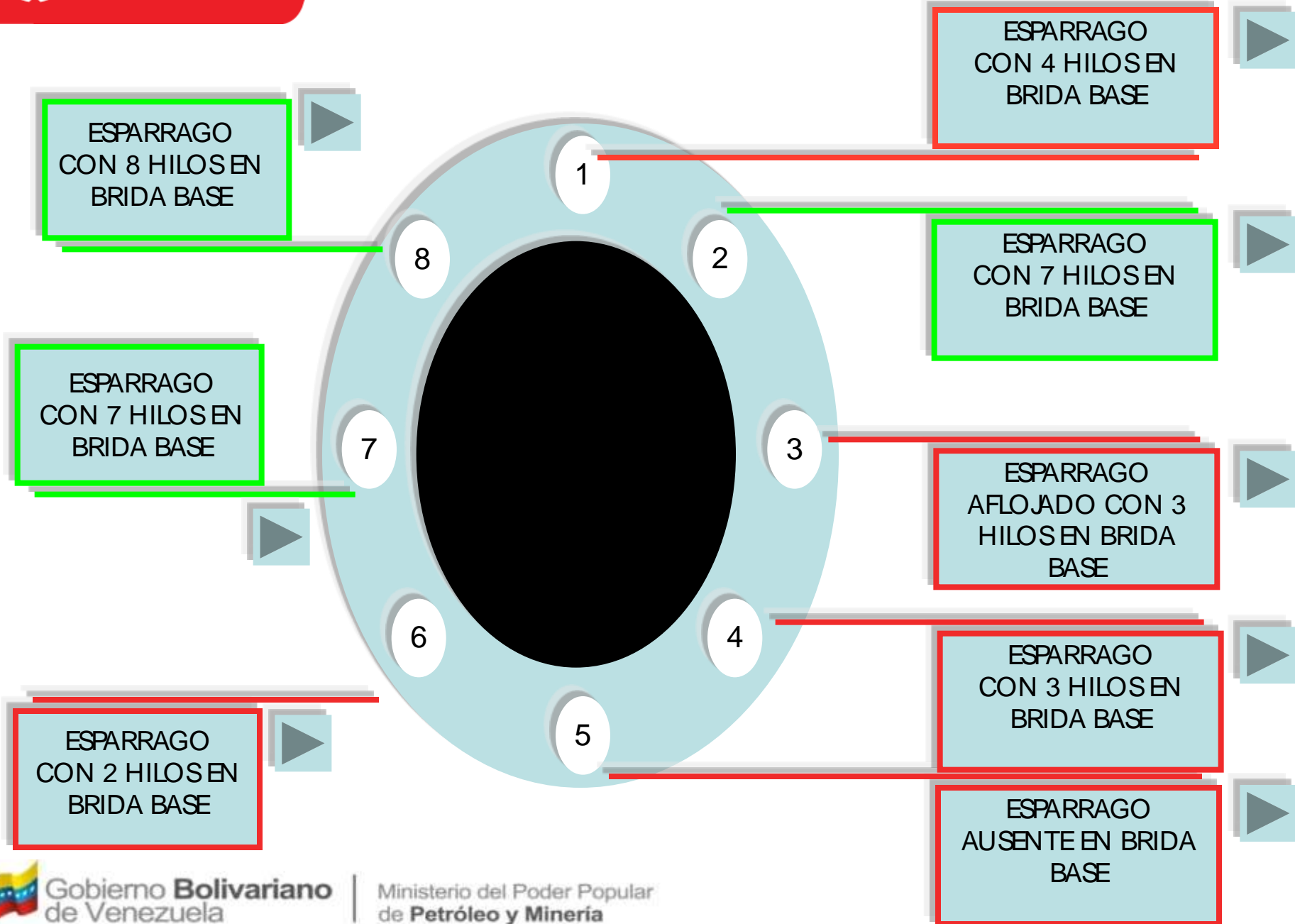
### **4. Fuga de olefinas por la rotura encontrada en la tubería de succión de la bomba P-2601** 🏠

El levantamiento de campo después del evento permitió determinar que las válvulas en la línea de succión se encontraban cerradas, atrapando un volumen de hidrocarburos que al expandirse por la acción del fuego generó una rotura típica (boca de pescado) por debilitamiento del metal bajo expansión térmica. Esta línea en el punto de rotura muestra presencia de Carbonato de Hierro por acción térmica (fuego), que no debe confundirse con corrosión externa general.

## **5. Fuga de Olefinas por la brida del cabezal de la bomba P-2601 y su caja de succión al romperse los espárragos que la sujetaban 🏠**

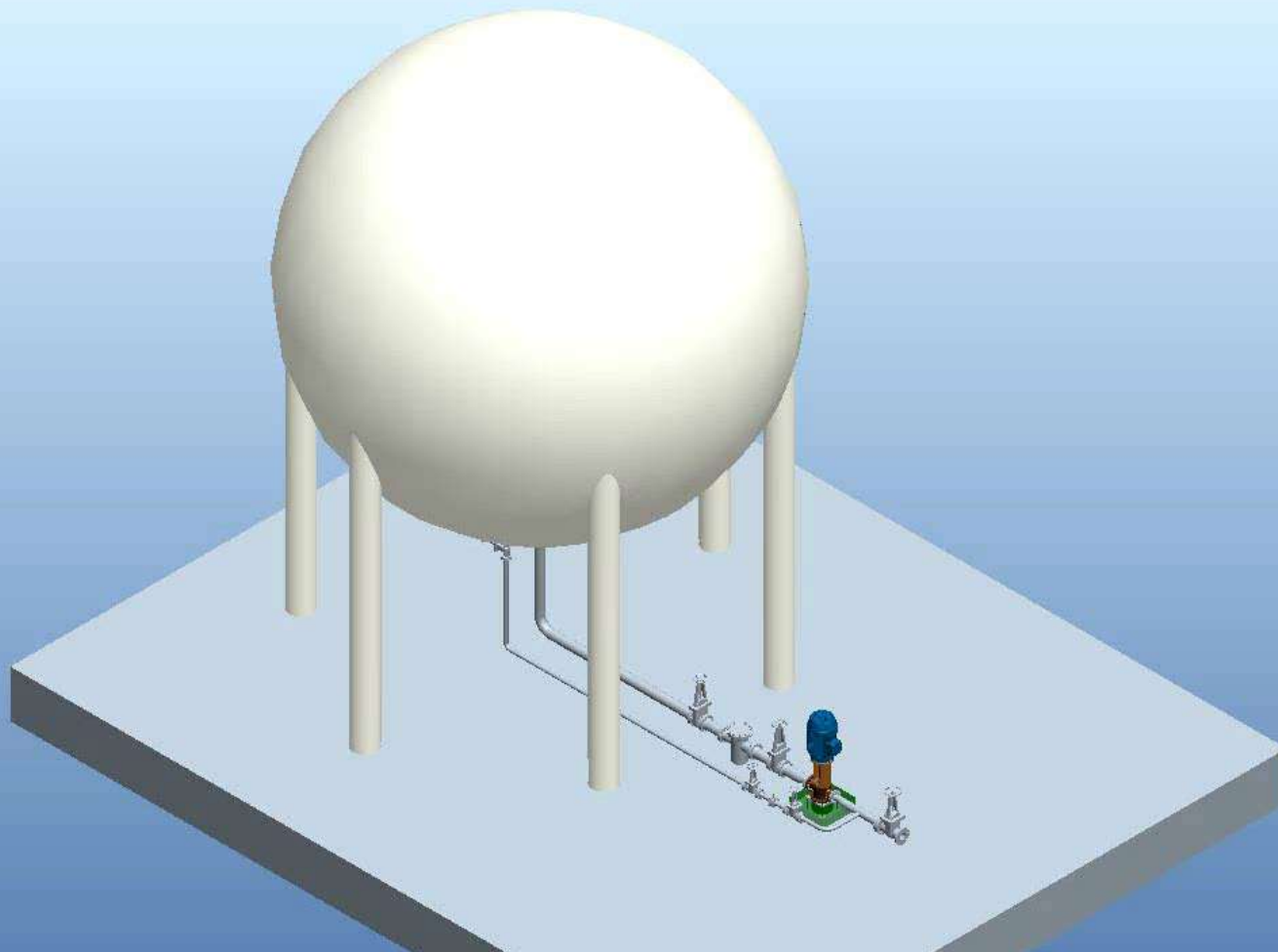
La evidencia levantada en campo, así como las pruebas realizadas en el sistema de succión de la bomba, mediante la inyección de agua a 110 psi, permitieron comprobar que efectivamente se produce una apertura con un tamaño igual o superior a 0.58 pulgadas, requerida para la ocurrencia de la tasa de escape registrada.

# Análisis del Evento-Condiciones-Brida de la bomba

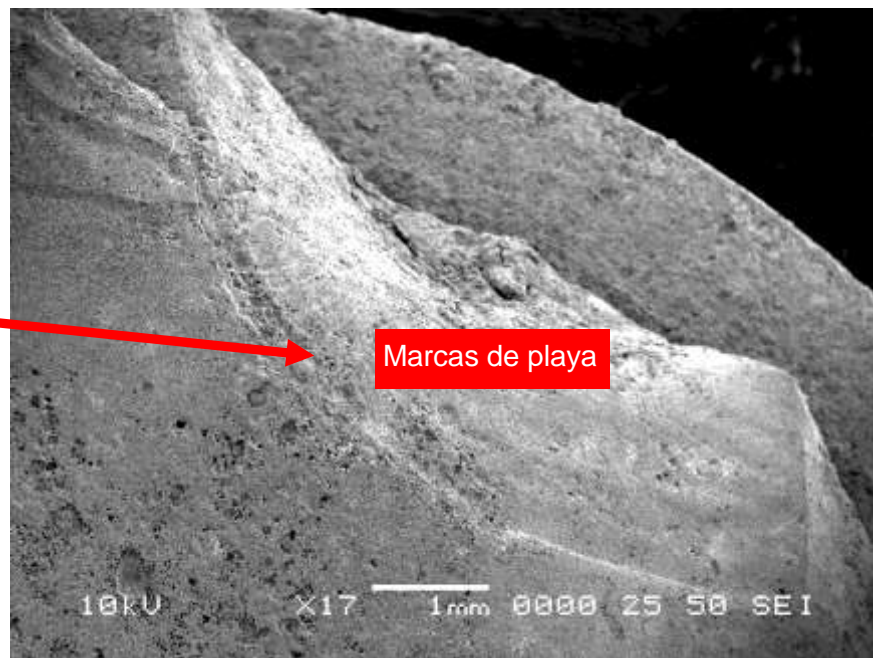
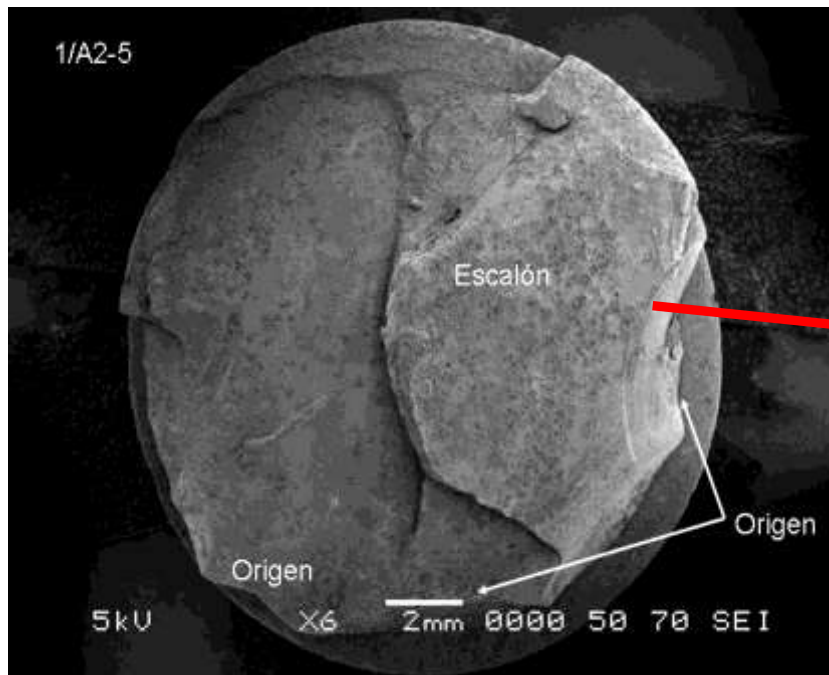




[Ver video](#)



**Resultado de laboratorio : espárrago número 1 ( 4 hilos roscados)**



**Marcas de playa, orígenes y escalón son señales típicas de falla por fatiga**

**Análisis de falla de los Espárragos**

**Resultado de laboratorio : espárrago número 1 ( 4 hilos roscados)**

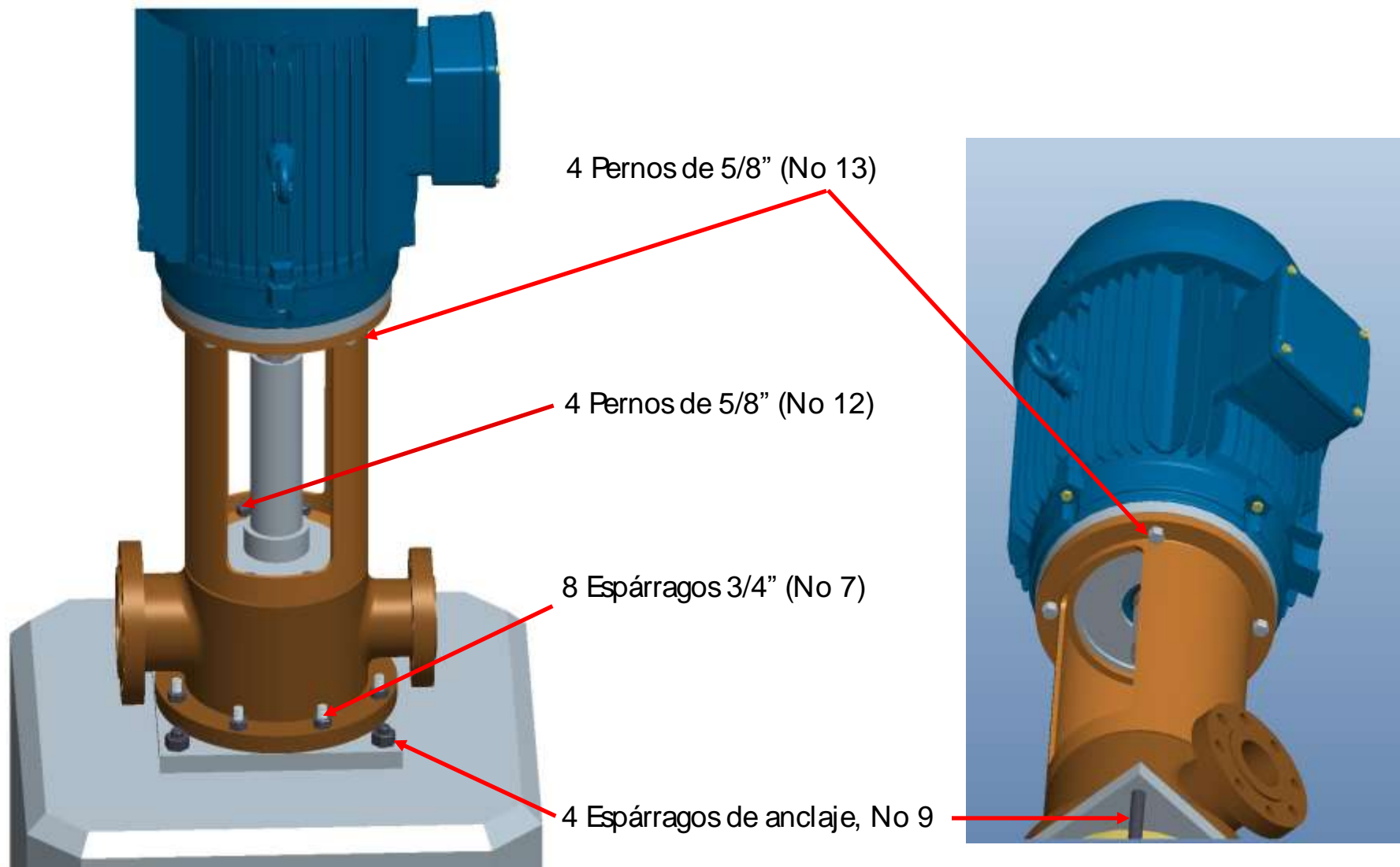


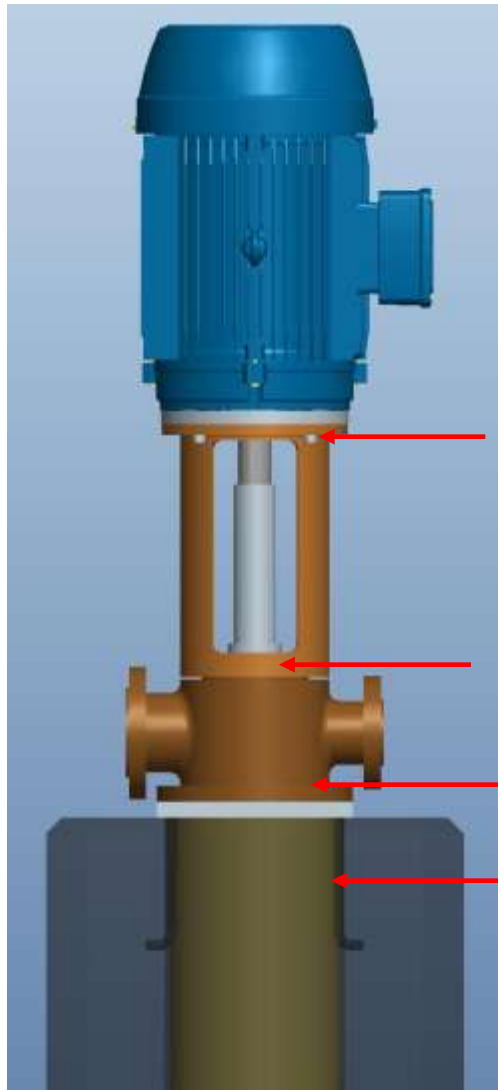
**Marcas de playa, orígenes y escalón son señales típicas de falla por fatiga**

**Resultado de laboratorio : espárrago número 8 ( 8 hilos roscados)**  
**(Correctamente Enroscado)**

Falla  
a tensión






**Análisis de fatiga sobre pernos y espárragos bien roscados**


A la izquierda se identifican los pernos de la bomba, siguiendo la numeración asignada por el American Petroleum Institute para bombas tipo VS6 (ver API-610).

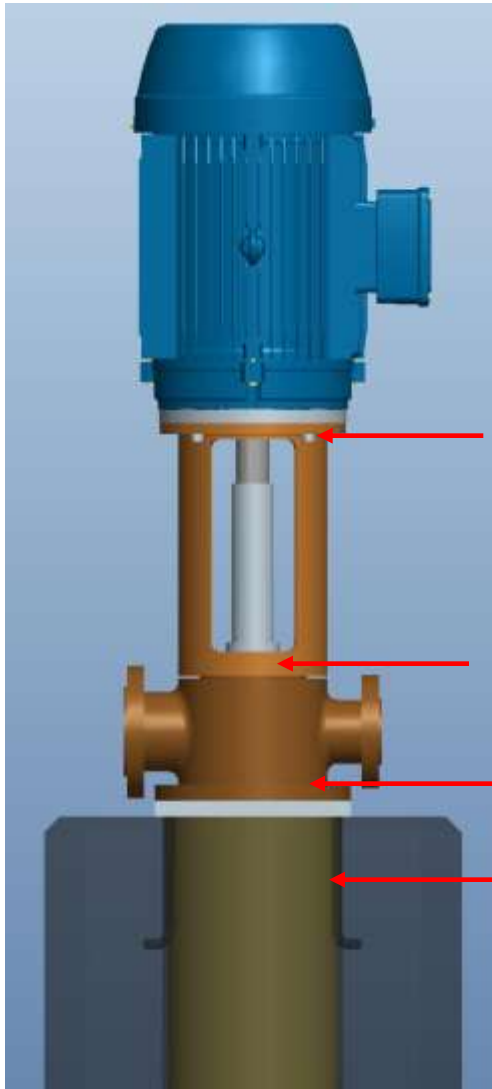
Los pernos afectados por la vibración del motor son los señalados con los números 13,12,7, y 9.

- Nro 13: Cuatro pernos de 5/8 pulgadas
- Nro 12: Cuatro pernos de 5/8 pulgadas
- Nro 7: Ocho espárragos de 3/4 pulgadas
- Nro 9: cuatro espárragos de 1 pulgadas

**Cálculo de las fuerzas actuantes debido a la vibración**

Se seleccionaron los mayores valores de vibración medidos en los cojinetes del motor : 

	Y (in/s)	Aceleración
Cojinete (a)	0.580	0.657g
Cojinete (b)	0.562	1.500g

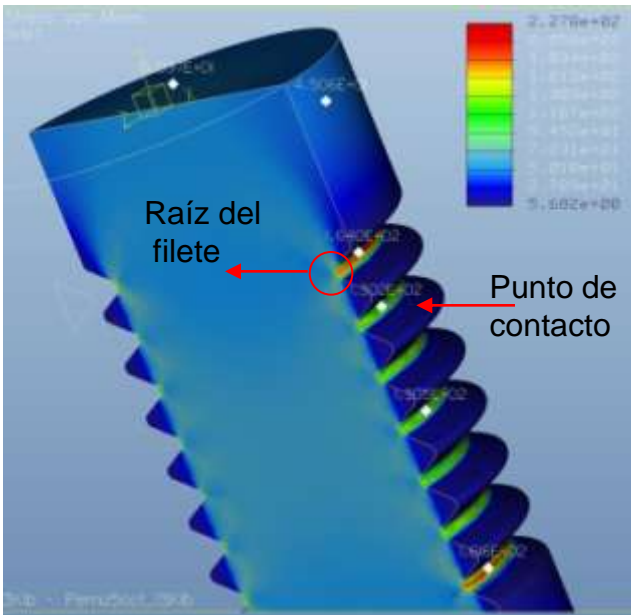

**Resumen de las fuerzas actuantes sobre los pernos y espárragos**

	Lbf
Pernos del motor de 5/8 pulg (No 13).....	1923
Pernos del cabezal de 5/8 pulg (No 12).....	13690
Espárragos de base de 3/4 pulg (No 7).....	4689
Espárragos de anclaje de 1 pulg (No 9).....	5336

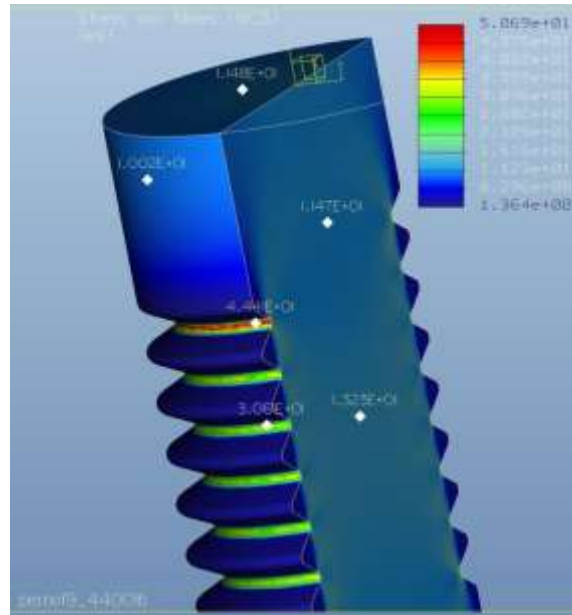
Los pernos más cargados, con 13690 Lbf, son los de la posición No 12. Estos pernos no fallaron.

Los espárragos que fallaron son los de la posición No 7, cuya carga es 4689 Lbs, es decir la tercera parte de la carga sobre los pernos de la posición No. 12.

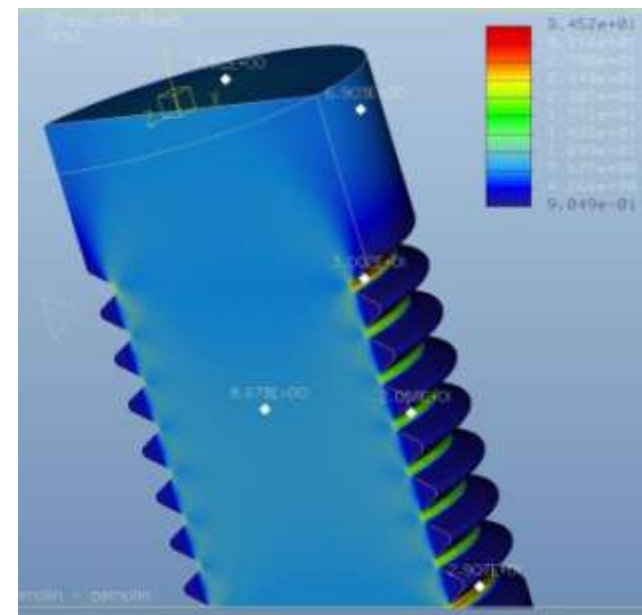
A continuación se procede a calcular los esfuerzos que se generan sobre los diferentes pernos y espárragos 



Esfuerzo resultante en el perno de 5/8 pulg (posición No 12)



Esfuerzo resultante en el perno de 3/4 pulg (posición No 7)



Esfuerzo resultante en el perno de 1 pulg (posición No 9)

Para el análisis de fatiga se utilizó el método descrito en el Código ASME Sect VIII Div 2 Apéndice 5, Par 5-120 Análisis de Fatiga de Pernos. El resultado está en la siguiente lámina donde se trazó una línea roja, verde y azul, que corresponden a los pernos clasificados como 12, 7 y 9 (5/8, 3/4 y 1 pulg, respectivamente.)



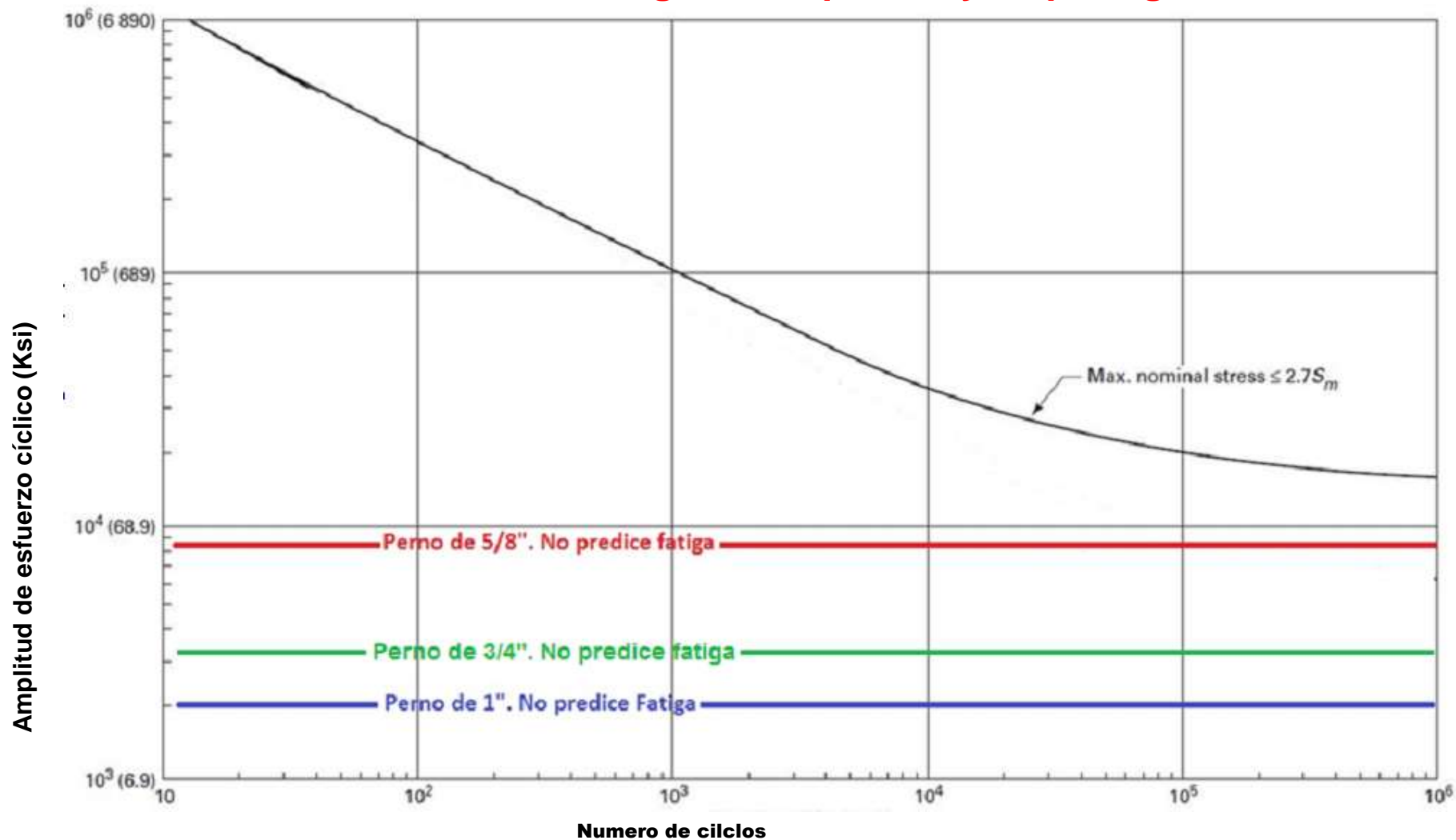
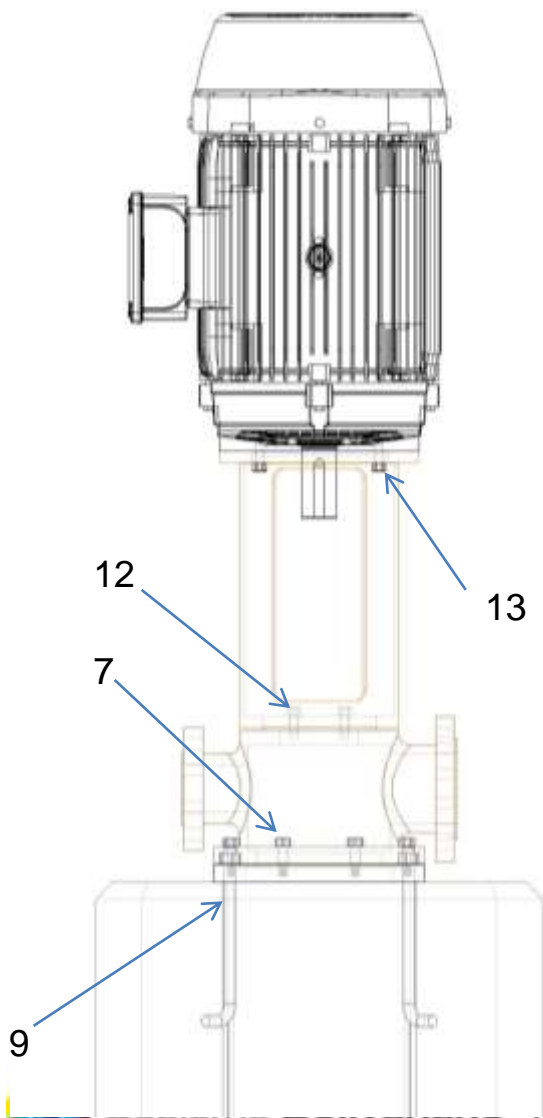


Fig 5-120.1 Curva de diseño por fatiga para pernos de acero de alta resistencia

**Discusión de los resultados**

- Ninguna de las líneas (roja, verde, azul) intercepta la curva, lo cual indica que ninguno de los pernos fallará por fatiga.
- Puede argumentarse que hubo vibraciones mayores que no fueron detectadas, ya que el monitoreo de vibraciones no es continuo. En este caso debieron fallar primero ,por fatiga, los pernos en la posición No 12, no los pernos de la posición No 7.
- Puede argumentarse que los pernos de la posición No 7 fallaron por el efecto combinado de excesivo apriete y vibraciones. Esta tesis es descartada debido a que las curvas de fatiga ya incluyen el máximo efecto posible por el apriete inicial (según ASME Sect VIII Div2 App5, Par 5-110.1)


**5-110 DESIGN FOR CYCLIC LOADING**
**5-110.1 Determination of Loading.**

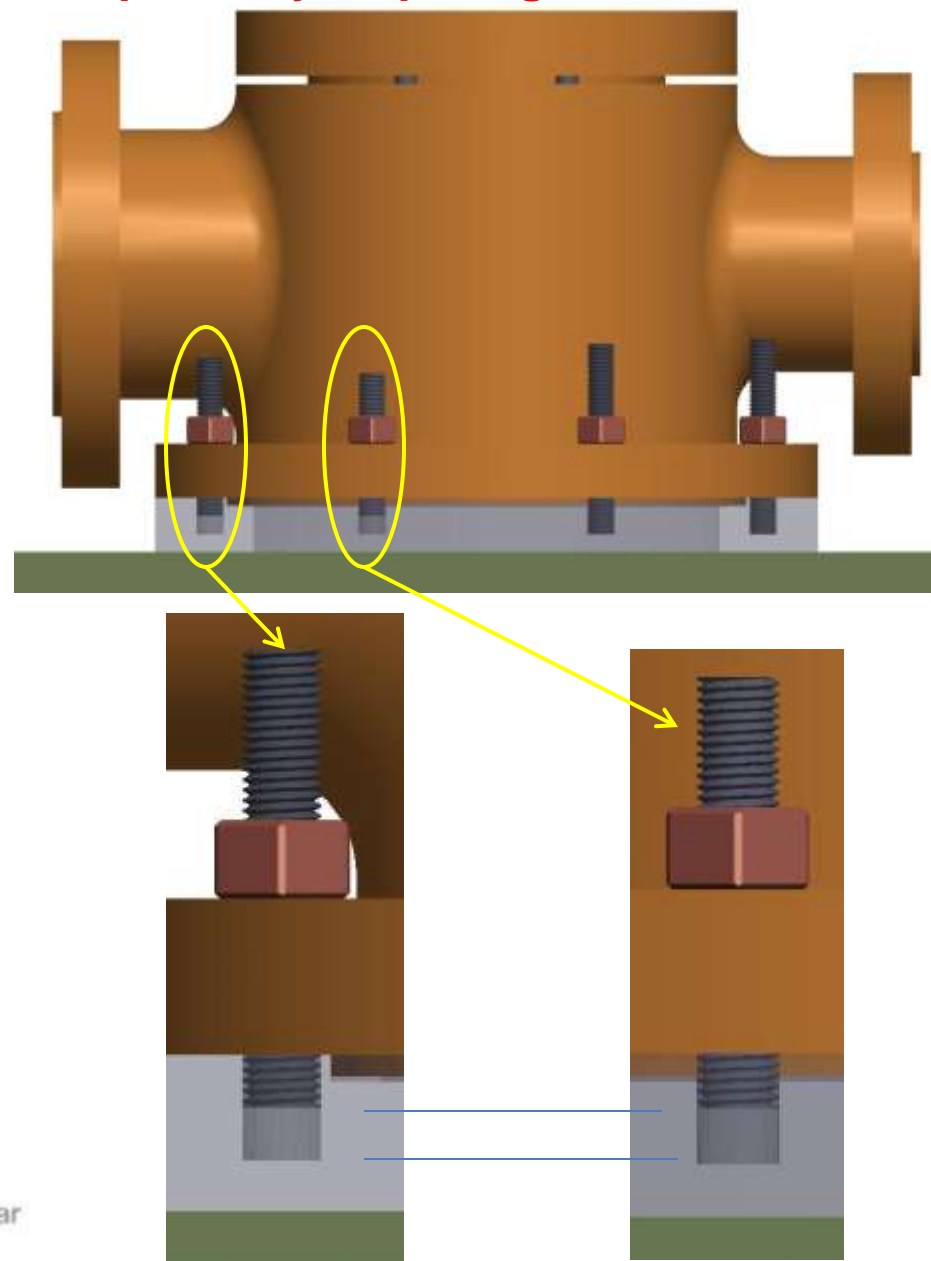
Only the stresses due to the specified cycle of operation need be considered; stresses produced by any load or thermal condition which does not vary during the cycle need not be considered, since they are mean stresses and the maximum possible effect of mean stress is included in the fatigue design curves.

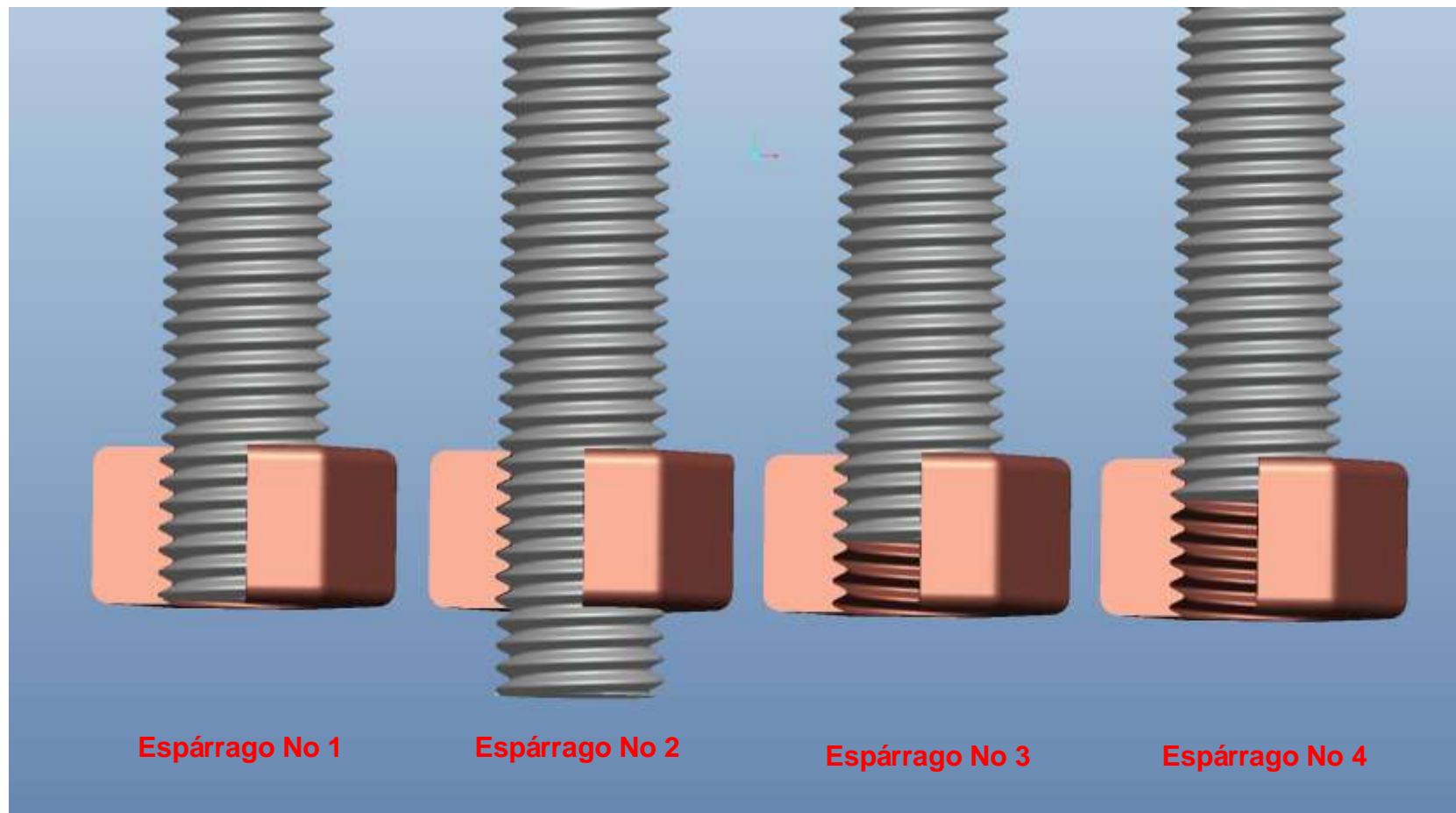
### Discusión de Resultados

•Puede argumentarse que la falla se debe a una condición irregular de los pernos que produjo los daños típicos de fatiga observados mediante microscopio electrónico y la posterior falla por fatiga.

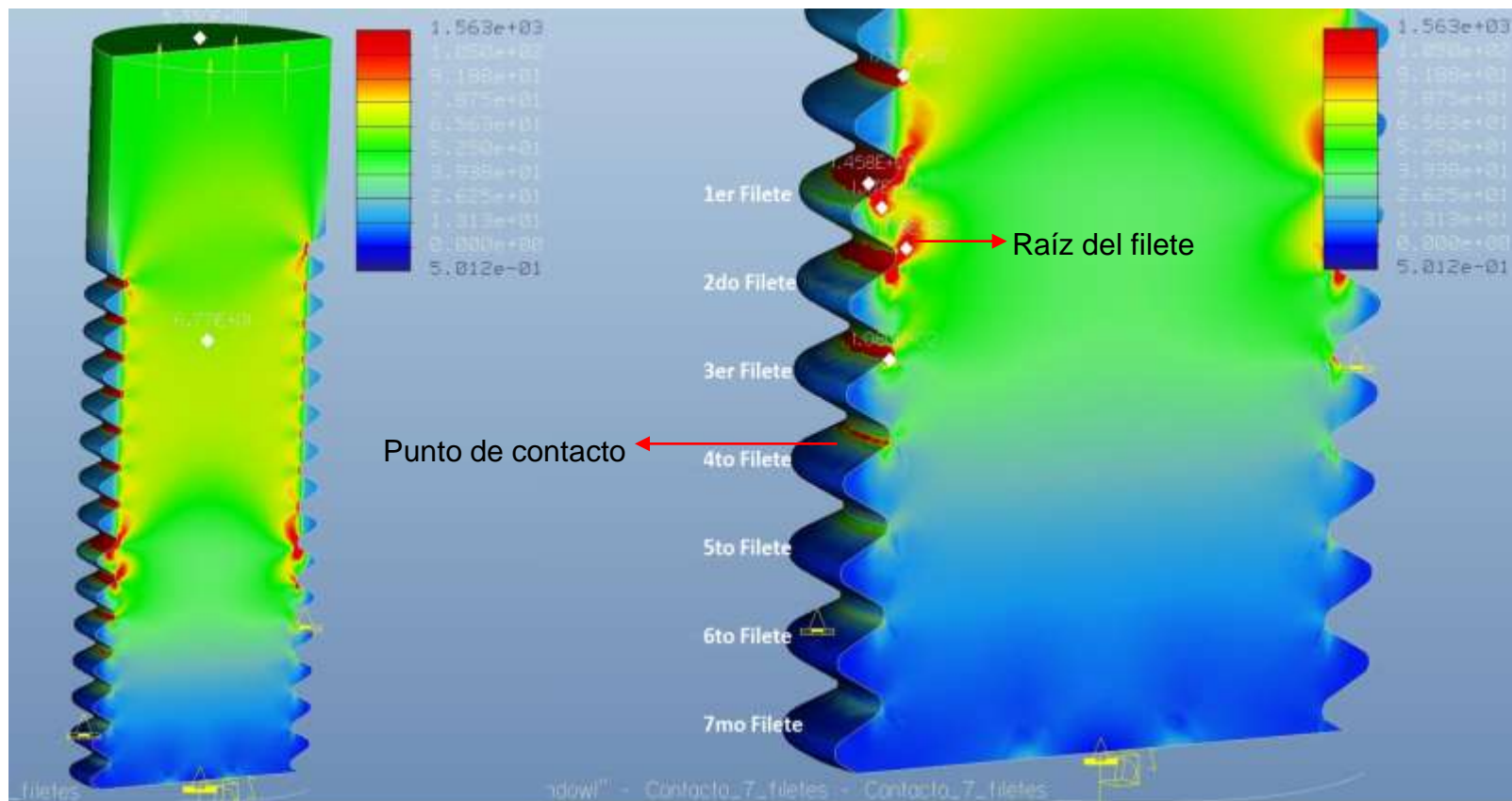
Efectivamente, había la condición irregular mostrada en la figura anexa. Los espárragos de sujeción de la bomba a la base fueron aflojados, intencionalmente como ya observamos en las fotos de los resultados de laboratorio. En esta figura se hizo la lámina base transparente para mostrar que dos espárragos completamente roscados y dos no completamente roscados.

A continuación se demostrará el efecto de aflojar los espárragos.



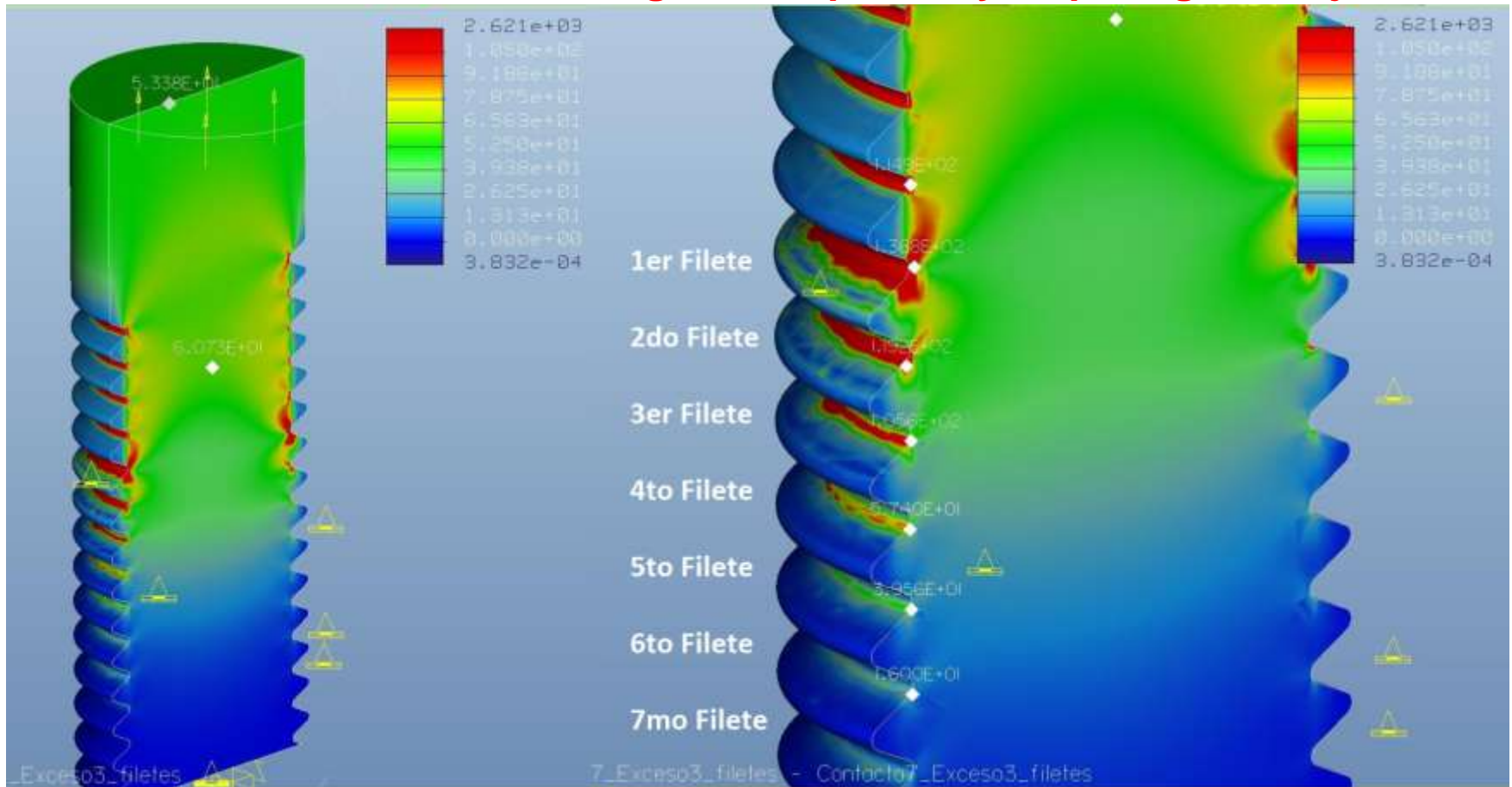
**Análisis de fatiga sobre pernos y espárragos aflojados**

A continuación se presenta un análisis comparativo de la vida útil de cuatro espárragos de 3/4 pulgadas. Las tuercas se han cortado para hacer notar que el espárragos No 1 fue roscado completamente, el espárragos No 2 fue roscado en exceso, el espárragos No 3 fue roscado solo cuatro hilos y el espárragos No 4 fue roscado solo dos hilos.

**Análisis de fatiga sobre pernos y espárragos aflojados**


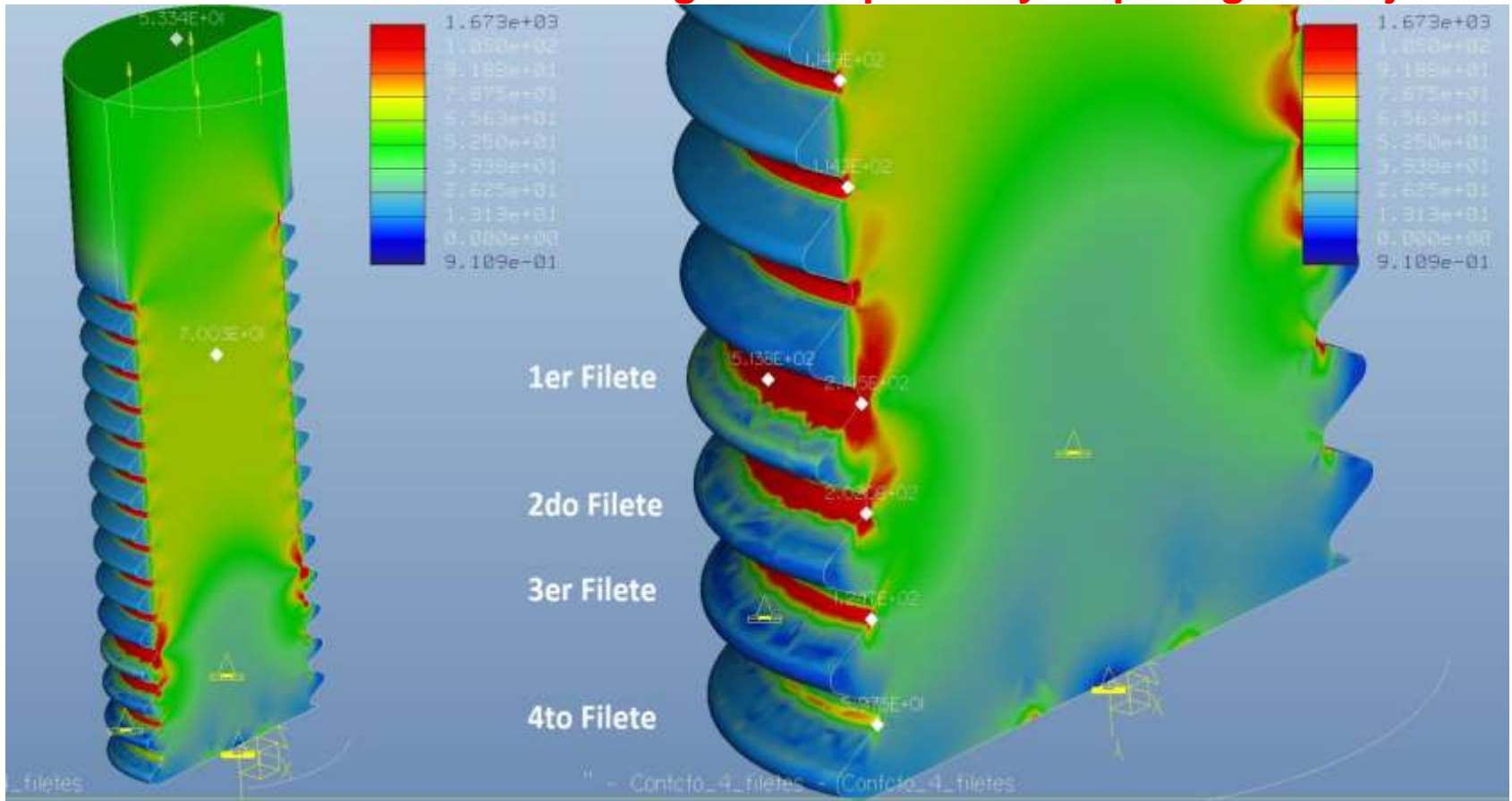
La gráfica muestra el esfuerzo en el perno No 1 sometido a una fuerza axial de 23000 Lbs. El esfuerzo es medido en la cara de contacto del filete con la tuerca (no mostrada) y en la raíz del filete. Los valores de esfuerzo en Ksi obtenidos son los siguientes:

	1er Filete	2do Filete	3er Filete
Contacto	145	116	108
Raíz	117	117	108

**Análisis de fatiga sobre pernos y espárragos aflojados**


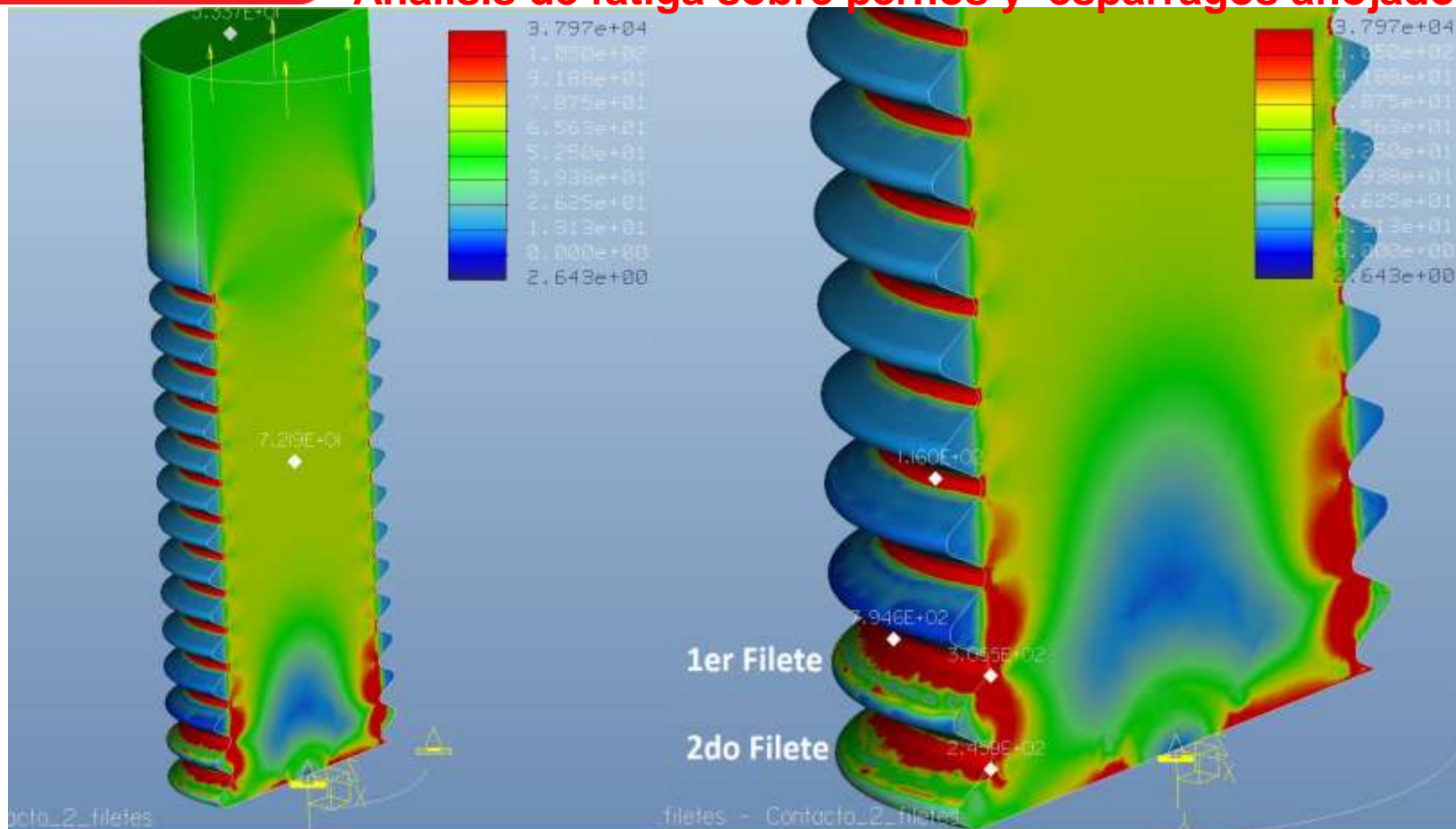
La gráfica muestra el esfuerzo en el perno No 2 sometido a la misma fuerza. El esfuerzo en la cara de contacto del filete y en la raíz del filete se indica como variación porcentual respecto al perno No 1

	1er Filete	2do Filete	3er Filete
Contacto	+4%	+1%	-0,2%
Raíz	+4%	+1%	-0,2%

**Análisis de fatiga sobre pernos y espárragos aflojados**


La gráfica muestra el esfuerzo en el perno No 3, con solo 4 filetes roscados. El esfuerzo en la cara de contacto del filete y el la raíz del filete se indica como variación porcentual respecto al perno No 1

	1er Filete	2do Filete	3er Filete
Contacto	+ 375 %	+ 201 %	+16%
Raíz	+ 83 %	+ 73 %	+2%

**Análisis de fatiga sobre pernos y espárragos aflojados**


La gráfica muestra el esfuerzo en el perno No 4, con solo 2 filetes roscados. El esfuerzo en la cara de contacto del filete y en la raíz del filete se indica como variación porcentual respecto al perno No 1.

	1er Filete	2do Filete	3er Filete
Contacto	+324%	+245%	No aplica
Raíz	+260%	+210%	No aplica



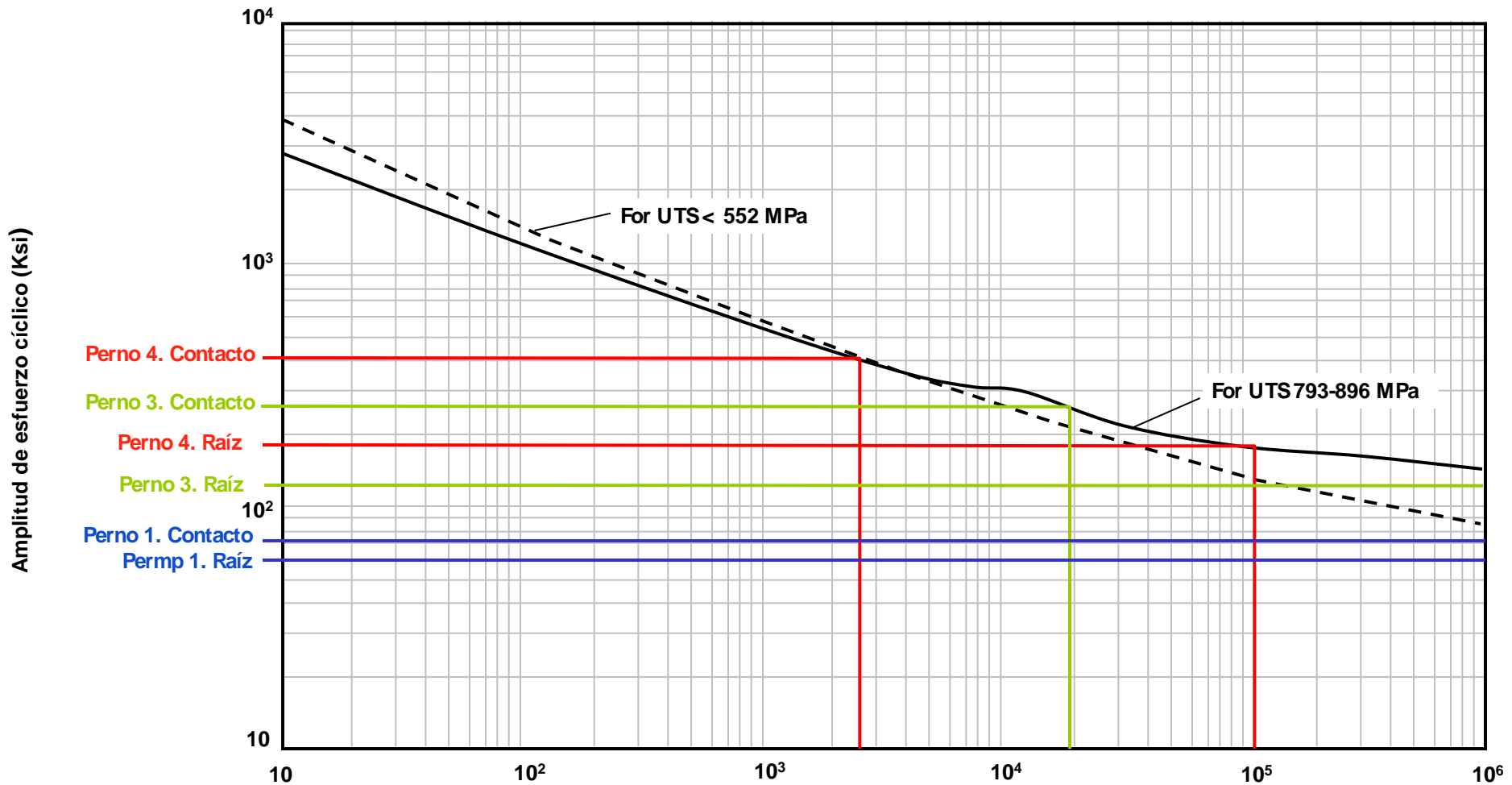
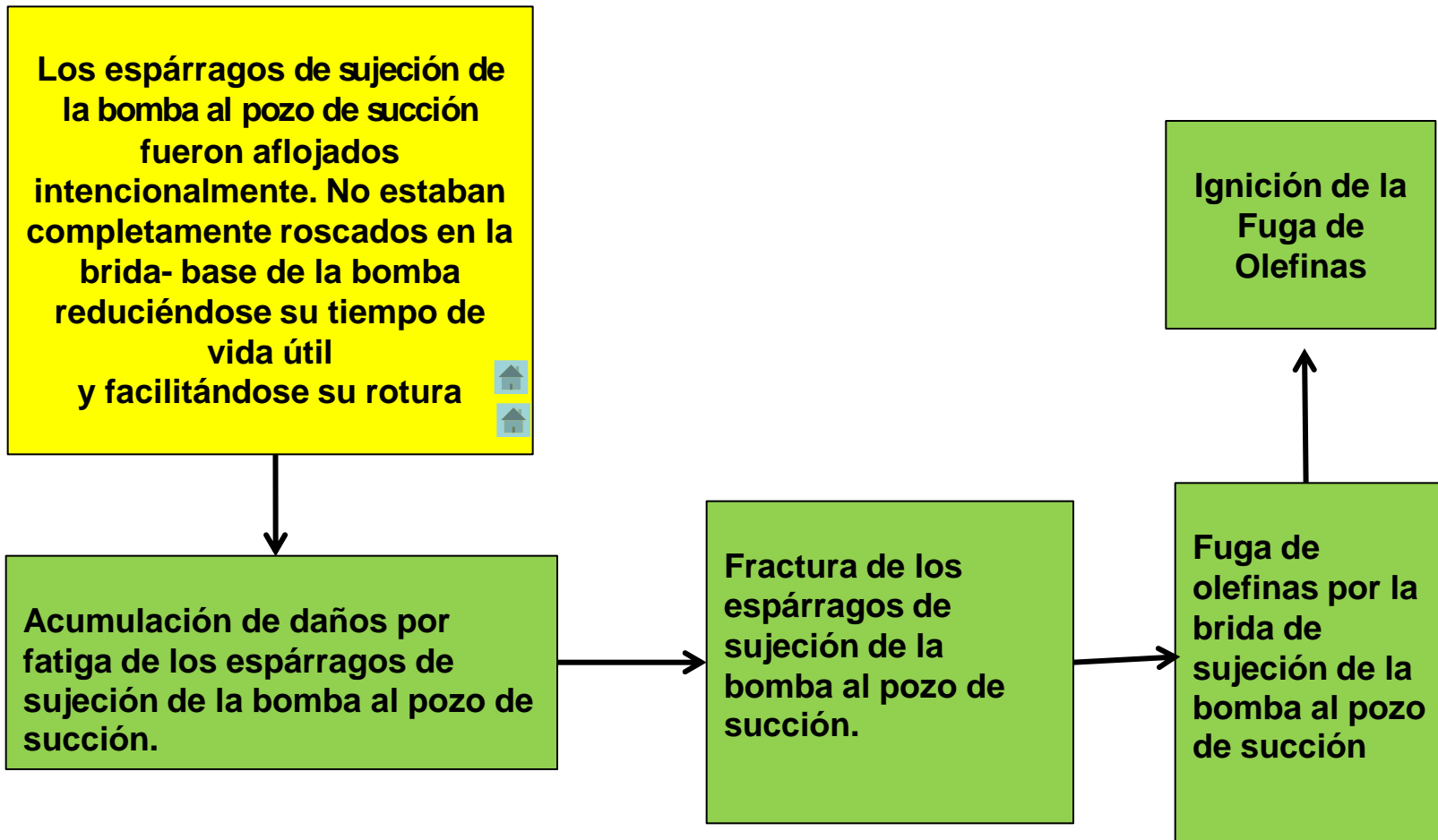
**Análisis de fatiga sobre pernos y espárragos aflojados**


Fig 5-110.1 Curvas de diseño por fatiga para acero de baja aleación serie 4XX, a temperaturas menores de 700° F

1. El cálculo demuestra que al haber menos filetes enroscados, el esfuerzo en el primer y segundo filete aumenta considerablemente y la vida útil del espárrago se acorta, a menos filetes enroscados menor es la vida útil del espárrago.
2. Es un hecho que se encontraron espárragos aflojados en la brida base, con solo cuatro, tres y hasta dos filetes en contacto con la misma.
3. Es un hecho que el espárrago que estaba roscado adecuadamente falló por tensión y no por fatiga. La rotura de los seis espárragos restantes causó la flexión y la falla del espárrago correctamente enroscado.
4. Se evidencia que las condiciones de vibración medidas en el motor **no son suficientes para causar falla por fatiga** de los espárragos (pernos) correctamente roscado
5. Se evidencia que las condiciones de vibración medidas en el motor **si pueden causar falla por fatiga** en espárragos (pernos) aflojados.

## Análisis del Evento Factores causales



 **Factor influyente y determinante**

## Conclusiones

- La fuga de olefinas a la atmósfera ocurre al abrirse la brida entre el cabezal y la caja de succión de la bomba P-2601, al fracturarse los espárragos que la sujetaban. Los espárragos se fracturaron debido a un proceso de fatiga mecánica como resultado de haber sido aflojados en forma intencional.
  
- La nube de gases de olefinas que escapó de la brida de la bomba P-2601, se desplazó en sentido sur-este hacia el área del Destacamento 44 de la GNB y se incendió al tratar de ponerse en marcha un vehículo durante la fase de desalojo de los efectivos de la GNB

- El personal de trabajadores, gerentes, superintendentes y supervisores de la refinería de Amuay tomaron las acciones operacionales, de notificación de la emergencia, de bloqueo de calles de vías internas y externas a la refinería , así como las estrategias adecuadas de extinción y control del incendio para evitar el escalamiento de la emergencia a las comunidades aledañas, a plantas de proceso y a otras áreas de la refinería.
  
- Se observó y verificó durante el proceso de investigación que el personal de mantenimiento y de la gerencia técnica de la refinería, siguió y ejecutó los protocolos establecidos para realizar los análisis y estudios predictivos y preventivos de mantenimiento de los equipos rotativos (bombas y motores por ejemplo) y estáticos a través de los Programas de Inspección en Marcha y del Sistema de Inspección de Lazos de Corrosión (SILCO), cuyos cumplimientos fueron verificados durante la investigación.



# EVENTO CLASE A REFINERÍA DE AMUAY



- **Fatalidades:** 47 (1 PDVSA, 24 G.N.B, 11 familiares G.N.B, 5 Puramín, 1 Vigilante Contratista, 5 desaparecidos área residencial G.N.B).
- **Lesionados:** 135 (6 Trabajadores PDVSA y 129 entre G.N.B y sus familiares)
- **Daños materiales:**  
Refinería Amuay: 11 Tanques, 08 Esferas, 08 Bombas, Tuberías e instrumentación asociada y una subestación eléctrica Campo Residencial G.N.B y Comando 44 GNB  
Área comercial de la Pastora y San Rafael, oficinas e instalaciones industriales Puramín, 3.403 Viviendas Afectadas de Comunidades
- **Impacto operacional:** Parada de forma preventiva algunas unidades de procesos, suspensión de envío de productos por poliductos hacia Refinería Cardón y de actividades de descarga de 5 Buques en los Muelles.
- **Perdidas Económicas y costos asociados:** 1.100 MM\$ aproximadamente.
- **Impacto ambiental:** Emisiones de humo al ambiente. No hubo descarga de efluentes de refinerías a cuerpos de agua ni hacia la comunidad. Afectación de flora silvestre por combustión de 10 árboles y 47 arbustos.

**Muestra N°6. Línea de Olefinas del TK-208 a la Succión de las P-1601/P-2601 / P-200 A-B-C**





**Muestra N°7. Línea de Descarga de la P-1601 /P-2601 – Olefinas a Refinería Cardón.**



**Muestra N°15. Bomba P-2601 y su Motor.**



**BRIDA ENTRE PEDESTAL Y CAJA DE SUCCION DE LA BOMBA P-2601  
ENCONTRADA SIN SIETE DE OCHO ESPARRAGOS**

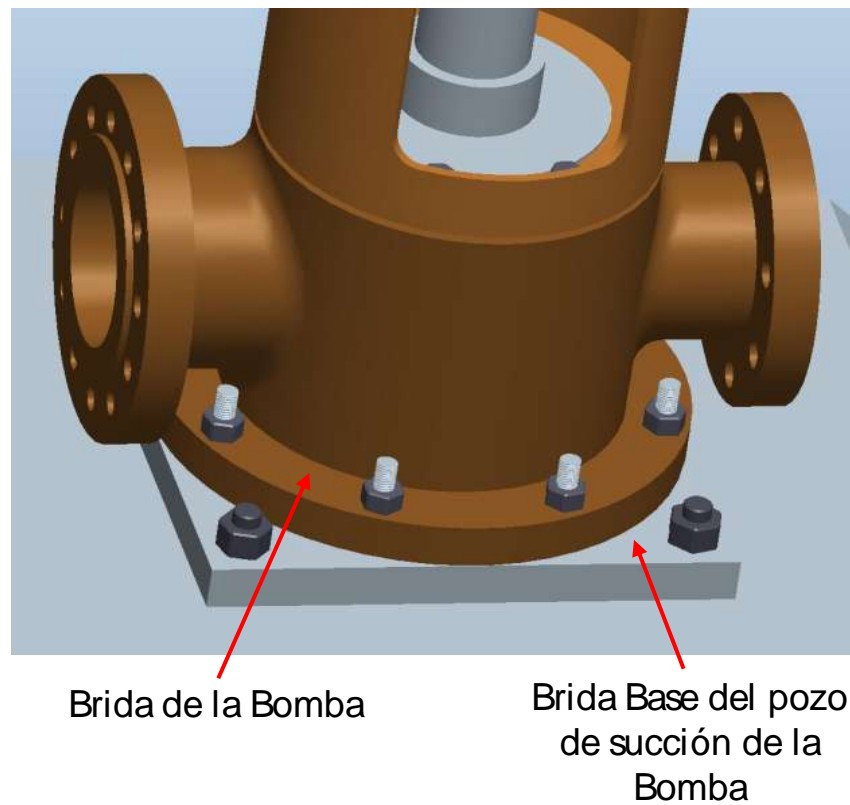
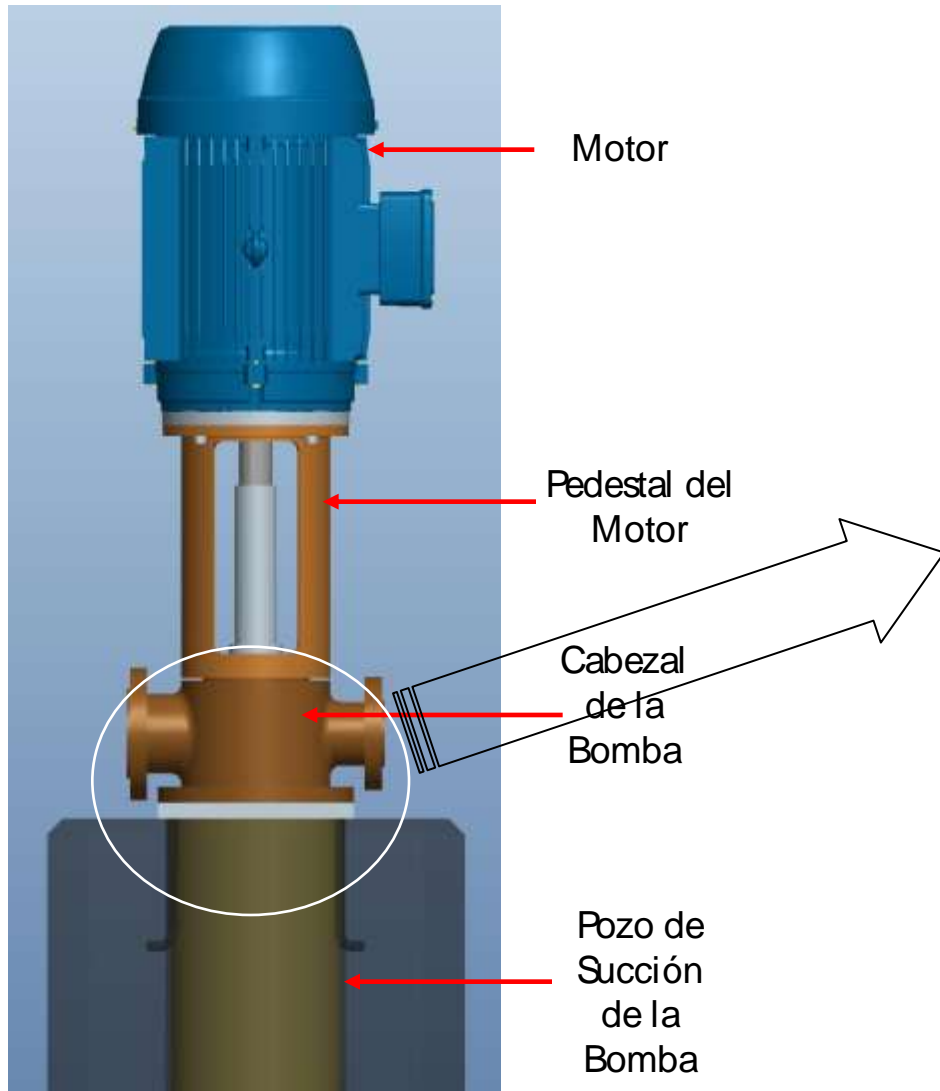


## Cálculos estimados de diferentes diámetros de roturas por dónde pudo fugarse el gas inflamable

Roturas (Pulg)	Ing Imed(Kg/s)	Volumen (bbl)	Angulo de descarga	1/2 (100%LII)	100%LII	LSI
2,5"	53,50	2.717,80	0°	468,17	367,42	136,40
2,8"	66,97	3.402,27	0°	492,28	387,28	151,92
2,85"	69,35	3.523,17	0°	515,44	406,94	154,97
3"	77,27	3.925,48	0°	537,73	424,72	163,36
3,3"	93,45	4.747,22	0°	581,21	457,34	179,78
3,5"	105,08	5.337,96	0°	586,38	463,10	189,87
4"	137,09	6.964,55	0°	645,75	510,08	215,61

Cálculos con Olefinas				
Presión en la caja de succión = 100psig (vaporizando)				
Periferia brida de 14 " = 43,96 pulgadas				
Separación de la brida (pulg)	Area expuesta (pulg <sup>2</sup> )	Flujo (Lbs/hr)	Flujo ( gpm)	Flujo (bpd)
0,063	2,75	6096 1,44	233,91	8020,90
0,125	5,50	1219 22,88	457,83	16041,81
0,188	8,25	1828 84,82	701,74	24062,71
0,250	11,00	243845,75	935,66	32083,62
0,313	13,74	304807,20	1169,57	40104,52
0,375	16,49	365768,64	1403,48	48125,43
0,390	17,13	379929,36	1457,82	49988,60
0,438	19,24	426730,08	1637,40	56146,33
0,500	21,99	487691,52	1871,31	64167,24
0,563	24,74	548652,96	2105,22	72188,14
<b>0,589</b>	<b>25,91</b>	<b>574584,19</b>	<b>2204,72</b>	<b>75600,00</b>

Cálculos con Olefinas				
Presión en la caja de succión = 112psig ( estado líquido )				
Periferia brida de 14 " = 43,96 pulgadas				
Separación de la brida (pulgadas)	Area expuesta (pulg <sup>2</sup> )	Flujo (lbs/hr)	Flujo (gpm)	Flujo (bpd)
0,063	2,75	92194,72	353,76	12130,37
0,125	5,50	184389,43	707,52	24250,75
0,188	8,25	276584,15	1061,27	36391,12
0,250	11,00	368778,87	1415,03	48521,49
0,313	13,74	460973,58	1768,79	60651,87
0,375	16,49	553168,30	2122,55	72782,24
<b>0,390</b>	<b>17,13</b>	<b>574584,19</b>	<b>2204,72</b>	<b>75600,00</b>



## Simulación de la Fuga de Olefinas Datos Utilizados

- Esfera de olefinas TK-209.
- Temperatura de operación: **105°F**.
- Presión de Operación: **110 psig**.
- Tiempos de fuga estimado: **0,17 / 0,50 / 1 / 2 / 3 / 4 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 min.**
- Condiciones ambientales: **0,14 m/s, Estabilidad F.**
- Humedad relativa: **71%**.
- Sensibilidad para diámetro fuga: **2,9"**.
- Software empleado: **Canary V.4.3**

# VISTA DE PLANTA PARA ESCENARIO SELECCIONADO

Dispersión nube inflamable

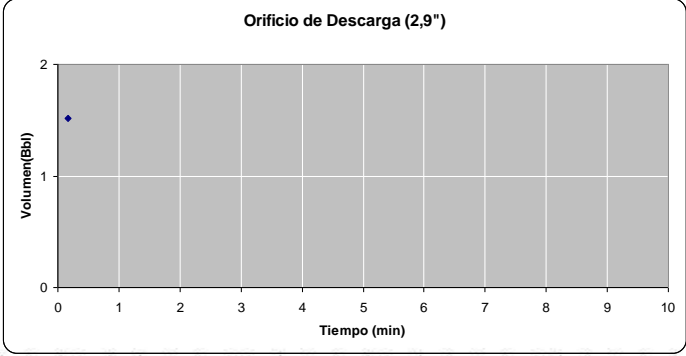
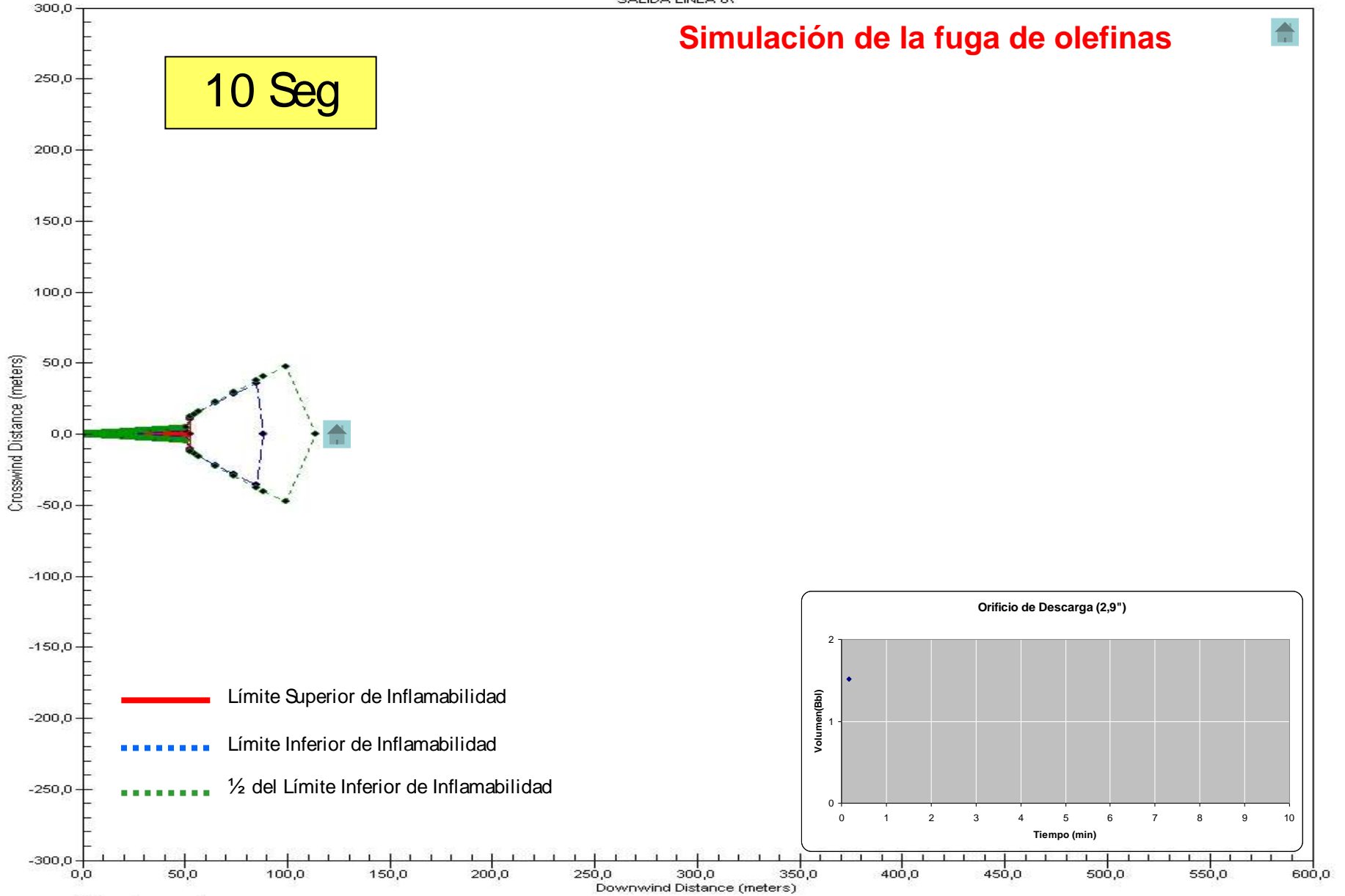
Método: Gas Pesado

Criterio de daño: 100% Fatalidad (LII) IR-S-02



# Simulación de la fuga de olefinas

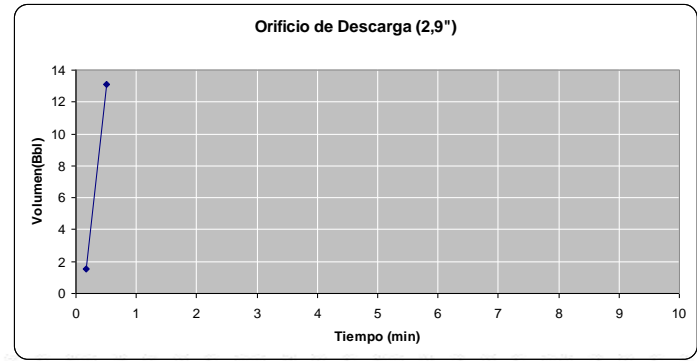
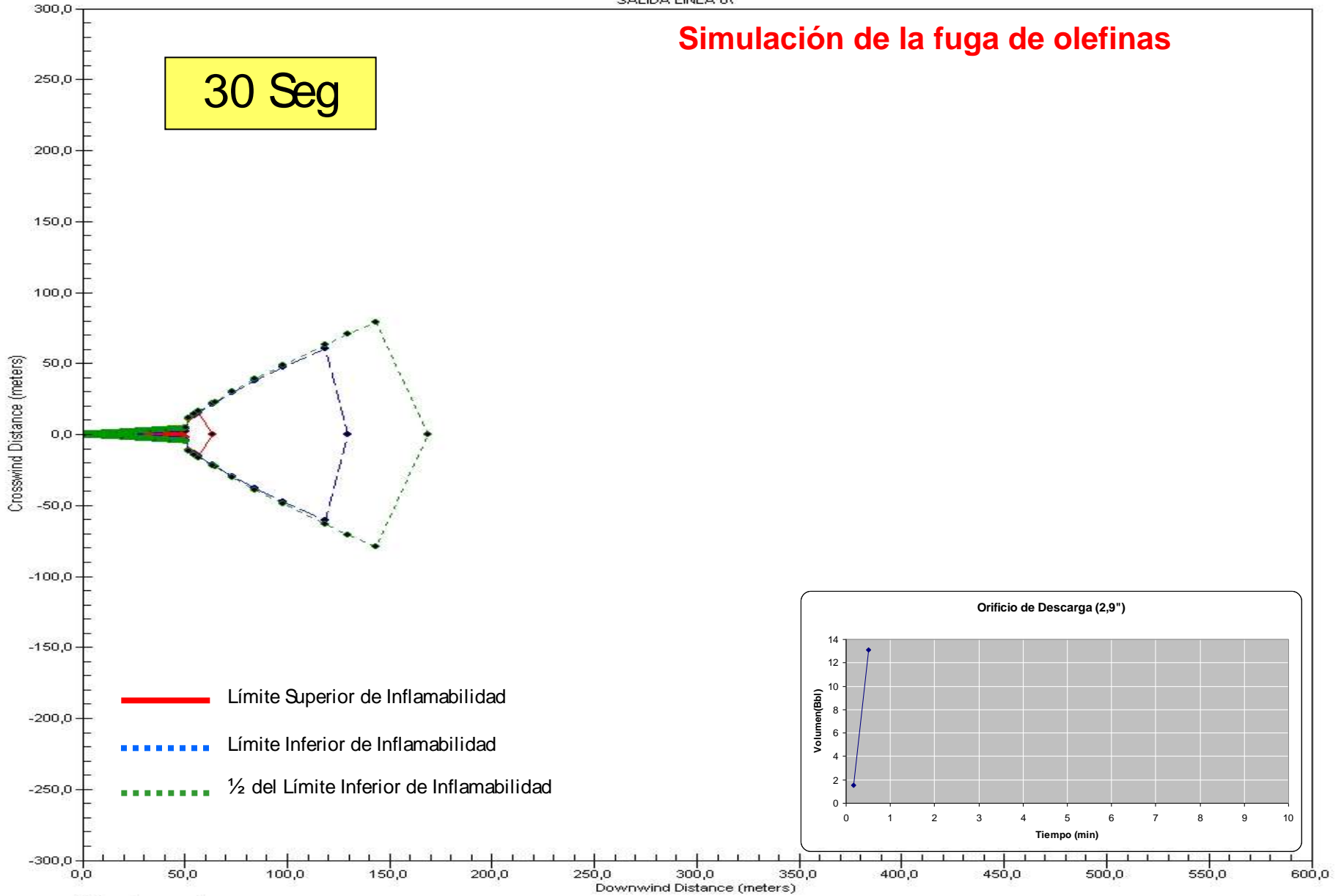
10 Seg



— 9.61 mole percent  
— 1.79 mole percent  
- - - 0.894 mole percent

# Simulación de la fuga de olefinas

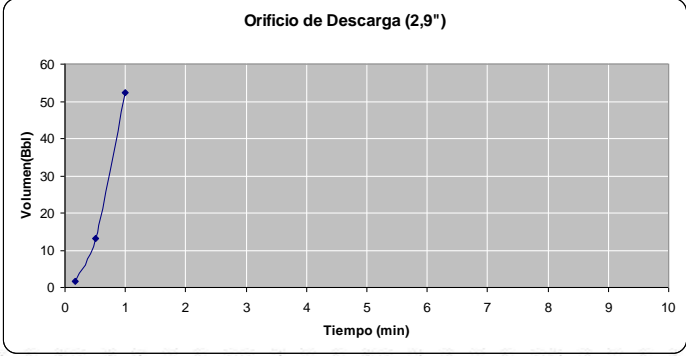
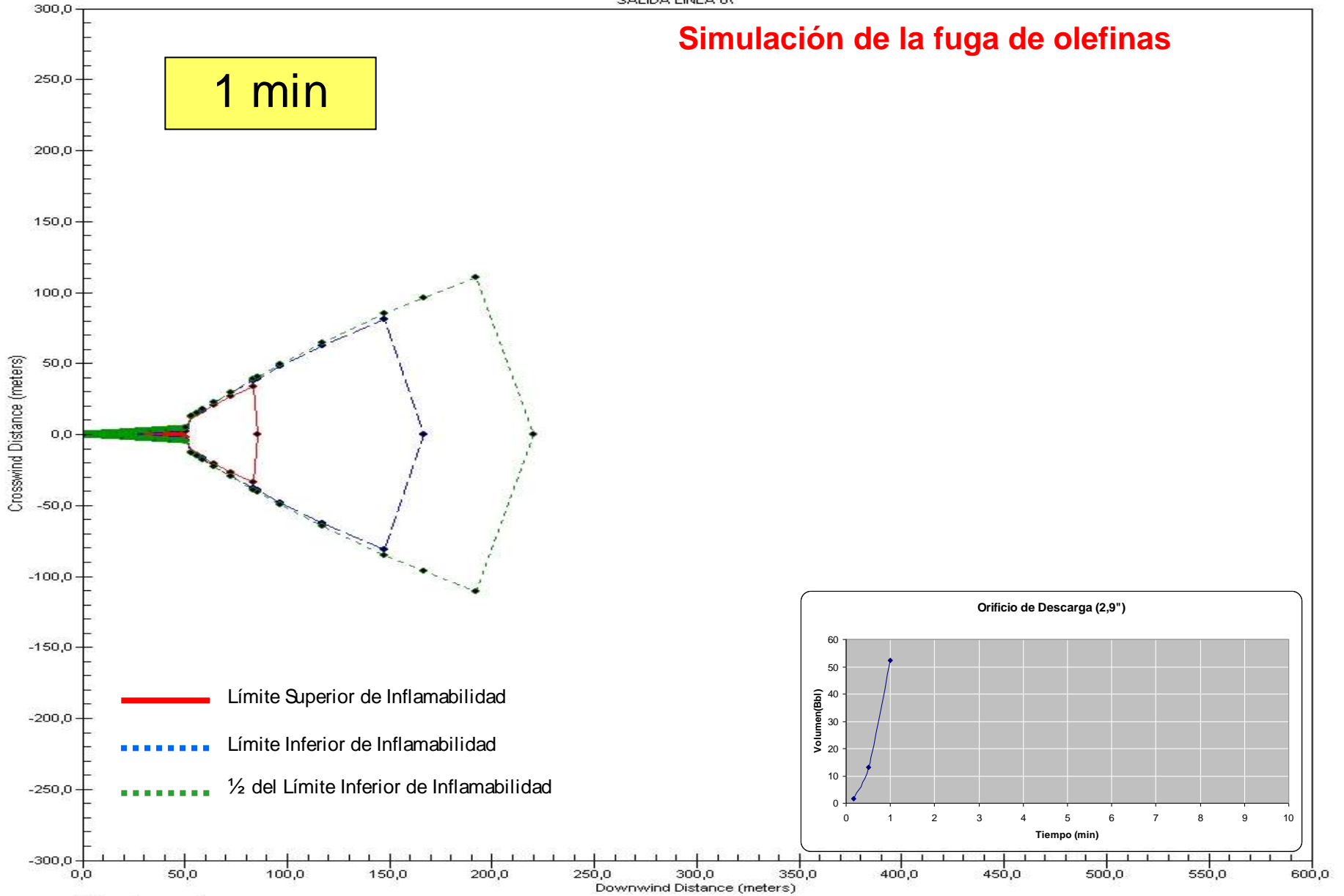
30 Seg



— 9.61 mole percent  
- - - 1.79 mole percent  
· · · 0.894 mole percent

# Simulación de la fuga de olefinas

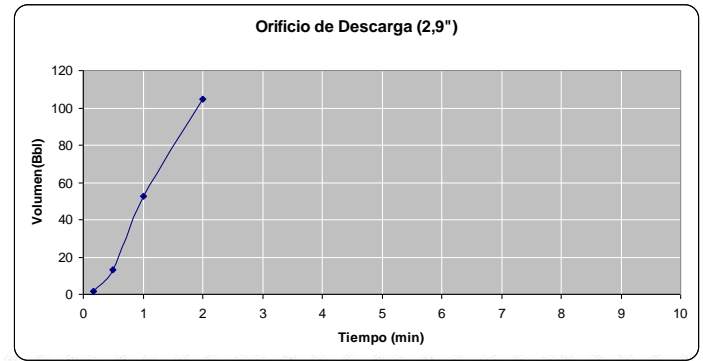
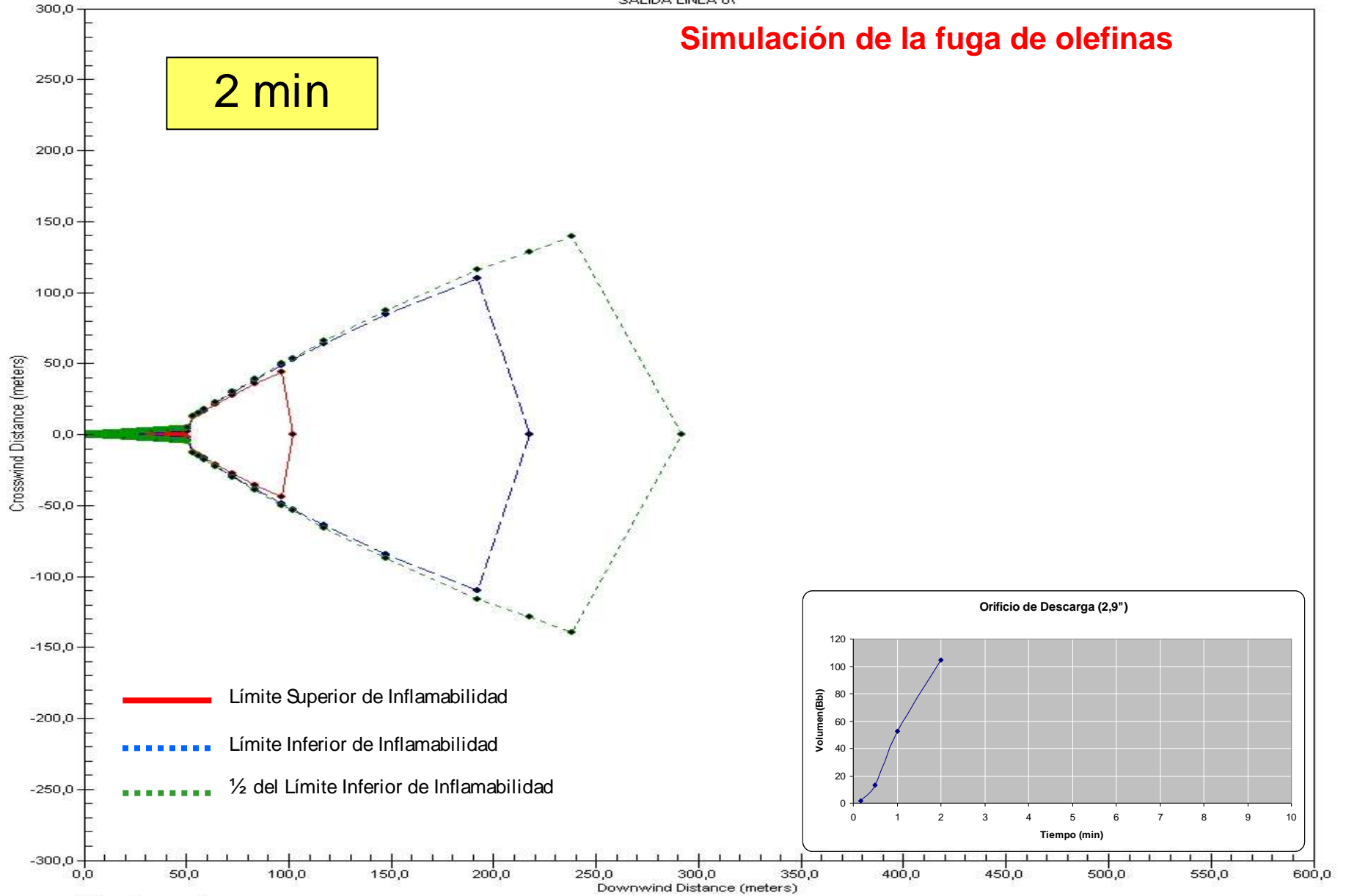
1 min



— 9.61 mole percent  
— 1.79 mole percent  
— 0.894 mole percent

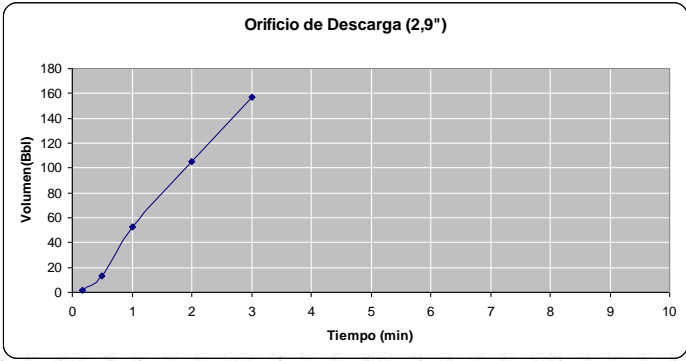
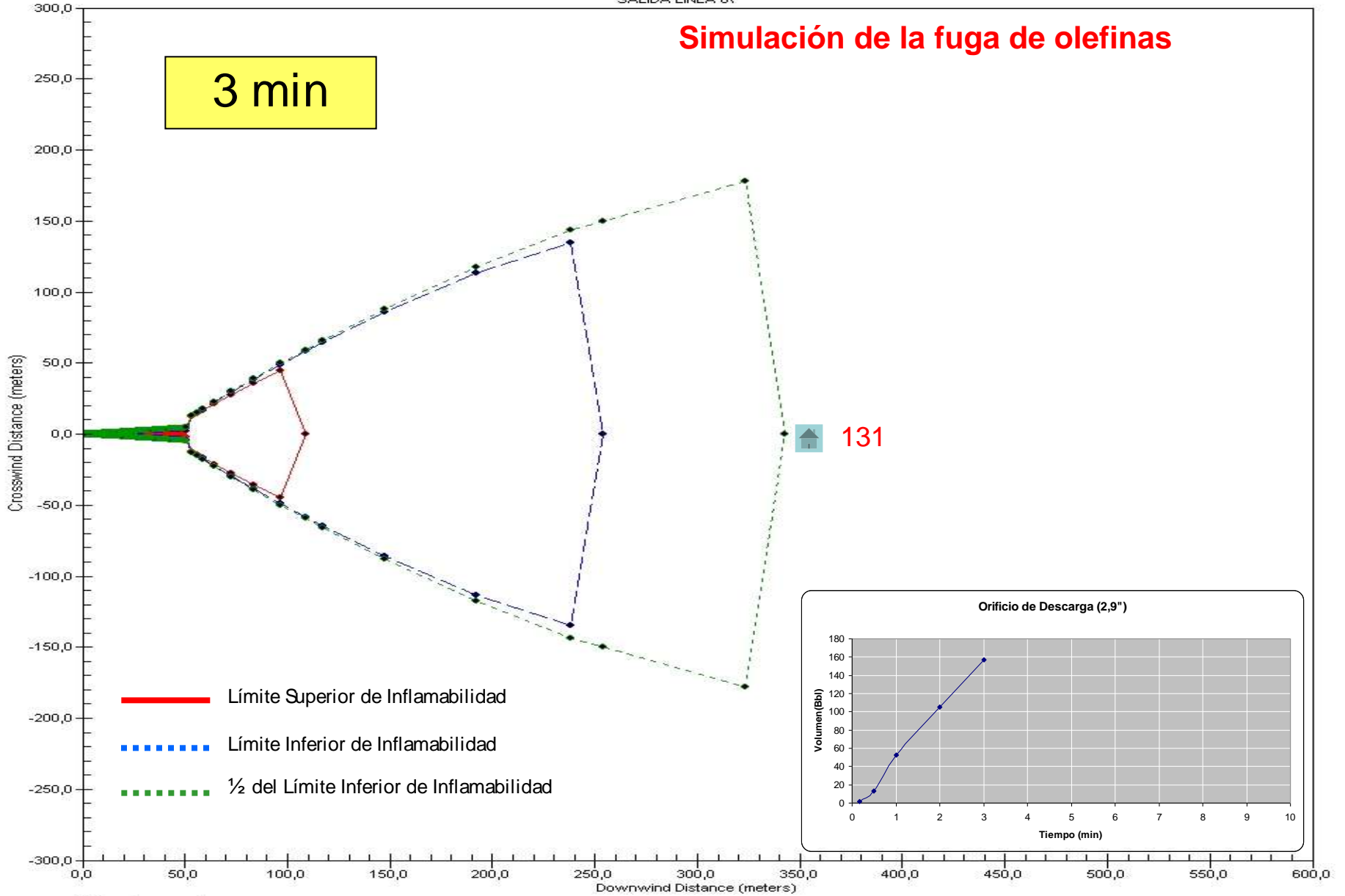
# Simulación de la fuga de olefinas

2 min



# Simulación de la fuga de olefinas

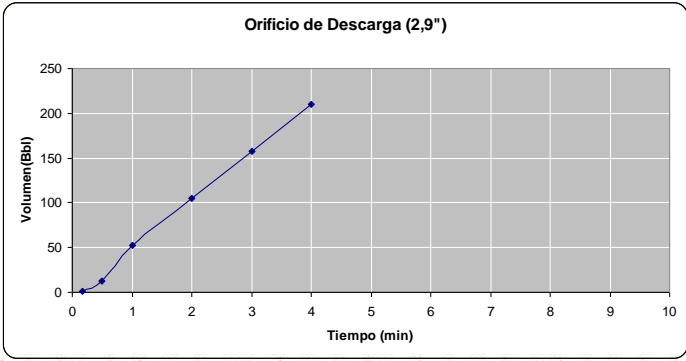
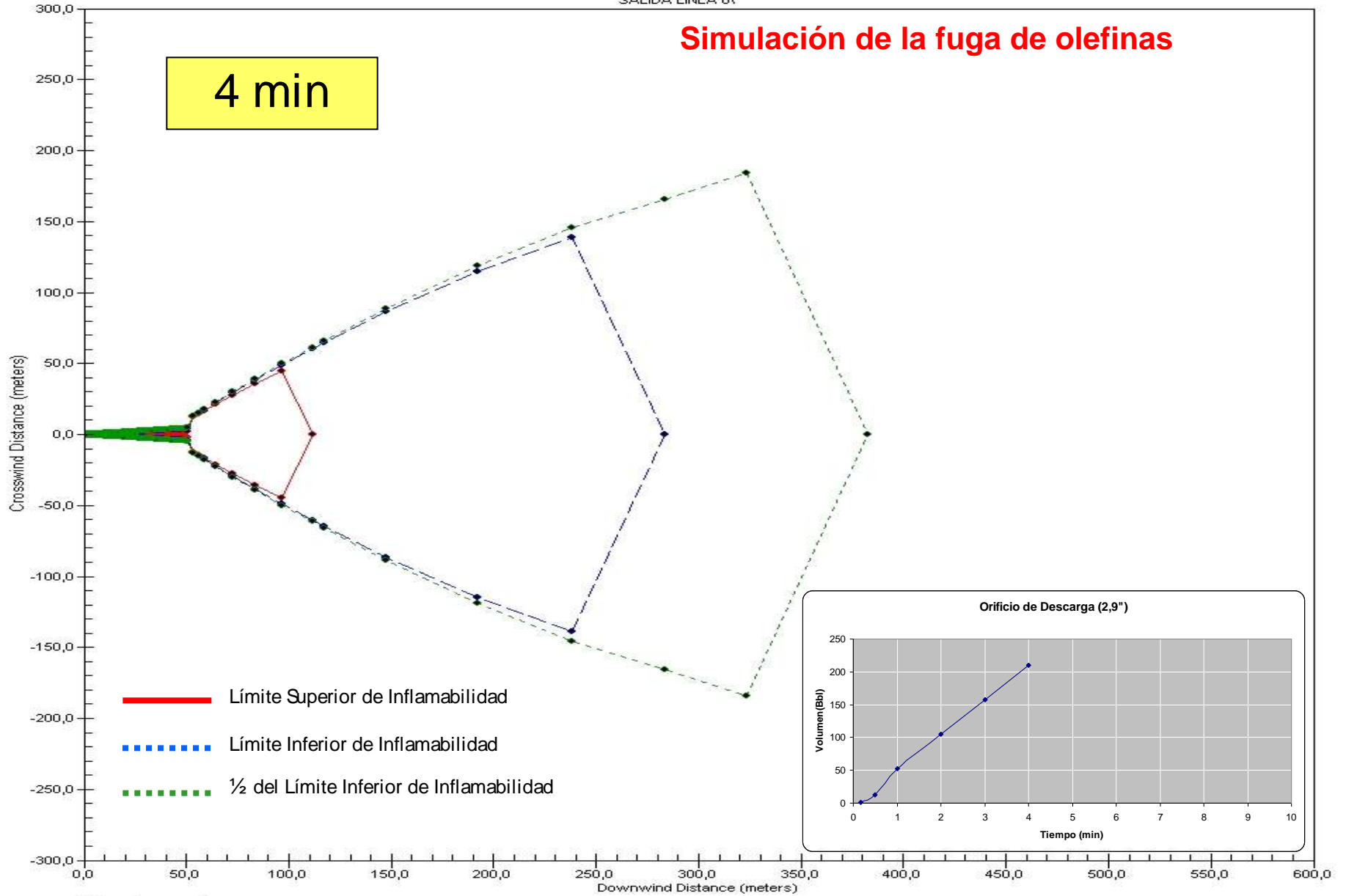
3 min



— 9.61 mole percent  
- - - 1.79 mole percent  
- - - 0.894 mole percent

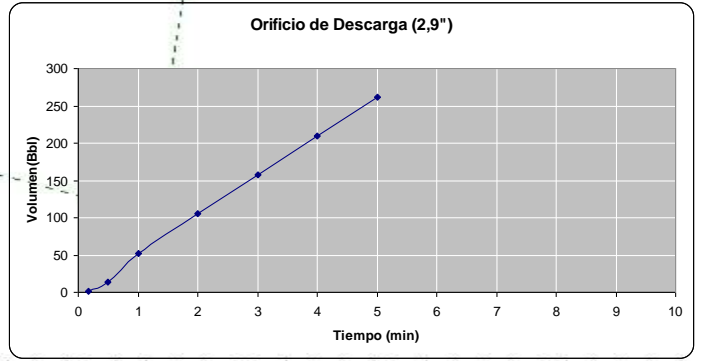
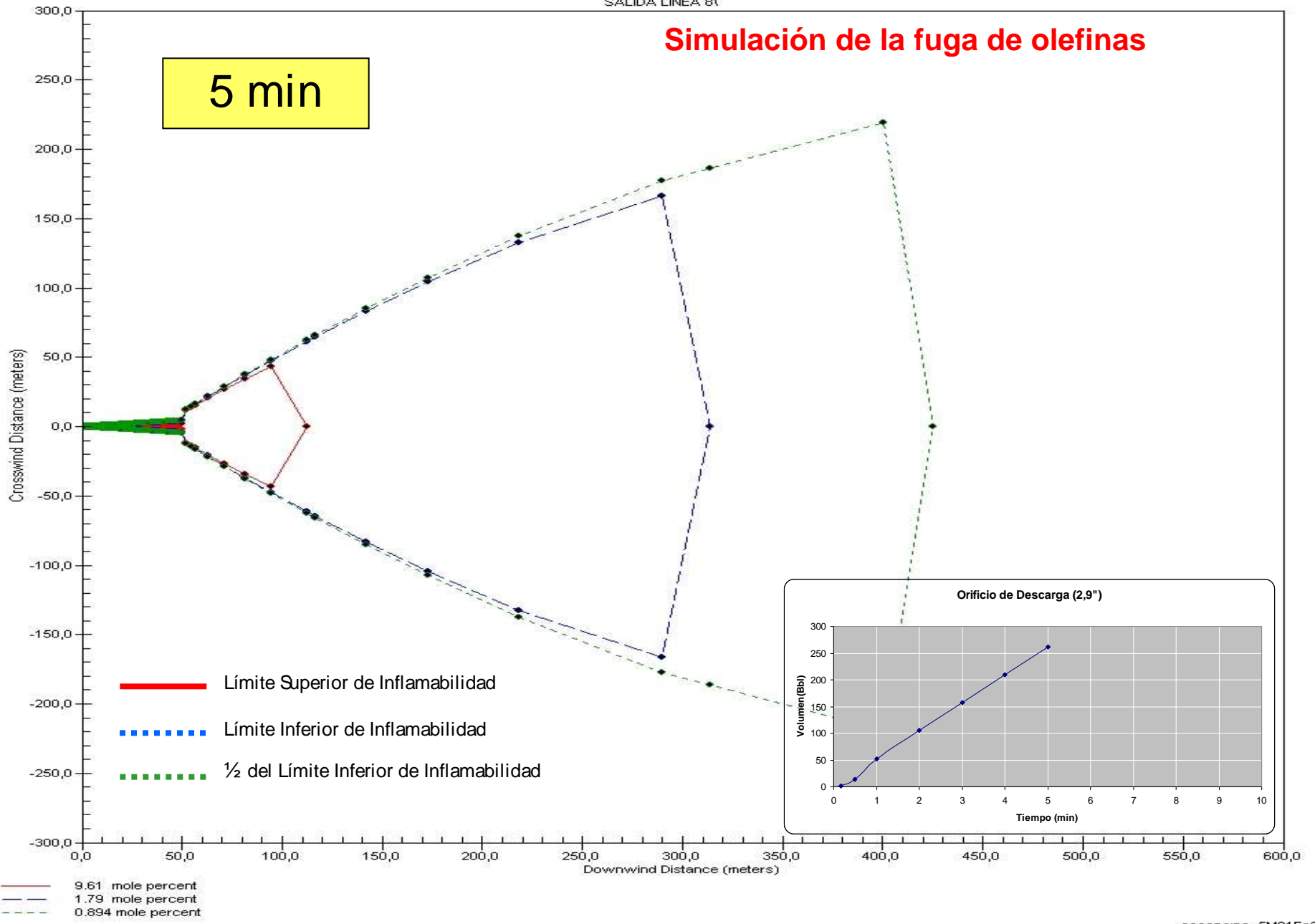
# Simulación de la fuga de olefinas

4 min



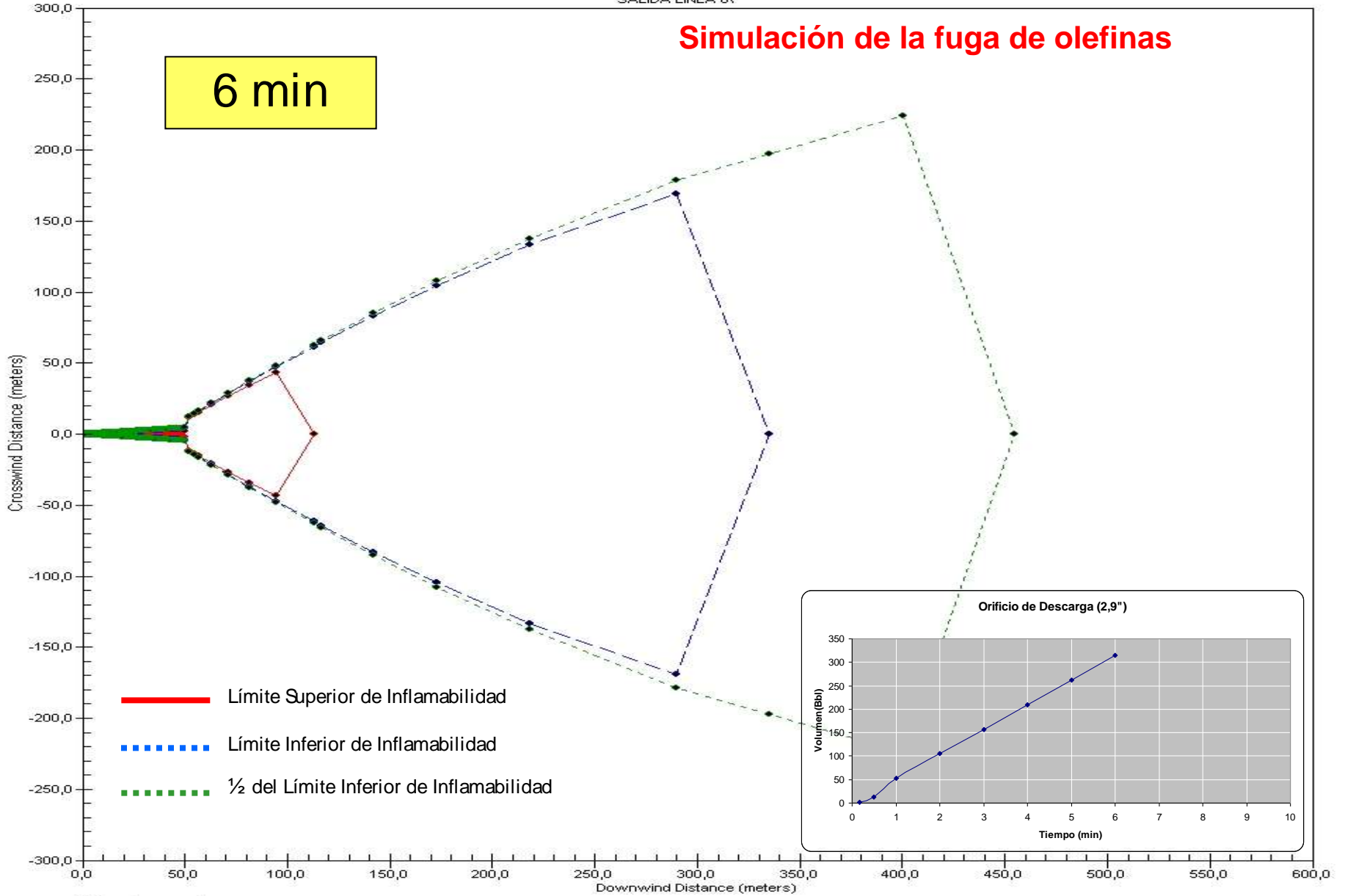
# Simulación de la fuga de olefinas

5 min



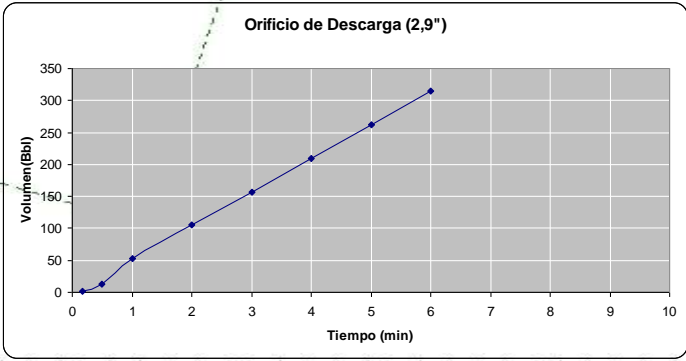
# Simulación de la fuga de olefinas

6 min



— Límite Superior de Inflamabilidad  
- - - Límite Inferior de Inflamabilidad  
. . . ½ del Límite Inferior de Inflamabilidad

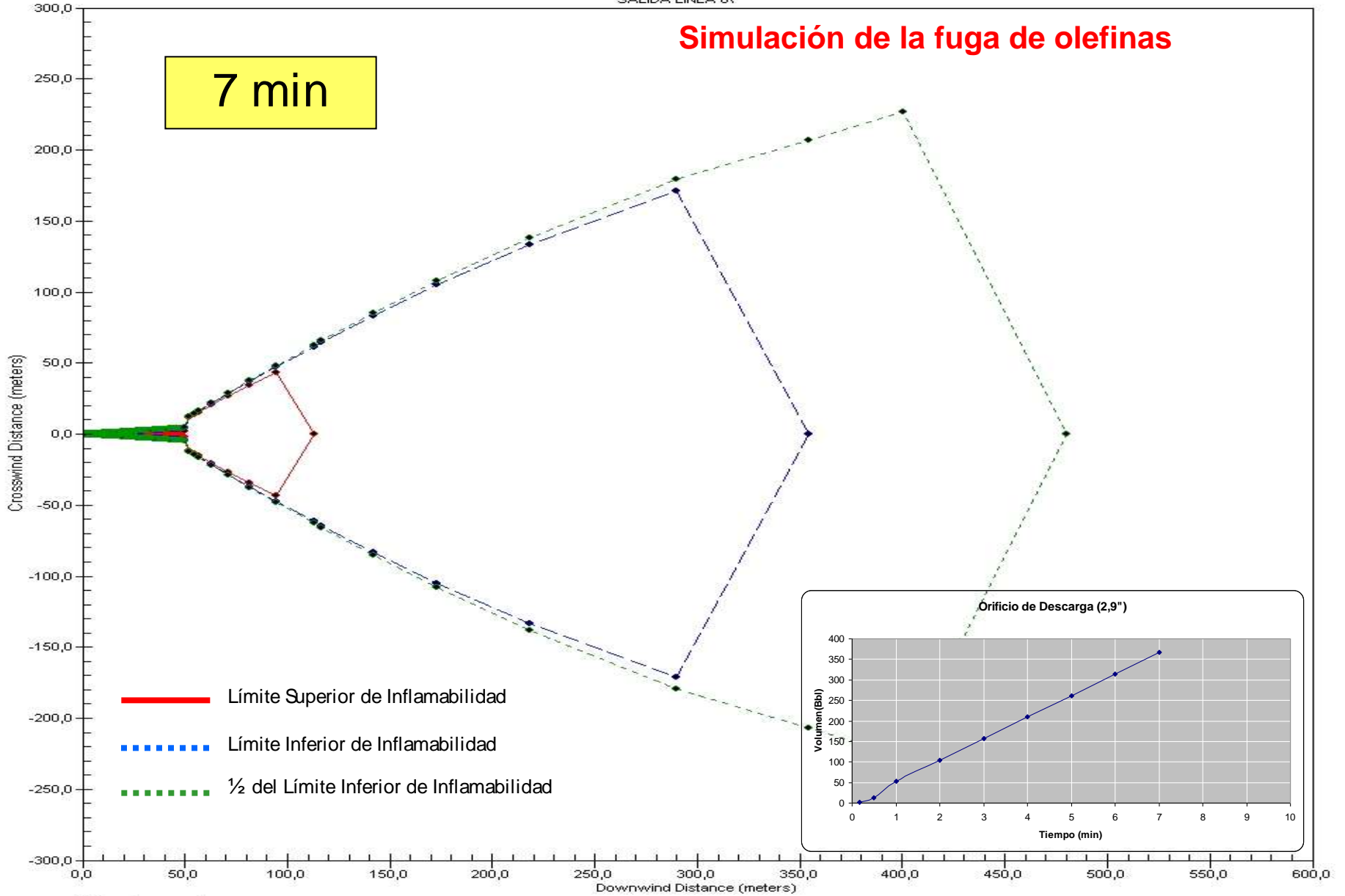
— 9.61 mole percent  
- - - 1.79 mole percent  
. . . 0.894 mole percent



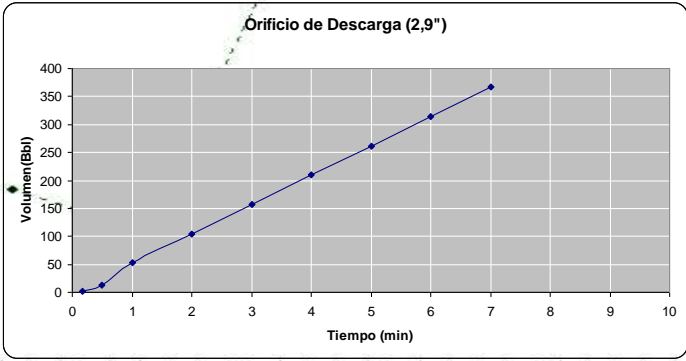


# Simulación de la fuga de olefinas

7 min



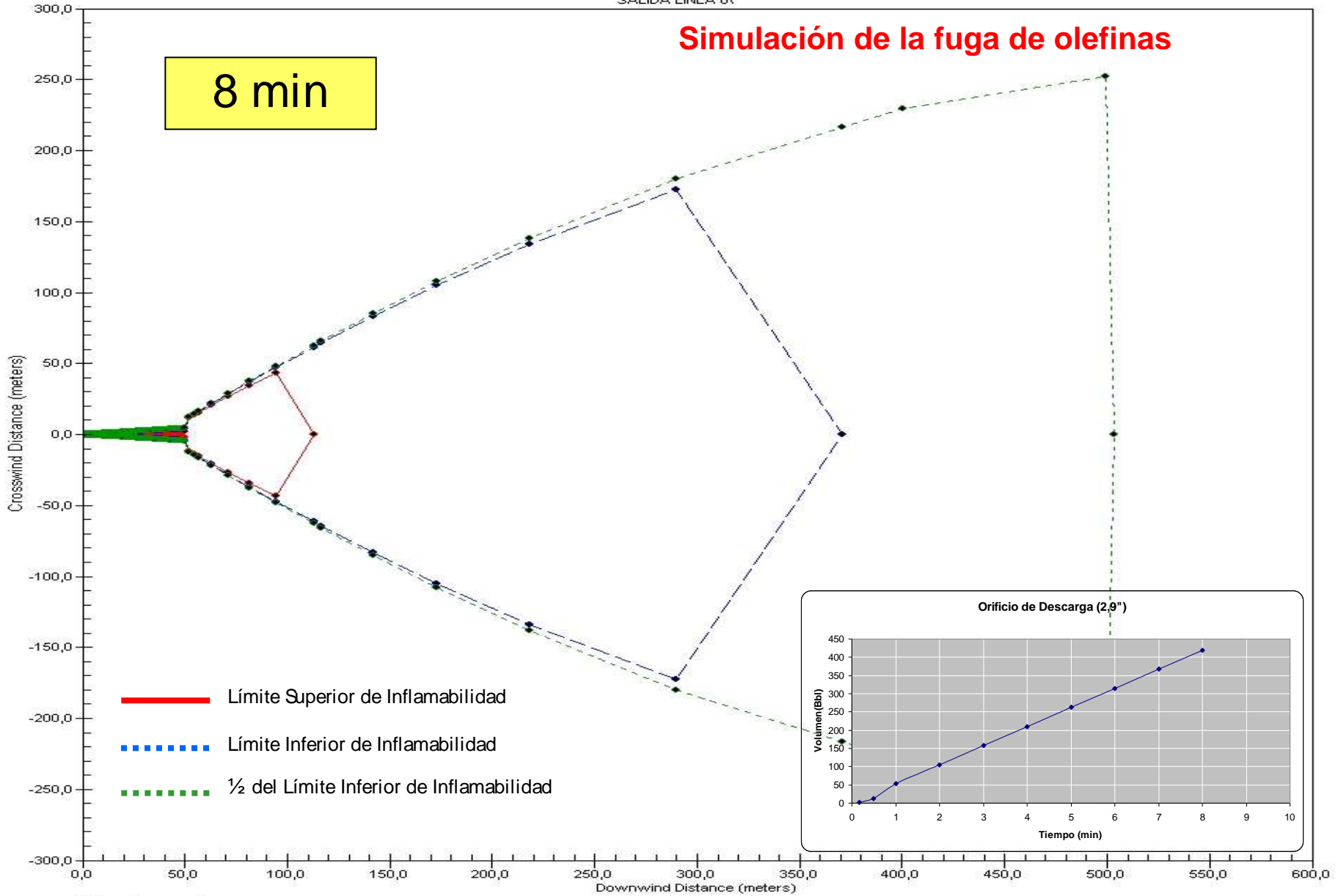
— Límite Superior de Inflamabilidad  
- - - Límite Inferior de Inflamabilidad  
. . . ½ del Límite Inferior de Inflamabilidad



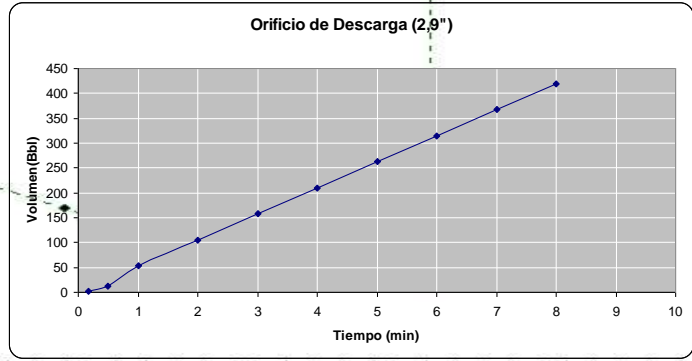
— 9.61 mole percent  
- - - 1.79 mole percent  
. . . 0.894 mole percent

# Simulación de la fuga de olefinas

8 min



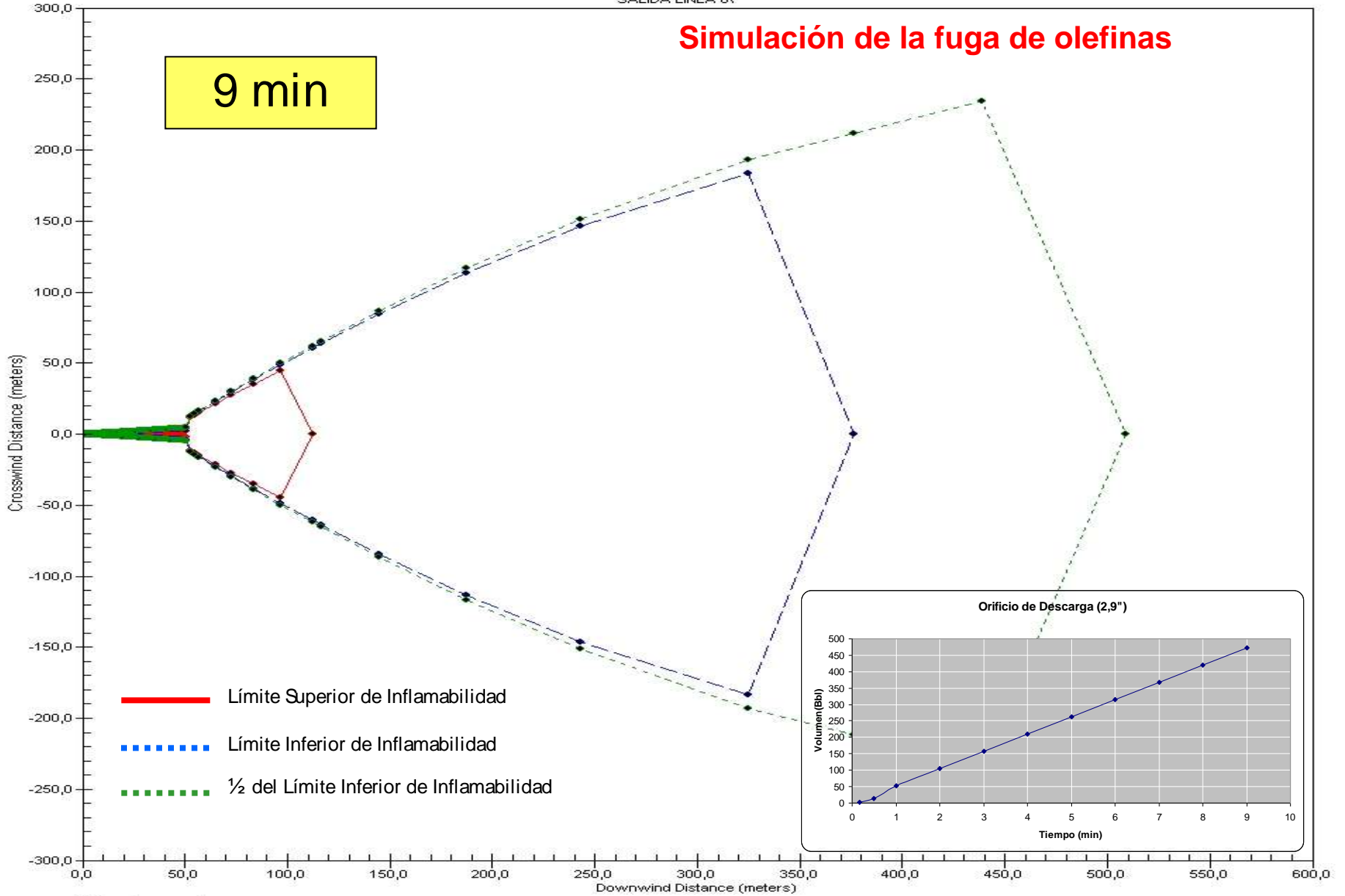
— Límite Superior de Inflamabilidad  
- - - Límite Inferior de Inflamabilidad  
- - - ½ del Límite Inferior de Inflamabilidad



— 9.61 mole percent  
— 1.79 mole percent  
- - - 0.894 mole percent

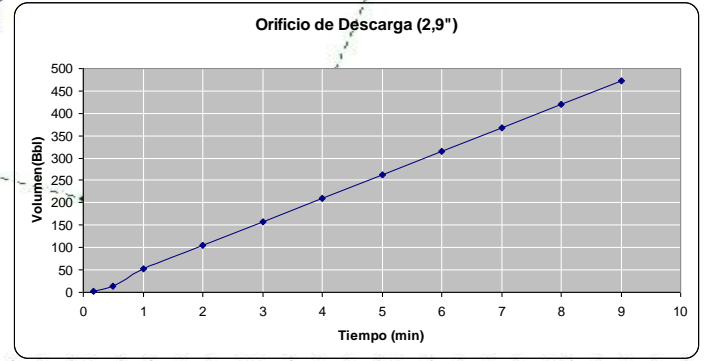
# Simulación de la fuga de olefinas

9 min



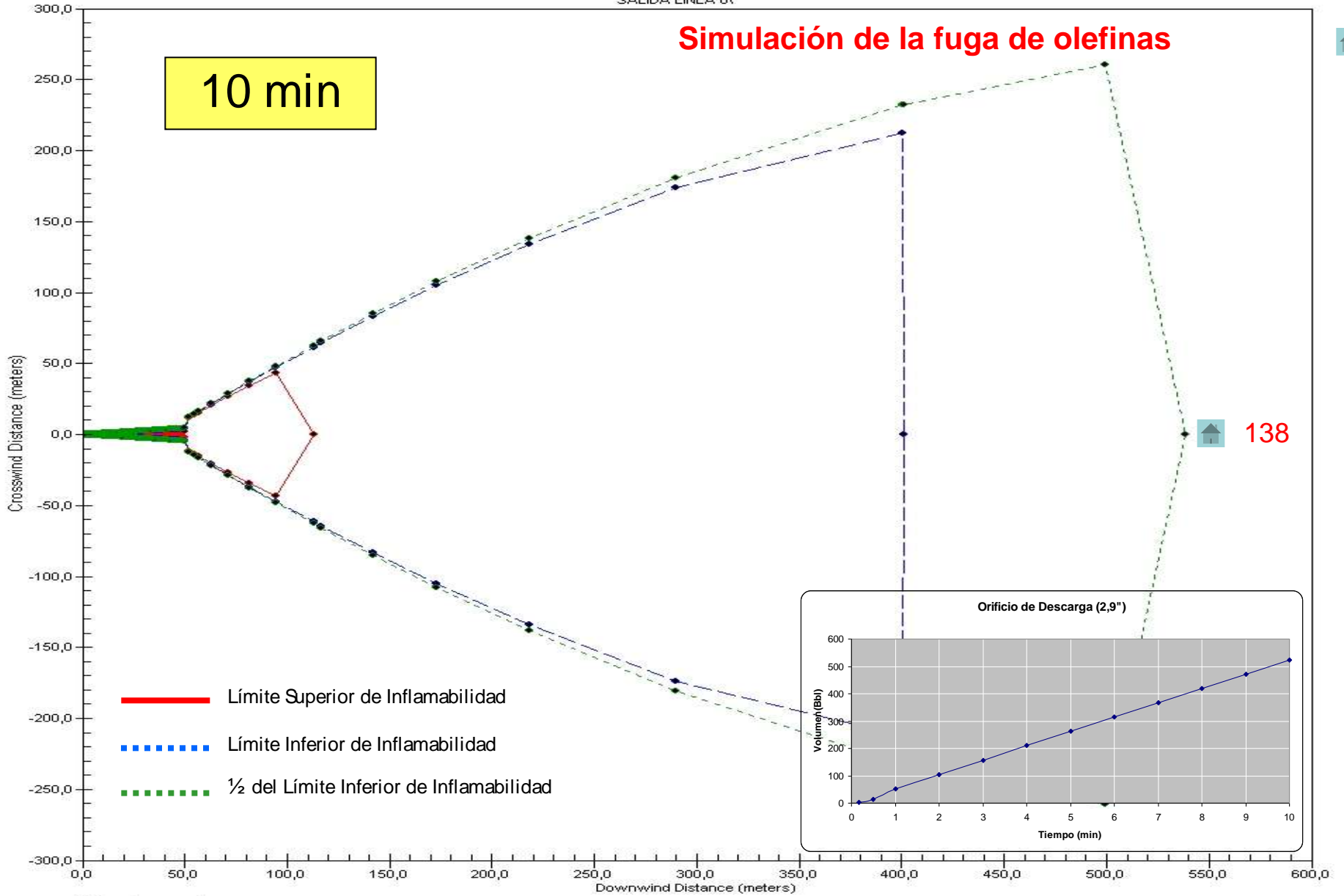
- Límite Superior de Inflamabilidad
- - - Límite Inferior de Inflamabilidad
- . . . ½ del Límite Inferior de Inflamabilidad

- 9.61 mole percent
- - - 1.79 mole percent
- . . . 0.894 mole percent

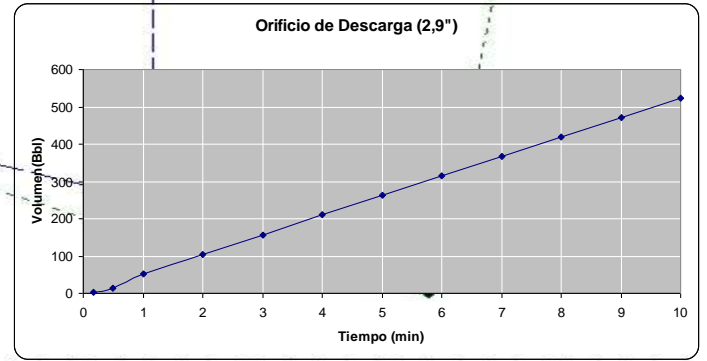


# Simulación de la fuga de olefinas

10 min



— Límite Superior de Inflamabilidad  
- - - Límite Inferior de Inflamabilidad  
. . . ½ del Límite Inferior de Inflamabilidad



— 9.61 mole percent  
- - - 1.79 mole percent  
. . . 0.894 mole percent

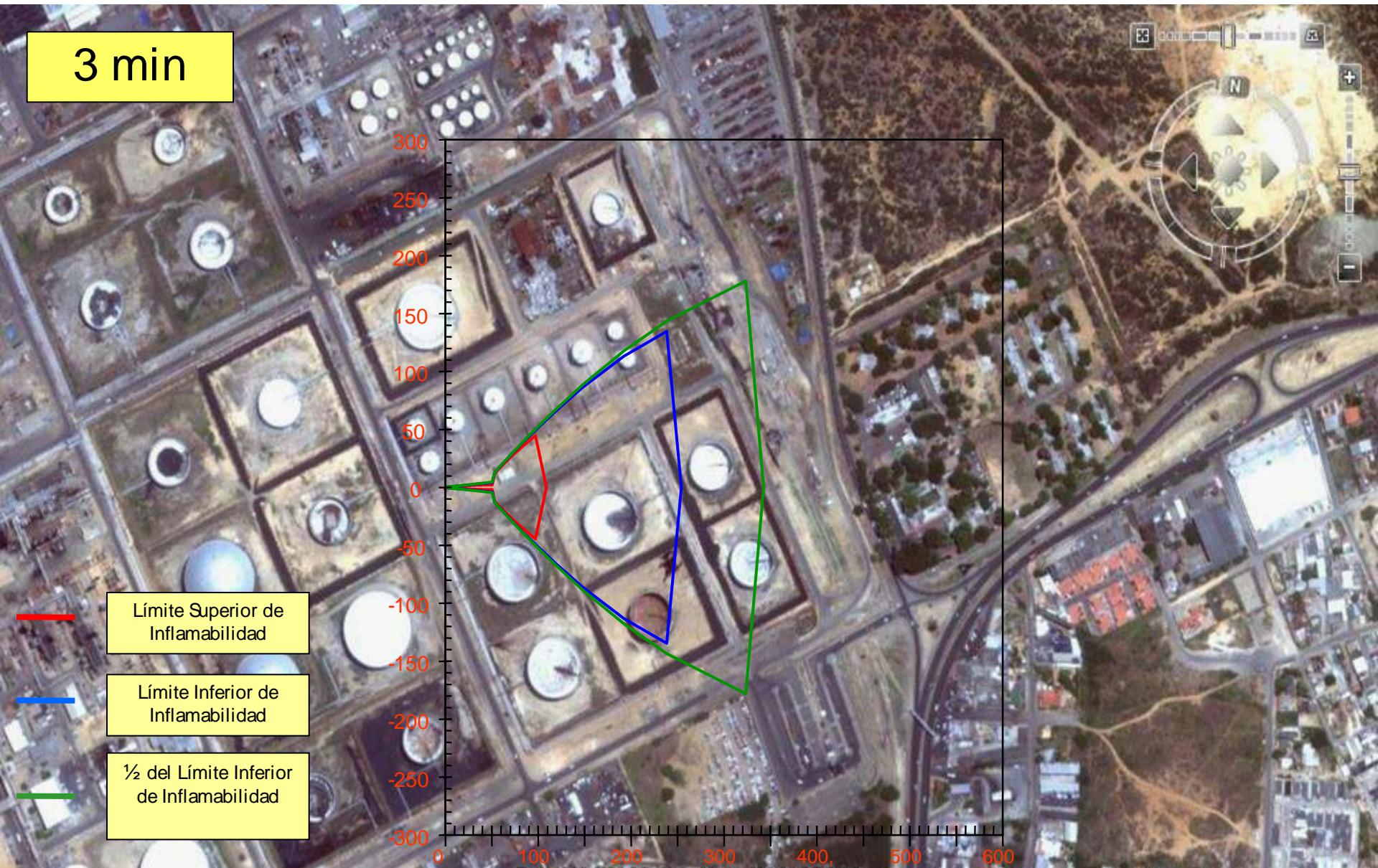
10 Seg

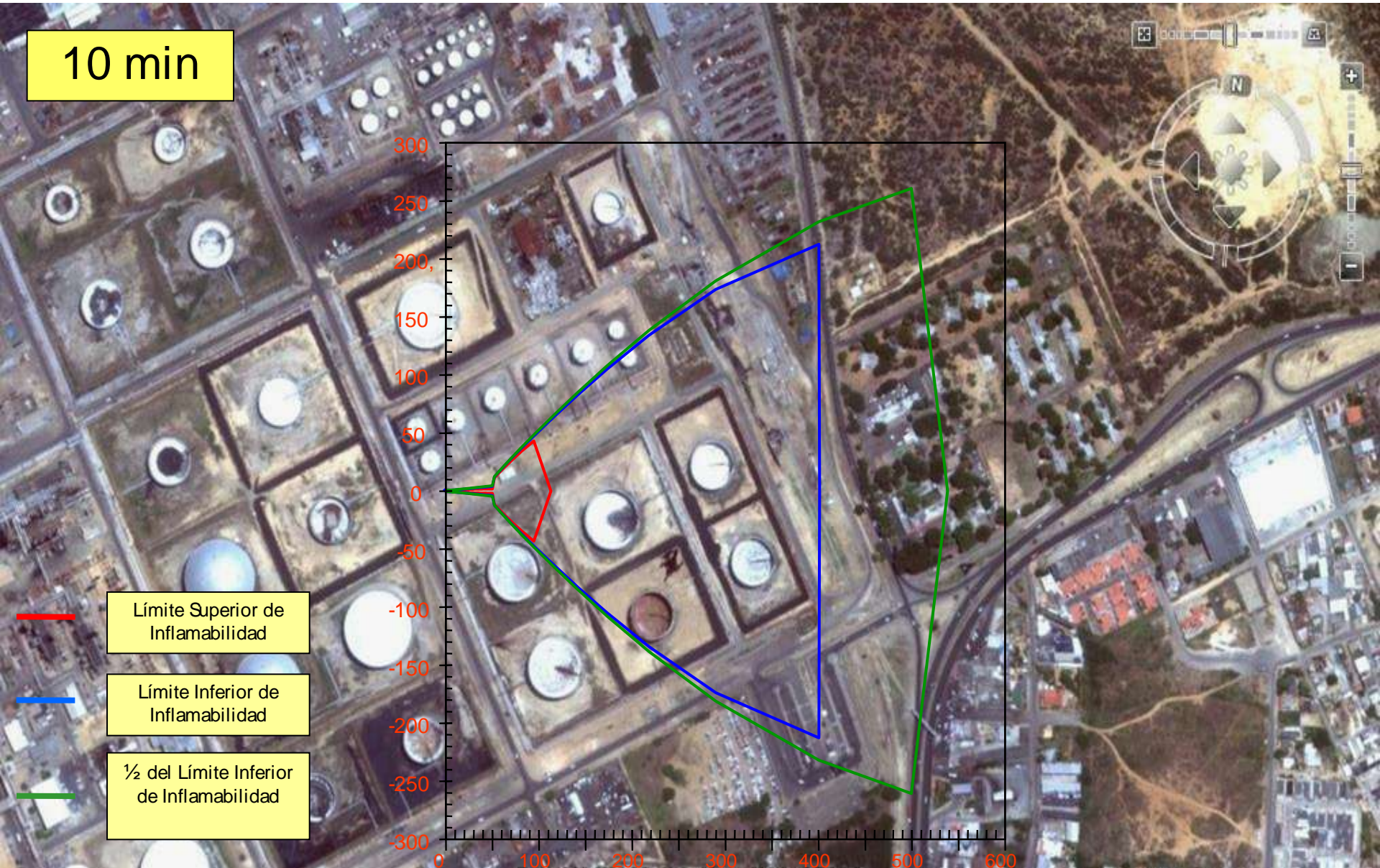


— Límite Superior de Inflamabilidad

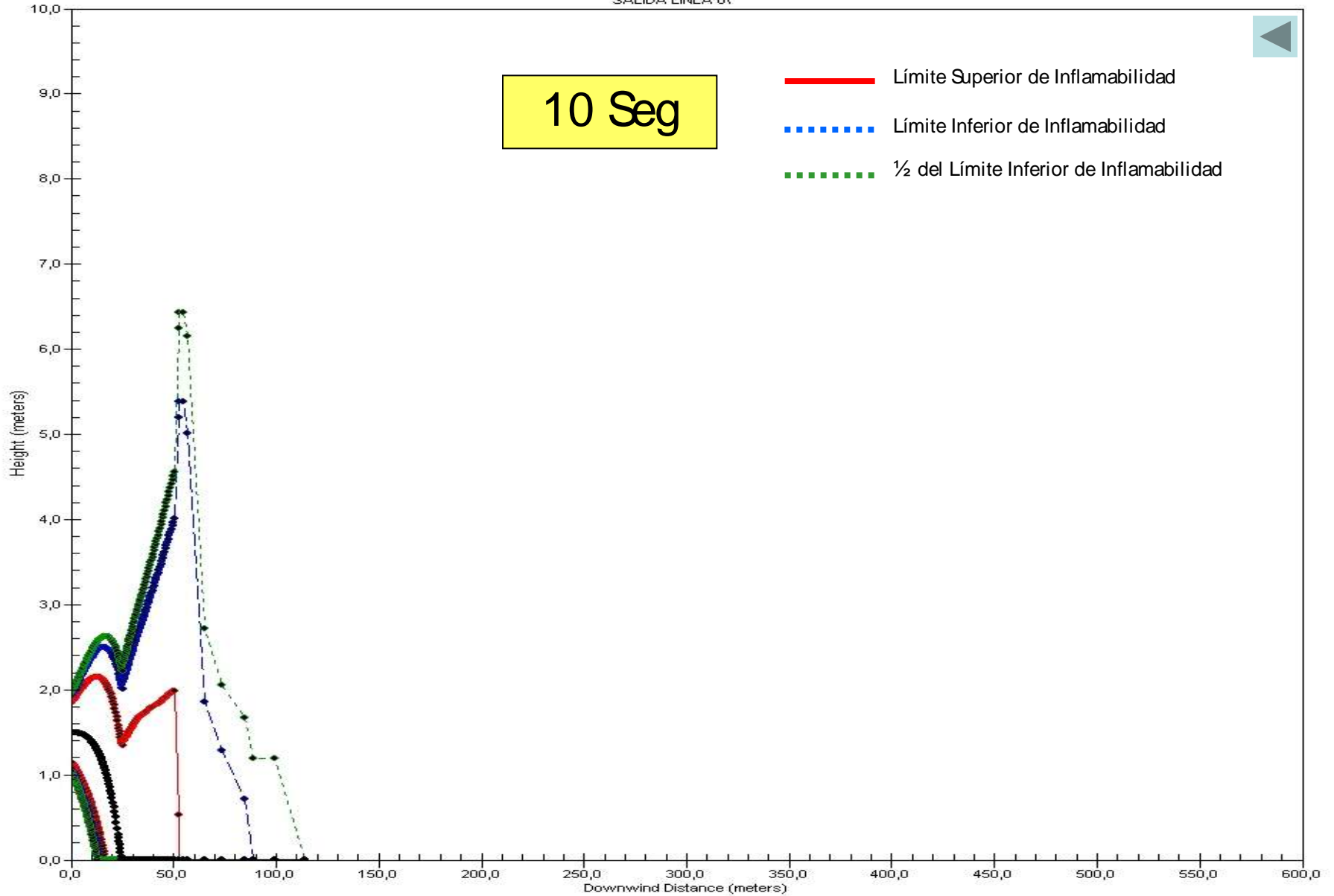
— Límite Inferior de Inflamabilidad

—  $\frac{1}{2}$  del Límite Inferior de Inflamabilidad

**3 min**

**10 min**

10 Seg





# Detalle de espárrago No 2 (enroscado 7 filetes)



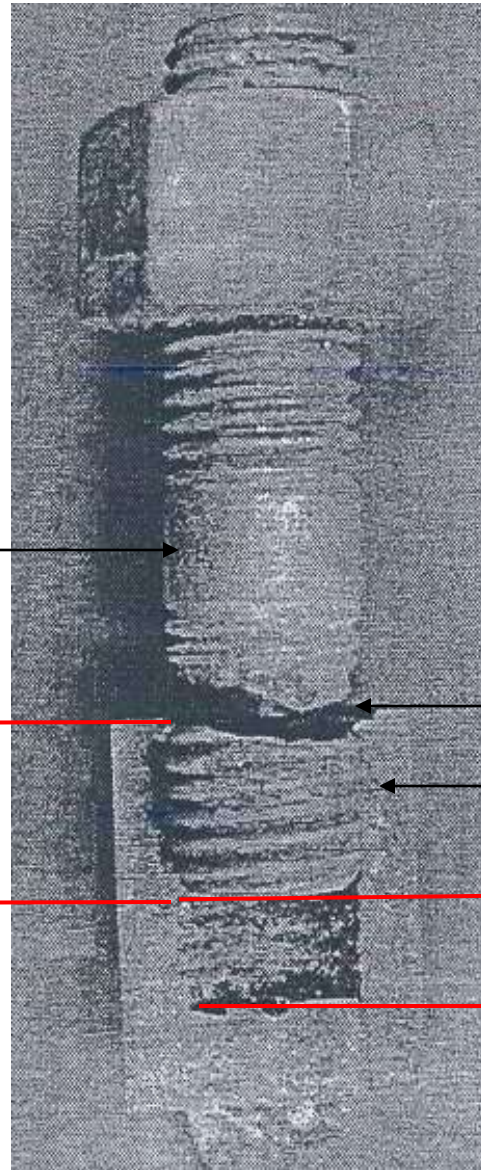
espárrago

**B= 7 filetes**

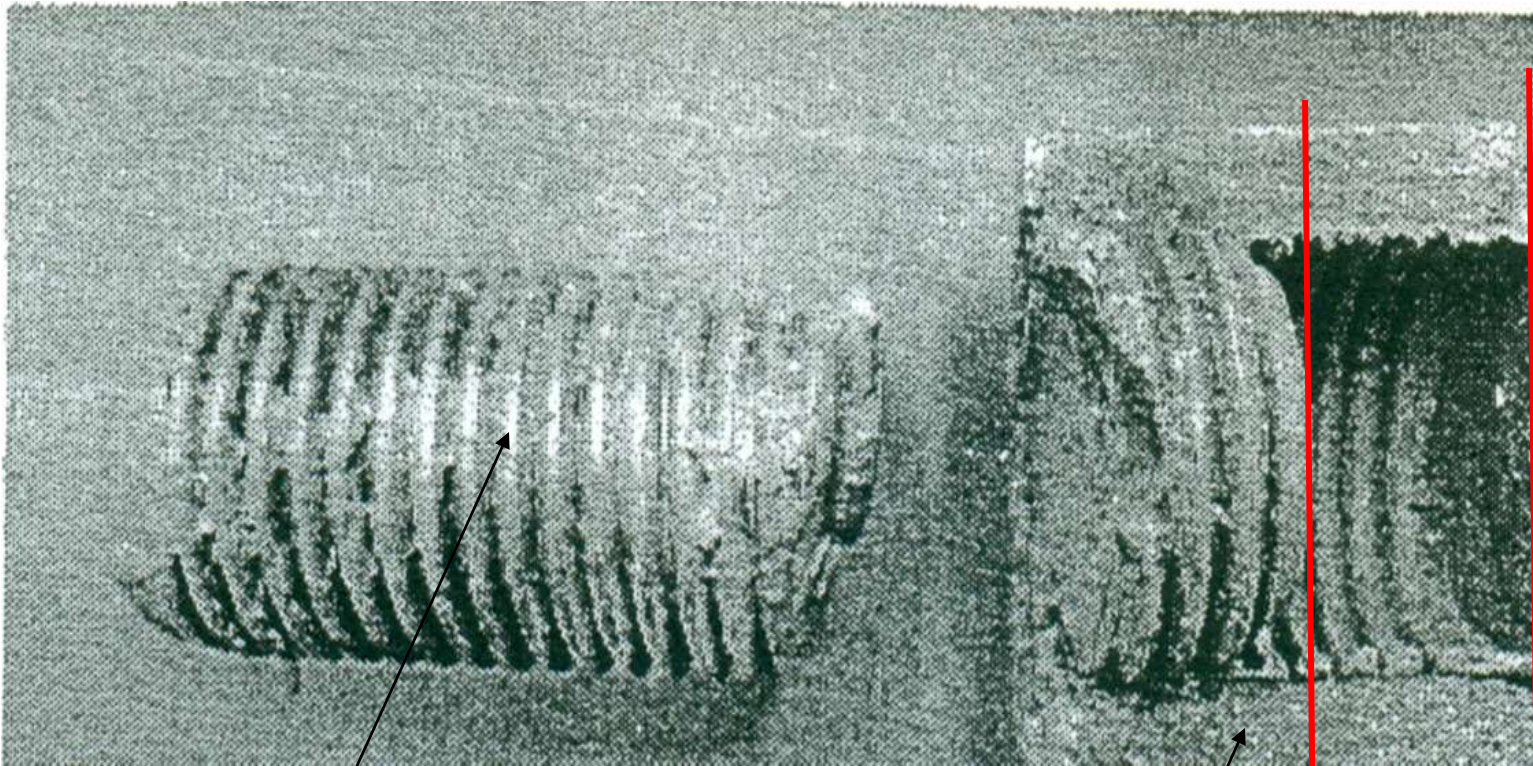
**A=0.45"**

Punto de fractura

brida-base



### Detalle de espárrago No 1 (enroscado 4 filetes)

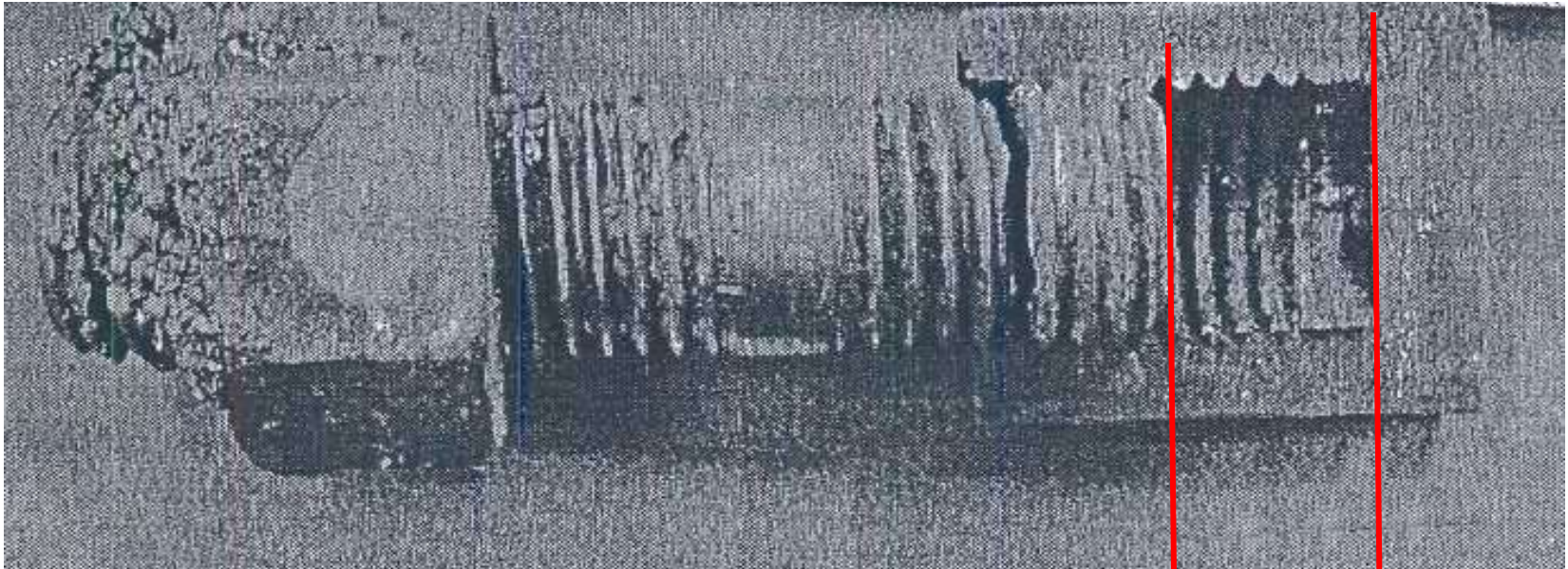


espárrago

A=0.72"

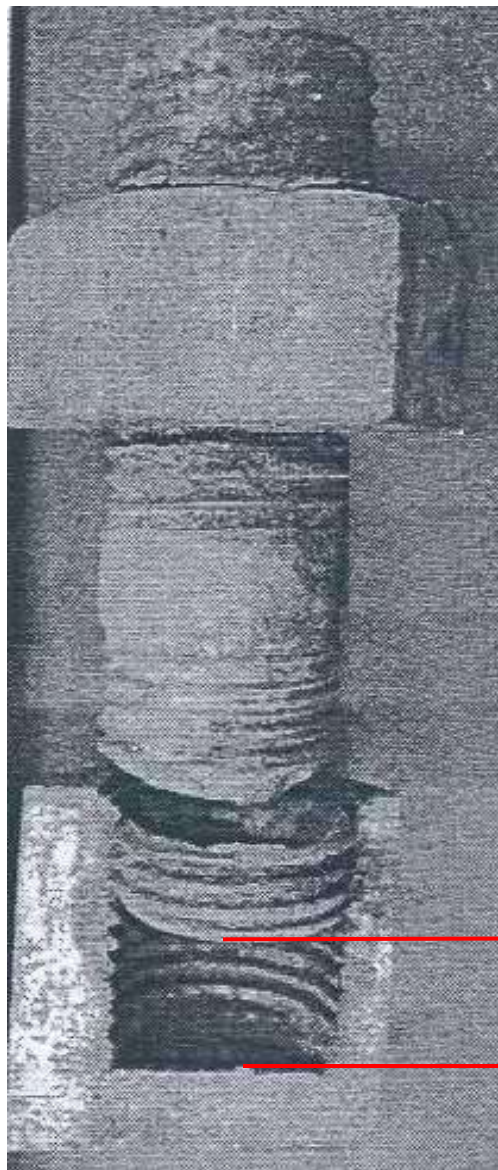
brida-base

# Detalle del espárrago No 3 (enroscado 3 filetes)



A=0.59"

## Detalle del espárrago No 4 (enroscado 3 filetes)



$A=0.73''$

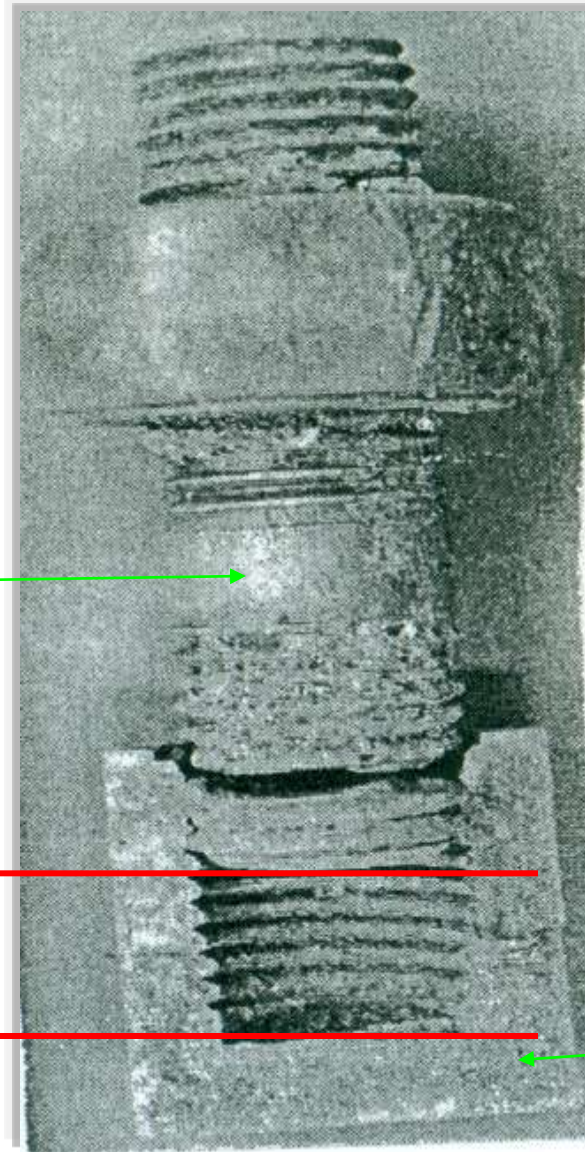
# Detalle del espárrago No 6 (enroscado solo 2 filetes)



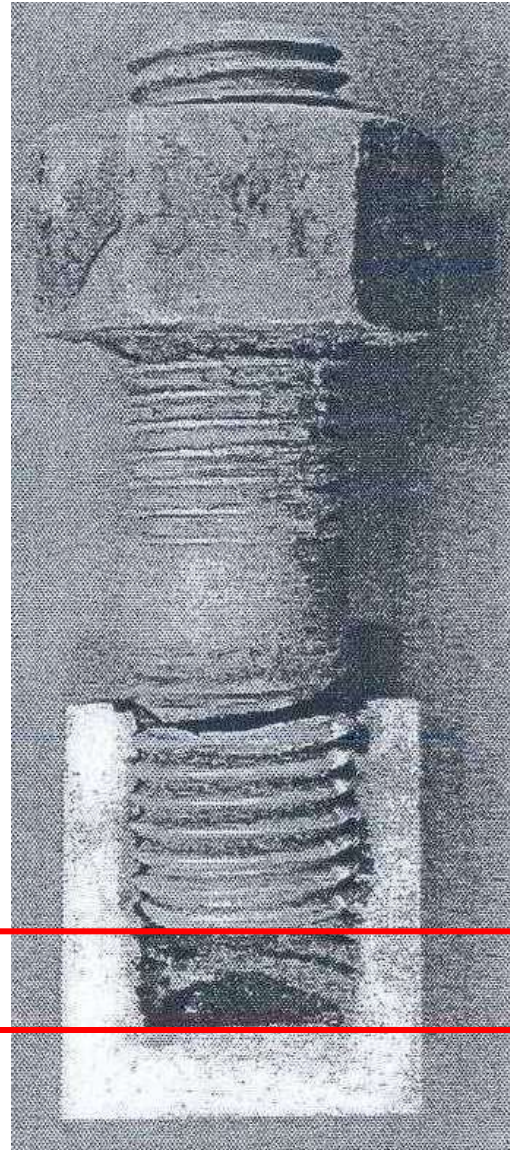
Estándar  
A=0.35”(pulgadas)  
B= 8 filetes o hilos

espárrago

A=0.80”

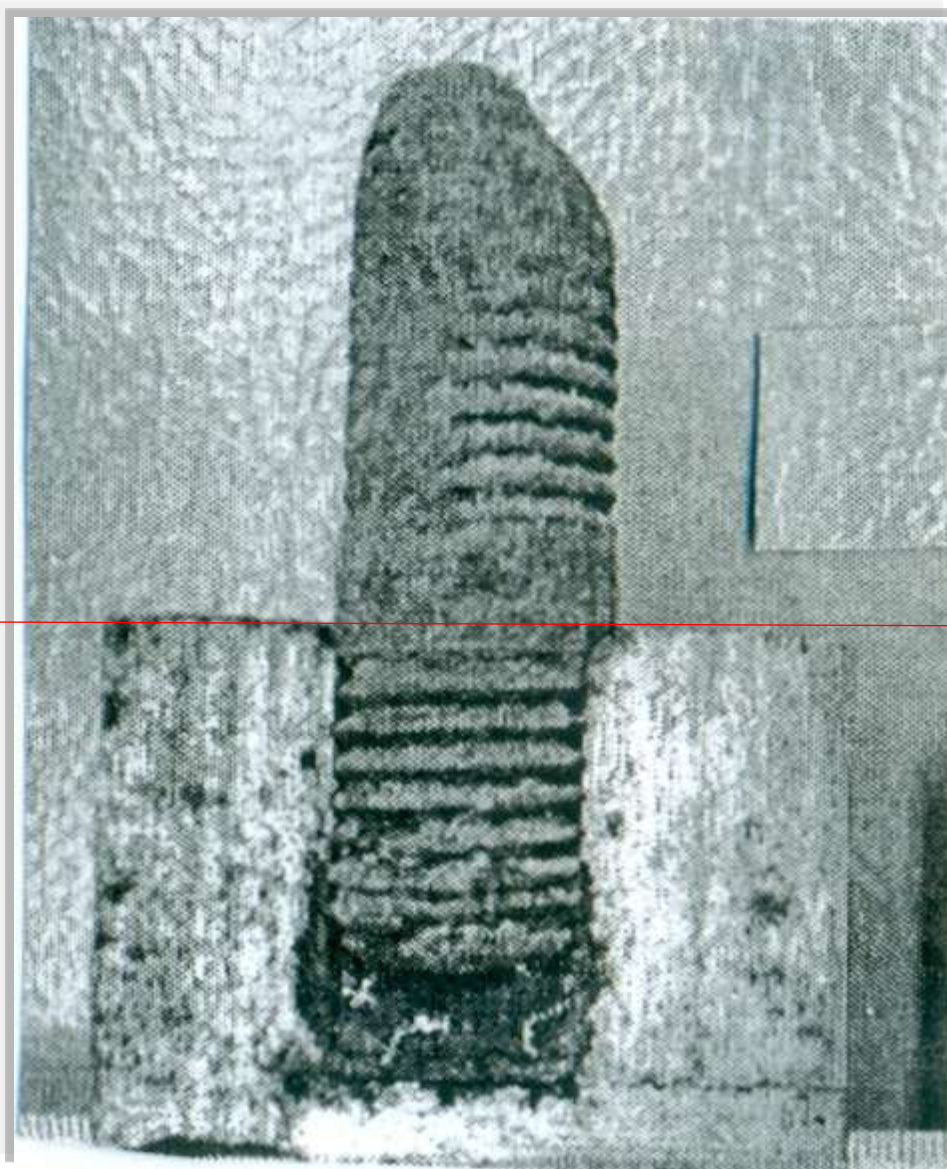
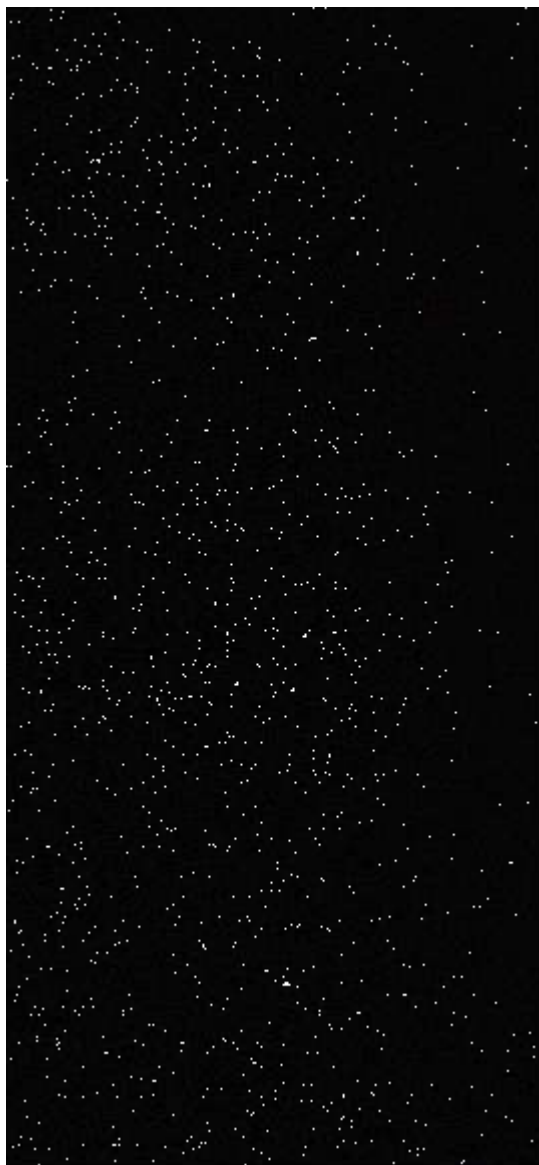


brida-base

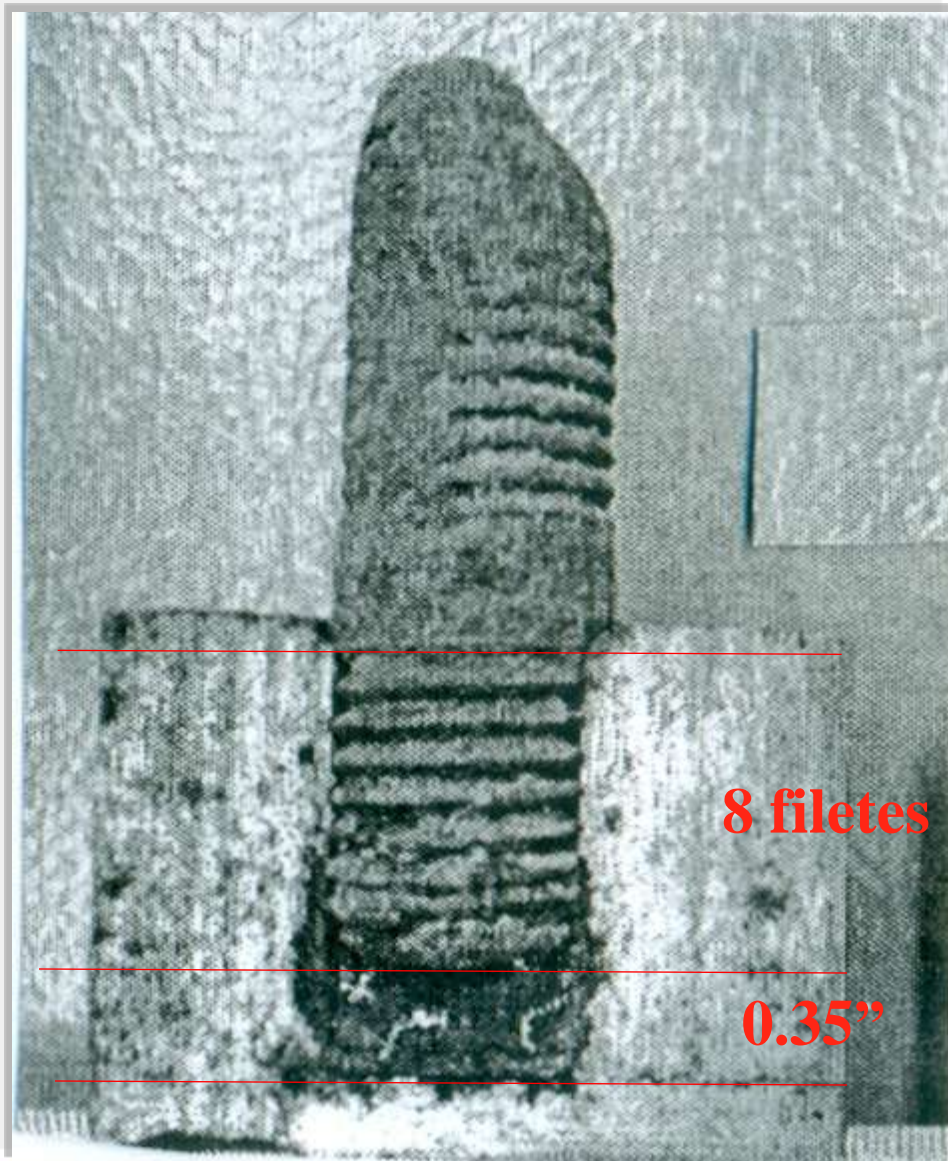


$A=0.30''$

## Detalle del perno No 8 (correctamente enroscado)



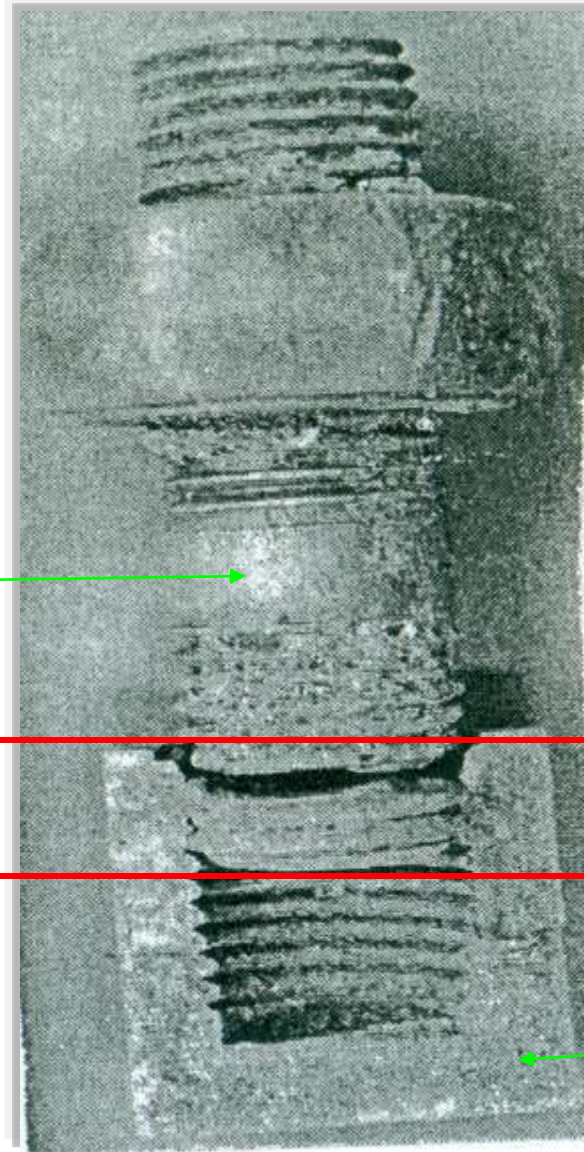
## Detalle del perno No 8 (correctamente enroscado)





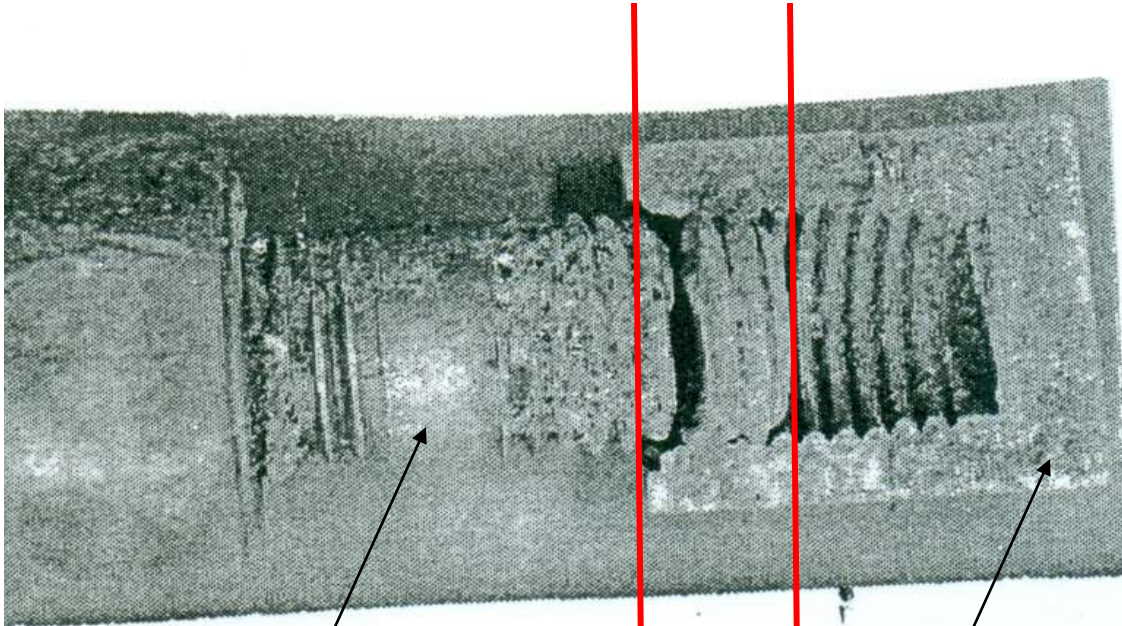
## Detalle de un espárrago enroscado solo 2 filetes

espárrago



brida-base

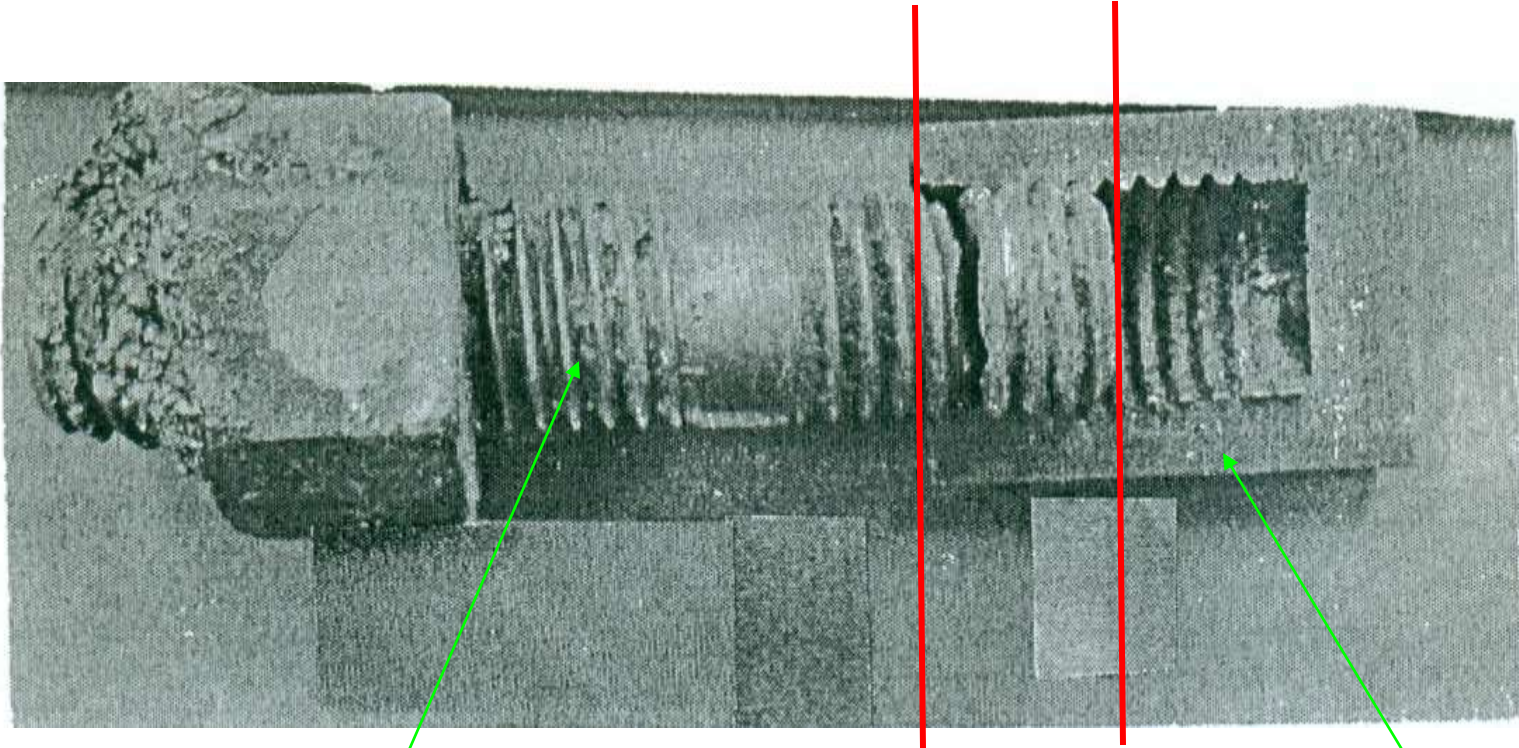
## Detalle de un espárrago enroscado solo 2 filetes



espárrago

brida-base

## Detalle de un espárrago enroscado solo 4 filetes

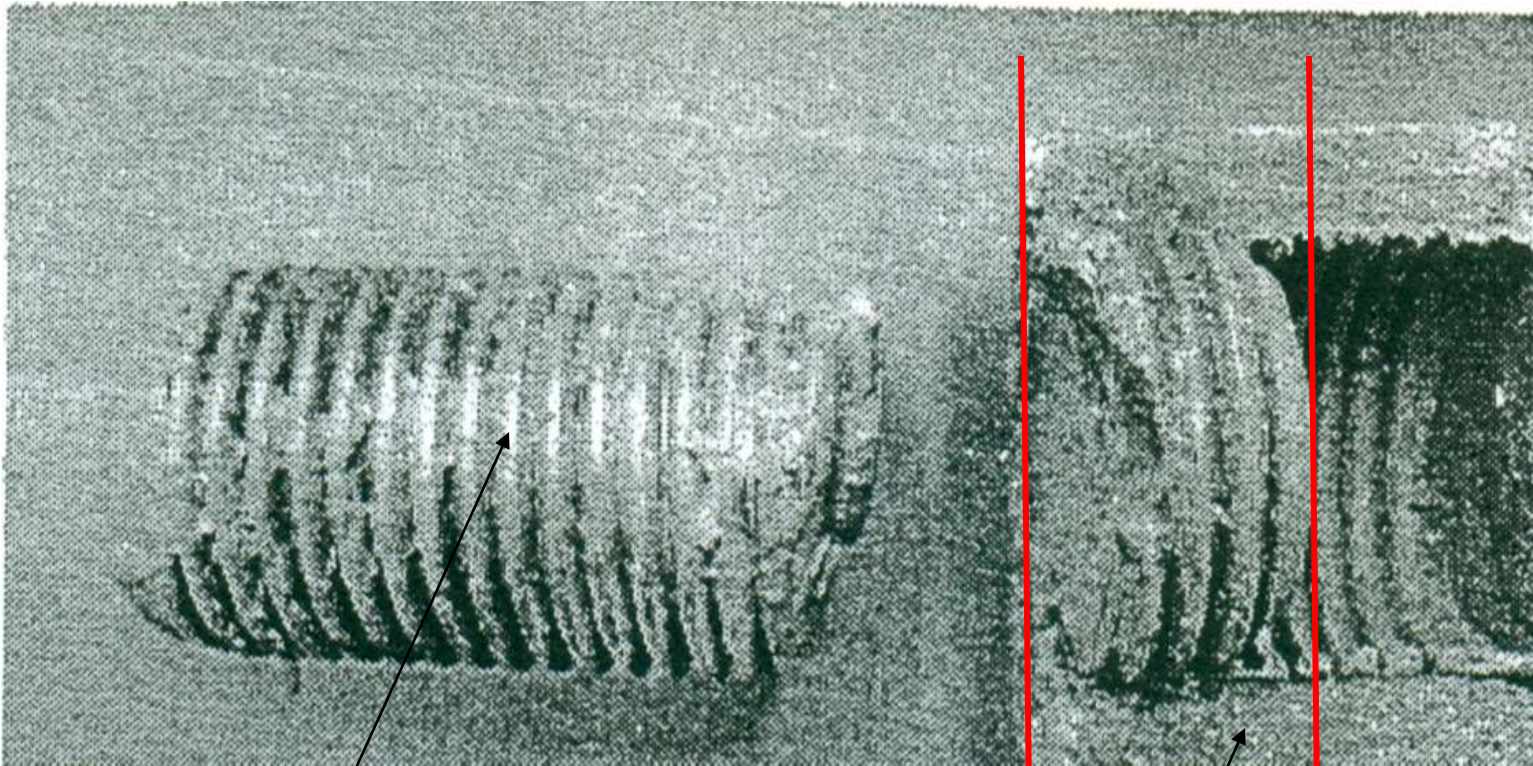


espárrago

brida-base



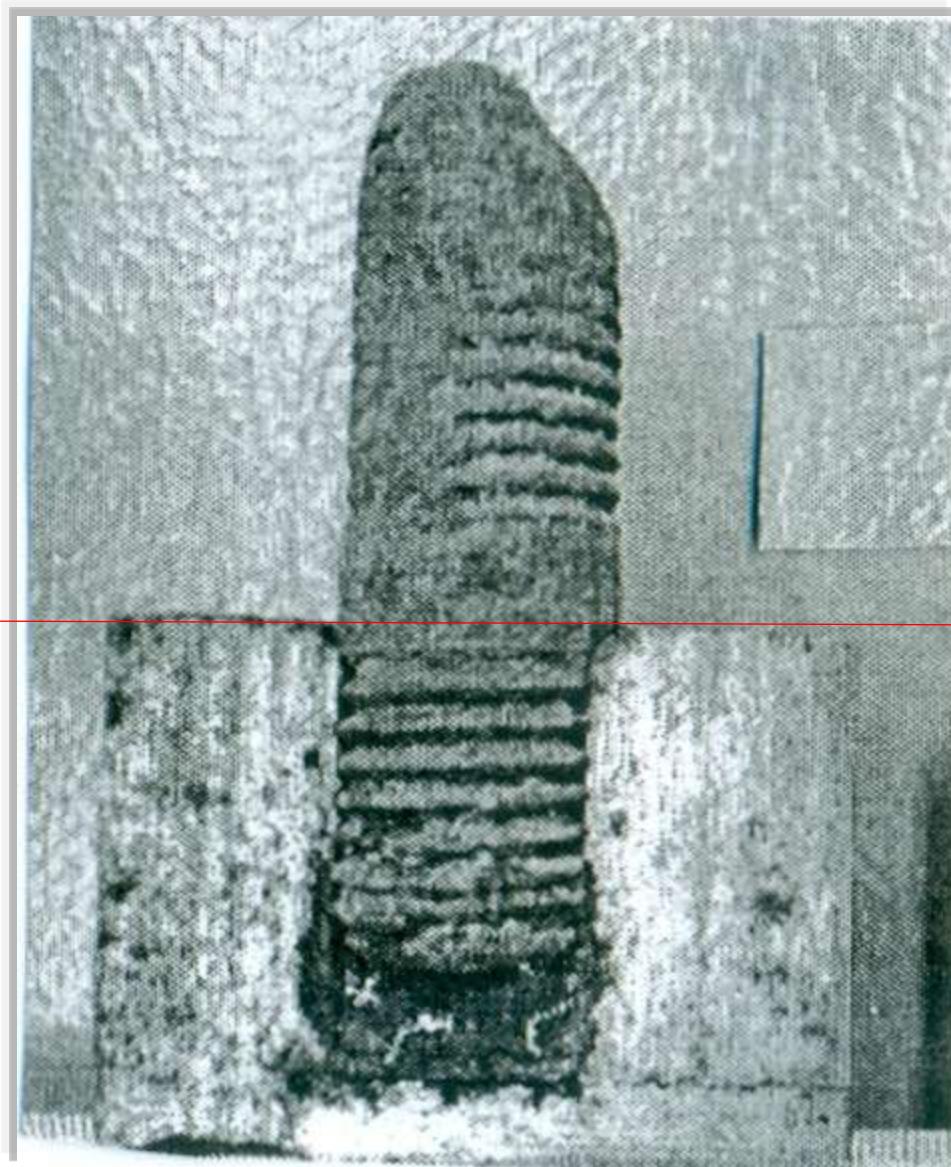
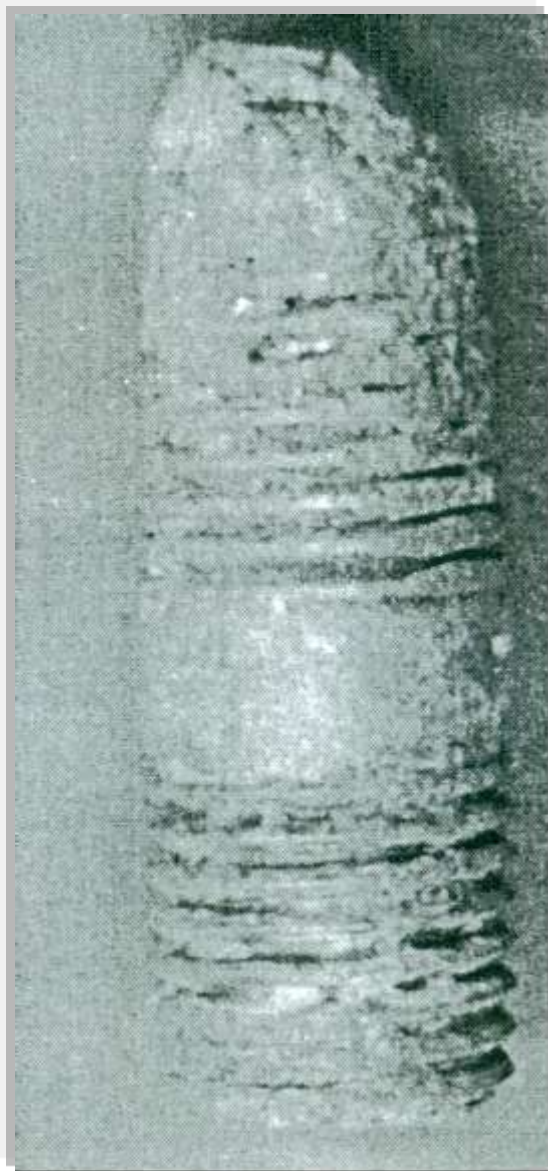
## Detalle de un espárrago enroscado solo 3 filetes



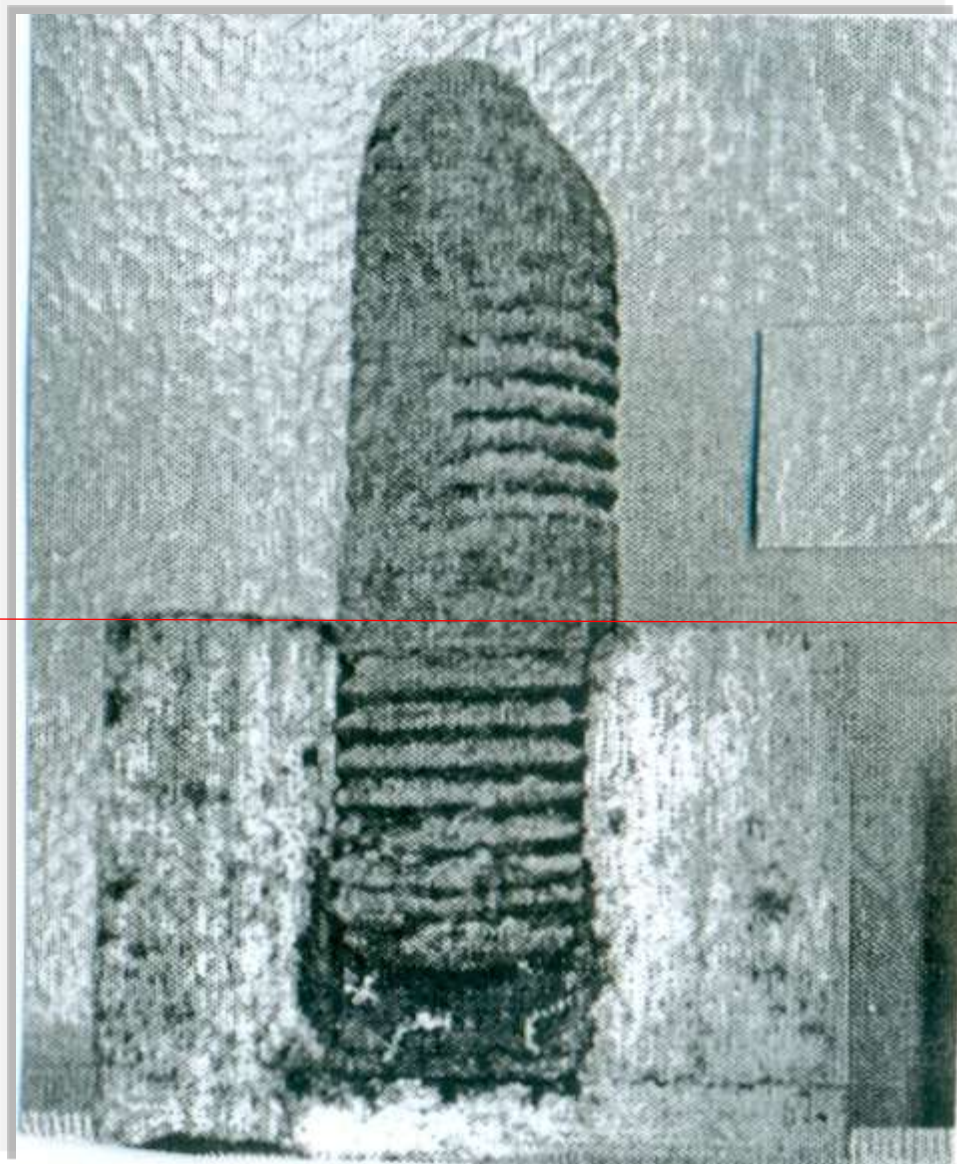
espárrago

brida-base

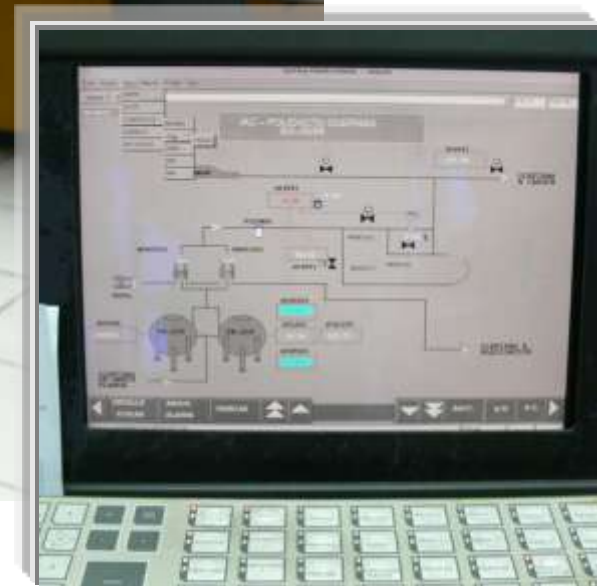
# Detalle del espárrago No 8 (correctamente enroscado)



## Detalle del espárrago No 8 (correctamente enroscado)



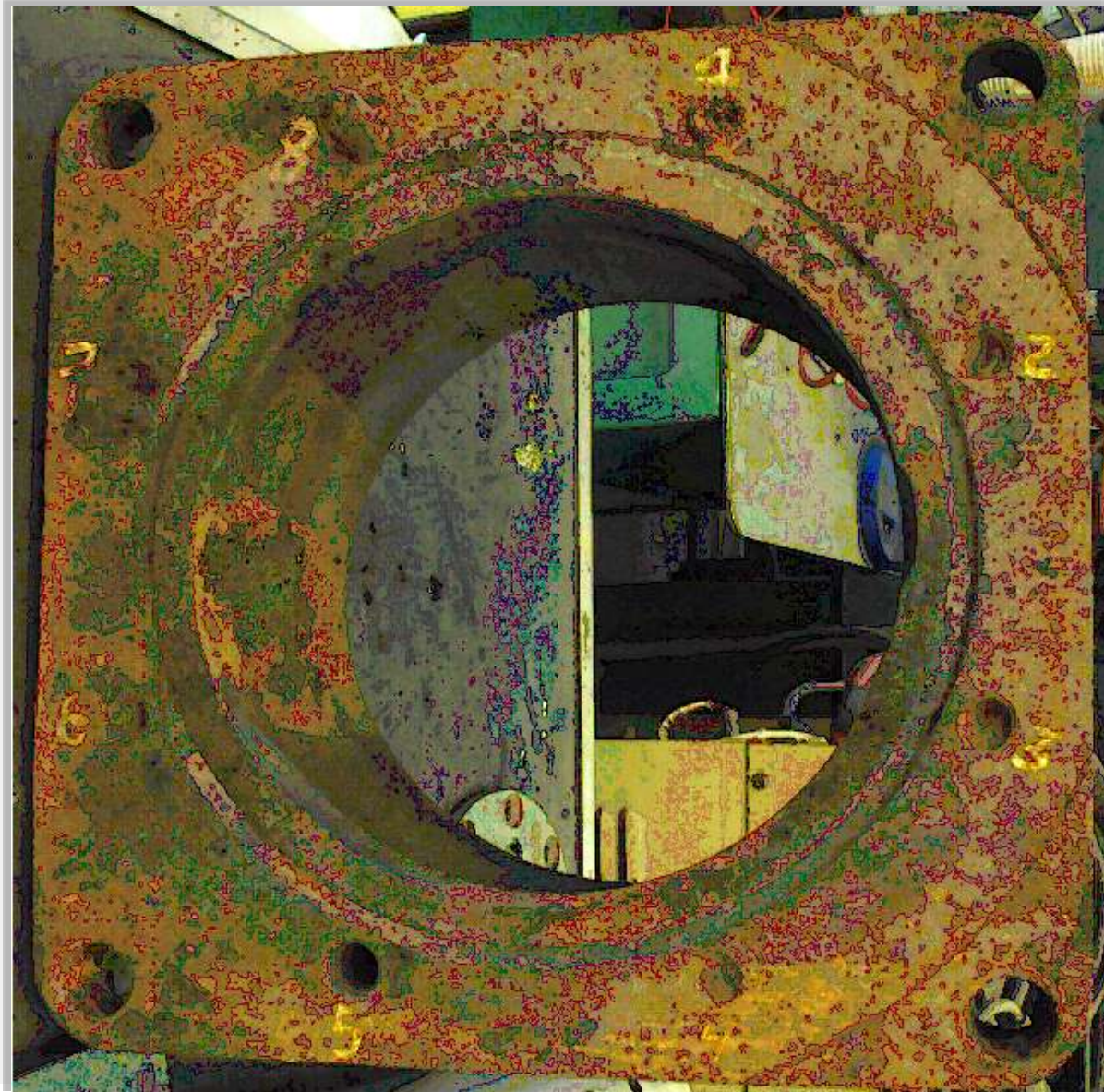
**BRIDA ENTRE PEDESTAL Y CAJA DE SUCCION DE LA BOMBA P-2601  
ENCONTRADA SIN SIETE DE OCHO ESPARRAGOS**





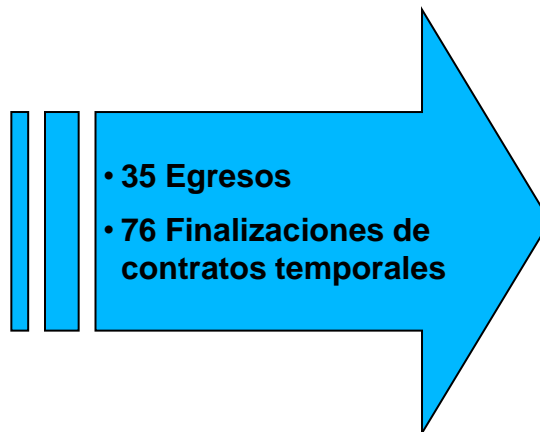
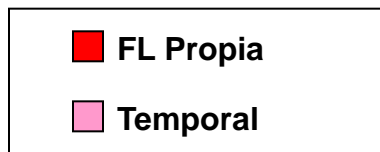
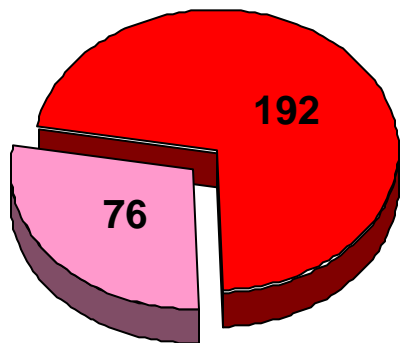
**Brida base : Roscas de las posiciones de espárragos 1 y 5**



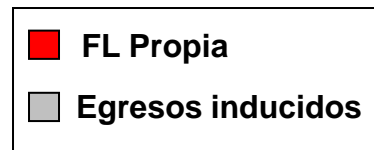
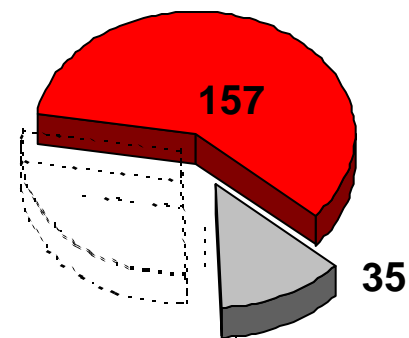




Mecánicos al 01 Diciembre 2002



Mecánicos a Enero 2003



**Antes del Paro Diciembre 2002**  
192 Mecánicos Permanentes



**Edad Promedio: 40,93 Años**  
**Exp. Promedio: 14,63 Años**  
**Exp. Acumulada: 2.809 Años**

**Después del Paro Diciembre 2002**  
157 Mecánicos



**Edad Promedio: 41,23 Años**  
**Exp. Promedio: 14,95 Años**  
**Exp. Acumulada: 2.348 Años**

**Agosto 2013**  
293 Mecánicos



**Edad Promedio: 46,01 Años**  
**Exp. Promedio: 16,78 Años**  
**Exp. Acumulada: 4.918 Años**

**Pernos No 12  
de 5/8" F=13690**



**Area Transversal**

**0.31 Pulg2**

**Fuerza (Lbf)**

**13690**

**Esfuerzo (psi)**

**44161**

**Espárragos No. 7  
3/4" F=4689**



**0.44 Pulg2**

**4689**

**10657**

**Espárragos No 9  
de 1" F=5336**

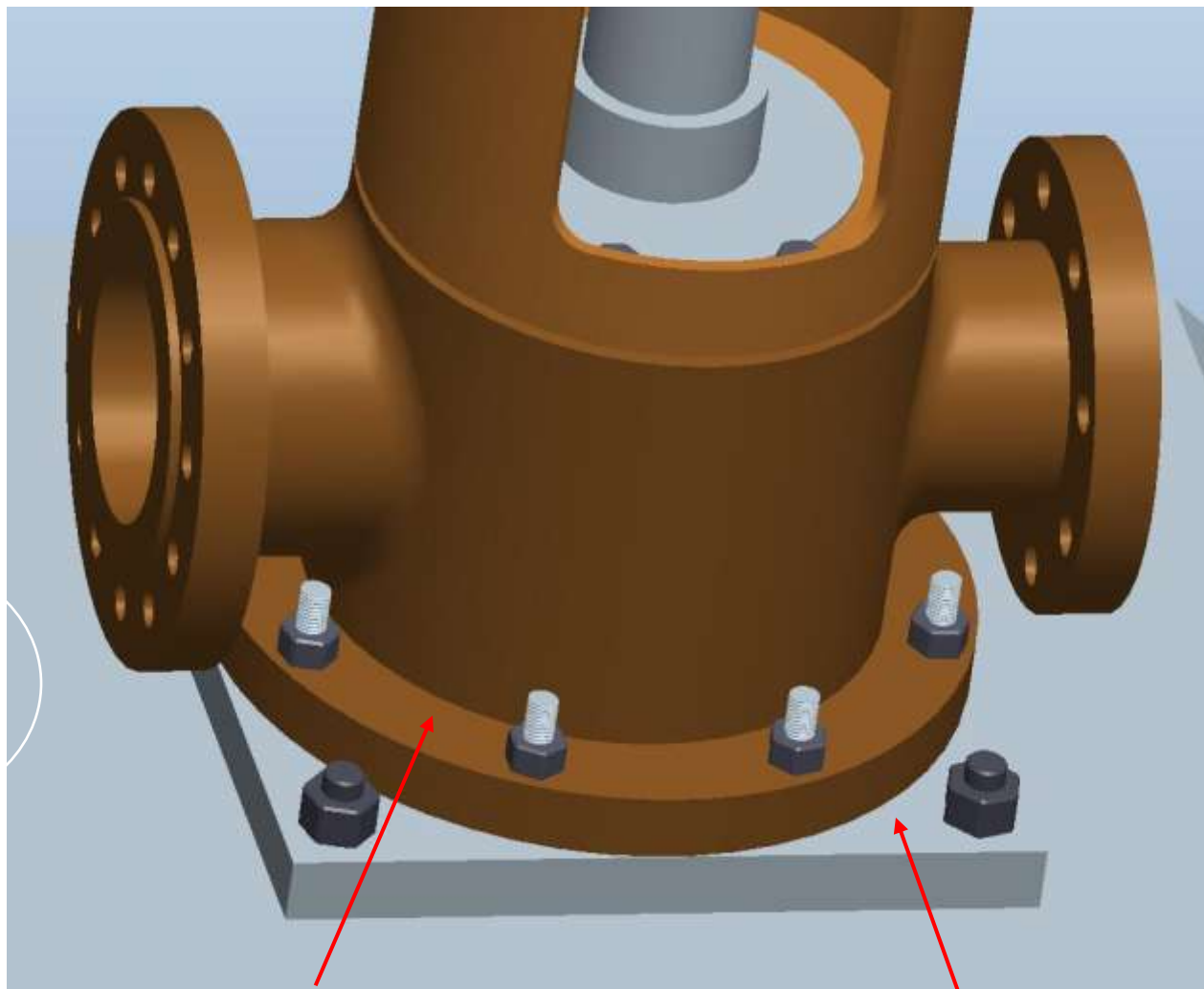


**0.79 Pulg2**

**5336**

**6797**

**Detalle sobre la brida entre el cabezal de la bomba y su pozo de succión**



**Brida de la Bomba**

**Brida Base del pozo de succión de la Bomba**

Muestra N°6. Línea de Olefinas del TK-208 a la Succión de las P-1601/P-2601 / P-200 A-B-C



Muestra N°7. Línea de Descarga de la P-1601 /P-2601 – Olefinas a Refinería Cardón.





**BRIDA ENTRE PEDESTAL Y CAJA DE SUCCION DE LA BOMBA P-2601  
ENCONTRADA SIN SIETE DE OCHO ESPARRAGOS**

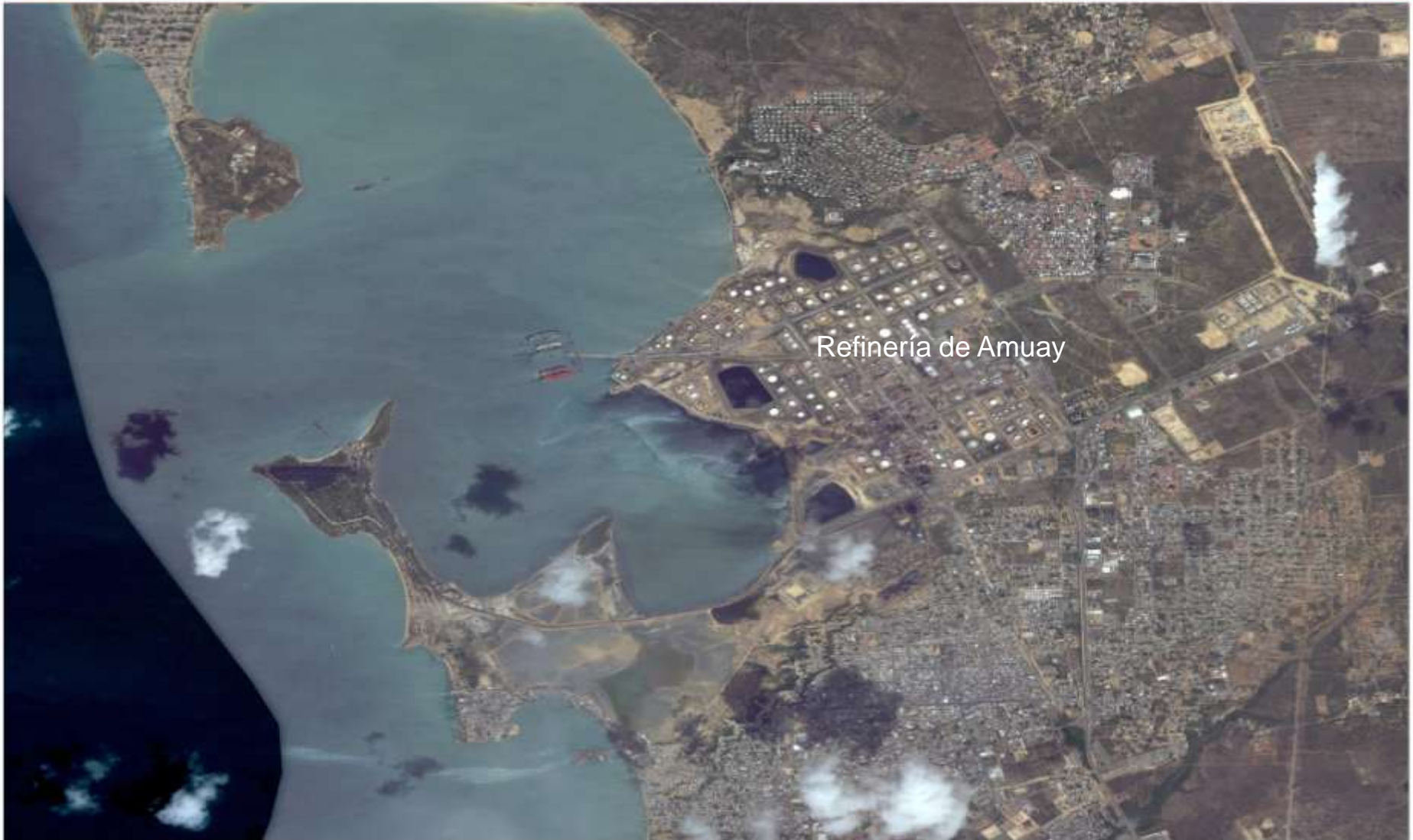


# MAPA DE VENEZUELA-ESTADO FALCÓN











Refinería de Amuay









- COVENIN – Comisión Venezolana de Normas Industriales
- ISMC – International Society for Measurement and Control
- IEC– International Electrotechnical Commission
- CCPS – Center for Chemical Process Safety
- API – American Petroleum Institute
- ISA – Instrument Society of America
- NFPA – National Fire Protection Association
- International Standards Organization
- IEC – International Electrotechnical Commission
- ISO 9001:2000 “Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos”.
- ISO 14001:2004 “Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos”.
- OHSAS 18001:2007 “Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional”



- Inspecciones Gerenciales (frecuencia semanal).
- Inspecciones SIHO por Área de Responsabilidad (frecuencia semanal).
- Auditorias al Sistema de Permisos de Trabajo.
- Auditorias de Actividades de Izamiento de Cargas.
- Inspecciones a las Salas de Control y revisión de registros de desviaciones en los sistemas de protección.
- Auditorias de Revisiones Pre Arranque (RPA).
- Seguimiento a las investigaciones de accidentes (frecuencia Semanal).
- Toda actividad de riesgo en planta cuenta con cobertura de bomberos.
- Monitoreo diario de las atmósferas peligrosas en todos los espacios confinados, antes de autorizar el ingreso de personal a estos espacios.
- Monitoreo a las comunidades para conocer afectación por gases tóxicos y tomar acciones operacionales para mitigar los efectos.
- Seguimiento a condiciones inseguras mediante inspecciones a planta.

El Canary es una aplicación diseñada por la empresa Quest Consultant que permite la simulación de eventos de incendios de piscinas de líquidos inflamables o combustibles, incendios de gases o vapores inflamables escapando de recipientes o tuberías presurizados, explosión de nubes de gas o vapor inflamables, explosión de vapores en expansión de líquidos en ebullición y dispersión de gases o vapores tóxicos o inflamables producto de fugas de recipientes o tuberías.

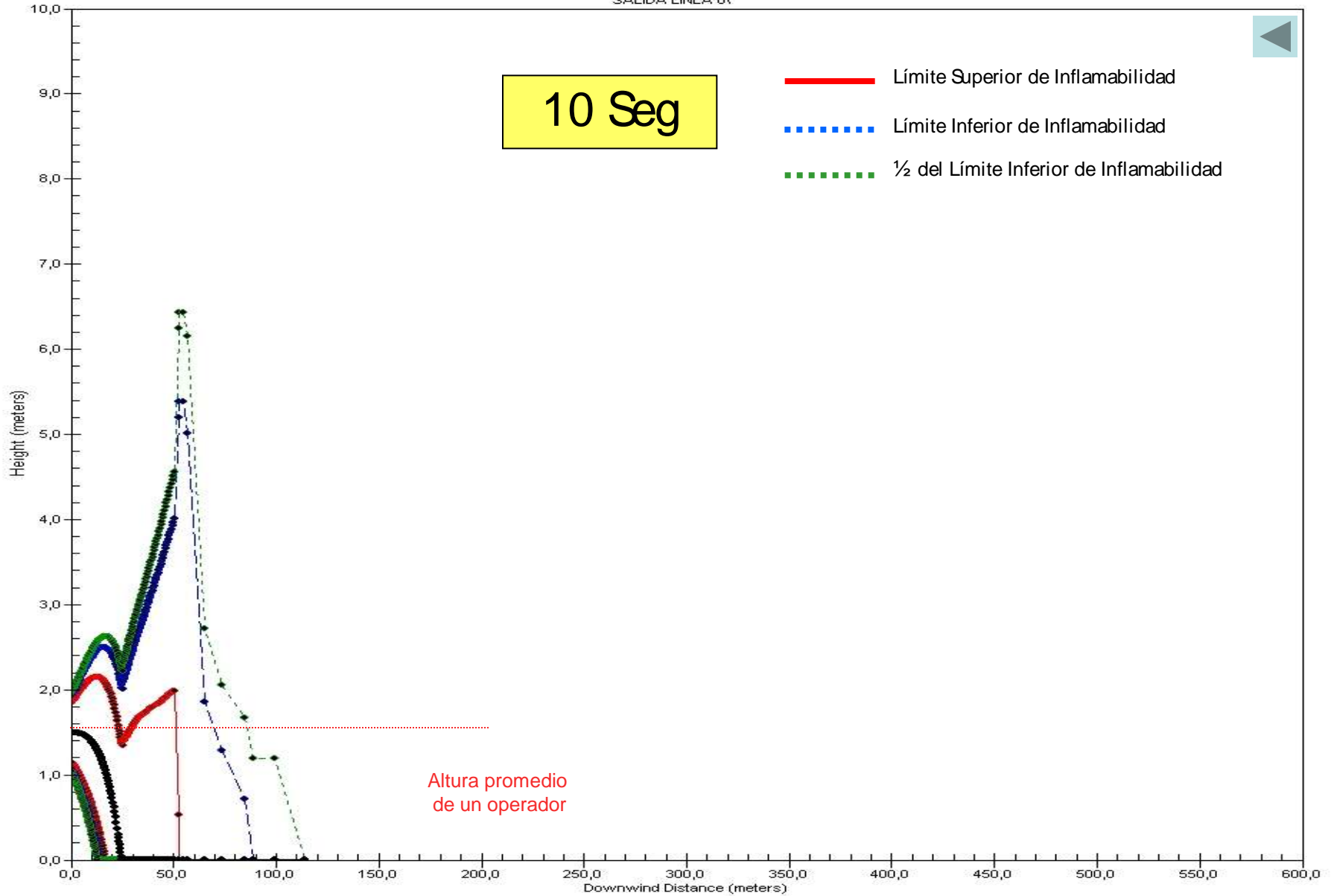
El Canary, a través de modelos empíricos de cálculo, predice dentro de un margen de error razonable el alcance de los efectos sobre las personas y equipos de las consecuencias de eventos no deseados.

## **Aplicaciones**

Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos de las instalaciones industriales y corredores de tuberías a fin determinar su nivel de riesgo y ser comparados con los criterios de tolerancia establecidos por PDVSA; y dimensionar las zonas de seguridad por eventos de pérdida.

Determinar las consecuencias potenciales de los eventos no deseados con el objeto de realizar los planeamientos previos para el control de emergencias, estimar los recursos necesarios para el control de emergencias, evaluar la ubicación de instalaciones, equipos y edificaciones en las áreas de proceso y su entorno, y ubicar los corredores de desalojo y zonas de concentración.

10 Seg



— 9.61 mole percent  
- - - 1.79 mole percent  
· · · 0.894 mole percent

Altura promedio  
de un operador



## Procedimiento para intervención de equipos para mantenimiento

1. La persona que va a intervenir el equipo, solicita permiso de trabajo correspondiente (en frío, caliente, eléctrico, etc)
2. Supervisor de operaciones hace inspección del equipo y área de la intervención y emite permiso escrito
3. La intervención es registrada en el libro de guardia de operaciones (LIGOR).
4. Al finalizar la intervención del equipo, el supervisor de operaciones inspecciona el área y el trabajo realizado.
5. El supervisor de operaciones cierra el permiso de trabajo firmándolo y solicitando la firma del interventor del equipo o de su supervisor.