

- 5 implementar una metodología que permita evaluar el riesgo de falla o daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.

Así, la presente invención describe la metodología para evaluar el riesgo de falla basado en la ocurrencia de daño o ruptura de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa con refuerzo metálico o no-metálico, para aplicación en sistemas de producción y de

10 inyección para servicio de fluidos multifásicos de la industria del petróleo y gas, así como en las consecuencias que desde el punto de vista de afectación a personas, ambiente, económica clientes y reputación podrían materializarse si ocurriera el evento de falla o daño de la tubería enrollables de materiales compuestos multi-capa. La metodología de la presente invención también incluye un plan de acción para mitigar daños en tuberías

- 15 enrollables de materiales compuestos multi-capa.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

Figura 1. Eventos de daño potenciales en tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.

- 20 **Figura 2.** Matriz de nivel de riesgo. La intersección del valor numérico obtenido en el resultado del análisis de la posibilidad de daño por cada evento con el máximo valor numérico obtenido en el análisis de la consecuencia en la matriz, determina el nivel de riesgo de acuerdo a la clasificación: N (Despreciable), L (Bajo), M (Medio), H (Alto), VH (Muy Alto).

- 25 **Figura 3.** Interfaz del módulo de soporte lógico para acceder a los sub-módulos: Líneas de Flujo y Líneas de Inyección.

Figura 4. Interfaz del módulo de soporte lógico de reporte de resultados de evaluación del riesgo.

- Figura 5.** Interfaz del módulo de soporte lógico de reporte de resultados de evaluación del riesgo para la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa analizada en Ejemplo 1.
- 30

Figura 6. Interfaz del módulo de soporte lógico con selección de plan sugerido para reducir el riesgo obtenido por la aplicación de la metodología en Ejemplo 1.

5

DESCRIPCIÓN GENERAL

La metodología para la evaluación del riesgo de daño de las tuberías enrollables de materiales compuestos multi-capa para servicio de producción y de inyección en la industria del petróleo y gas comprende las siguientes etapas: i) identificación, selección y definición de eventos que generan daño a la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa, ii) identificación de las variables críticas asociadas a cada evento potencial y determinación del peso para cada variable, iii) definición y análisis de los parámetros relevantes relacionados a cada variable, iv) evaluación de la posibilidad de daño en la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por cada evento potencial, v) valoración de la consecuencia asociada a la posibilidad de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa, vi) evaluación del riesgo como producto de la posibilidad de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por la consecuencia o afectación para cada evento y vii) definición del plan de acción en función del riesgo de daño.

20

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La descripción detallada de cada una de las etapas de la metodología para la evaluación del riesgo de daño de las tuberías enrollables de materiales compuestos multi-capa para servicio de producción y de inyección en la industria del petróleo y gas son:

25

ETAPA 1: identificación, selección y definición de eventos que generan daño a la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.

Teniendo como base los materiales y diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa, el entorno de aplicación (enterrada seca, enterrada con nivel freático, aérea, aérea encamisada, etc.), las referencias normativas y prácticas recomendadas alrededor de esta tecnología; se definen los siguientes eventos para la evaluación del riesgo de daño:

- Evento que genera daño relacionado con el Diseño y Fabricación.
- Evento que genera daño relacionado con el Almacenamiento y Transporte.
- Evento que genera daño relacionado con la Instalación.
- Evento que genera daño durante la Operación.
- Evento que genera daño relacionado con Terceros o Externos a la compañía.
- Evento que genera daño relacionado con Geotecnia y Causas Naturales, Figura 1.

40

5 **ETAPA 2: identificación de las variables críticas asociadas a cada evento potencial y determinación del peso para cada variable.**

En esta etapa se define para cada uno de los eventos de daño las variables de acuerdo a su impacto en el desempeño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en el corto, mediano y largo plazo, asignando un peso entre 1 a 100 %, donde la suma total de los pesos de las variables no supere el 100 %.

Las variables definidas para el evento que genera daño relacionado con el Diseño y Fabricación son:

- Calidad (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- Diseño (peso entre 50 % a 70 %), preferencialmente 70 %) y
- 15 • Trazabilidad y certificaciones de calidad (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %).

La variable definida para el evento que genera daño relacionado con el Transporte y Almacenamiento es:

- 20 • Daños y deformaciones en la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso de 100%).

Las variables definidas para el evento que genera daño relacionado con la Instalación son:

- Condiciones del suelo (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- Parámetros de instalación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 30 % a 40 %), preferencialmente 40 %),
- 25 • Prueba de verificación hidrostática (peso entre 10% a 20 %, preferencialmente 20 %) y,
- Señalización externa del trazado de la tubería (peso entre 10% a 20 %, preferencialmente 20 %).

Las variables definidas para el evento que genera daño durante la Operación son:

- 30 • Condiciones Operacionales y del fluido (peso entre 40 % a 60 %, preferencialmente 60 %)
- Monitoreo e inspección (peso entre 30 % a 40 %), preferencialmente 40 %).

Las variables definidas para el evento que genera daño relacionado con Terceros o Externos a la Compañía son:

- 35 • Infracción al Derecho de vía o de trazado (peso entre 60 % a 80 %, preferencialmente 80 %)
- Sabotaje (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %).

La variable identificada definida para el evento que genera daño relacionado con Geotecnia y Causas Naturales es:

- 5 • Condiciones geográficas del terreno (peso de 100 %).

ETAPA 3: Definición y análisis de los parámetros relevantes relacionados a cada variable.

10 Para cada variable mencionada en la etapa anterior, se definen los parámetros de evaluación y se asigna un peso entre 1 % y 100 %, donde la suma de los pesos asignados a los parámetros para cada variable no debe superar 100 %. Los parámetros de evaluación se definen en función al servicio de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capas: sistema de producción de hidrocarburo o sistema de inyección.

15 Parámetros de evaluación para las variables del evento que genera daño relacionado con el Diseño y Fabricación.

Los parámetros de evaluación para la variable calidad del evento que genera daño relacionado con el Diseño y Fabricación definidos son:

- 20 • Cumplimiento de los criterios de aceptación según norma API SPEC 15S (peso entre 40 % a 50 %, preferencialmente 50 %) y,
- Cumplimiento de prueba hidrostática a 1.5 veces la presión de diseño para refuerzo no metálico de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capas y de 1.3 veces la presión de diseño para refuerzo metálico de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capas (peso entre 40 % a 50 %, preferencialmente 50 %).

Los parámetros de evaluación para la variable diseño del evento que genera daño relacionado con el Diseño y Fabricación definidos son:

- 30 • Cumplimiento de condiciones requeridas para la operación en presión, temperatura y servicio que no superen las definidas en el diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capas (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- Cumplimiento en factor de seguridad de la presión de diseño (P_d) de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capas en función de la presión de ruptura a corto plazo (P_r) $P_r/P_d > 2$ (peso entre 1 % a 5 %, preferencialmente 5 %),
- 35 • Cumplimiento del factor de seguridad de la presión de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capas en función del fluido de servicio (peso entre 1 % a 5 %, preferencialmente 5 %),
- 40 • Cumplimiento del factor de seguridad de 0.5 cuando se presentan ciclos de presión que exceden $\pm 20\%$ de la presión de operación más de 1 vez al día (peso entre 1 % a 5 %, preferencialmente 5 %),

- 5
 - Selección del material de la capa interna de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa según temperatura de operación del fluido (peso entre 5% a 10 %, preferencialmente 10 %),
 - Presencia de sistema de venteo para difusión de gases en las tuberías enrollables de materiales compuestos multi-capa (peso entre 5% a 15 %, preferencialmente 15 %),
- 10
 - Selección del material interno o en contacto con el fluido de los conectores acordes a la corrosividad del fluido transportado (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
 - Selección del material externo de los conectores acordes a la corrosividad del entorno (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- 15
 - Selección de los accesorios (uniones para tuberías, múltiples, etc.), para conexión final de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %).

20 El parámetro de evaluación para la variable trazabilidad y certificaciones de calidad del evento que genera daño relacionado con el Diseño y Fabricación definido es:

- Cumplimiento de los requerimientos de calidad de fabricación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa y conectores (peso de 100 %).

25 **Parámetros de evaluación para las variables del evento que genera daño relacionado con el Transporte y Almacenamiento.**

Los parámetros de evaluación para la variable daños y deformación en tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa del evento que genera daño relacionado con el Transporte y Almacenamiento definidos son:

- 30
 - Cumplimiento de procedimientos para transporte y almacenamiento temporal de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 30 % a 40 %, preferencialmente 40 %),
 - Cumplimiento de procedimientos para transporte y almacenamiento a largo plazo de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 30 % a 40 %),
- 35
 - Cumplimiento de criterios de aceptación de inspección visual previo a instalación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %).

5 **Parámetros de evaluación para las variables del evento que genera daño relacionado con la Instalación.**

Los parámetros de evaluación para la variable condiciones del suelo del evento que genera falla o daño relacionados con la Instalación definidos son:

- 10 • Cumplimiento de condiciones requeridas del suelo donde se instala la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 20 % a 30 %, preferencialmente 30 %).
- Selección de material de relleno utilizado para el tapado de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 30 % a 40 %, preferencialmente 40 %).
- 15 • Cumplimiento de condiciones de la zanja donde se instala la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 20 % a 30 %, preferencialmente 30 %).

20 Los parámetros de evaluación para la variable parámetros de instalación del evento que genera daño relacionados con la Instalación definidos son:

- Cumplimiento del procedimiento de instalación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa recomendado por el fabricante (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- 25 • Cumplimiento de competencias técnicas del ejecutor de la instalación de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa y conectores (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- Cumplimiento del radio de curvatura en la trayectoria de la zanja mayor a 1.5 el RMC (radio mínimo de curvatura) (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- 30 • Condición de calidad de los conectores instalados (nuevo, reutilizados, no acorde a la tubería a ser instalada) (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- Condición de instalación de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en la zanja (zanja compartida o única) (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- 35 • Condición de separación entre tuberías en una misma zanja (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- Protección mecánica de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en cruces (tuberías, vías, cuerpos de agua) (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- 40 • Condición de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en el cruce con otras tuberías instaladas (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %).

5 El parámetro de evaluación para la variable prueba de verificación hidrostática del evento que genera daño relacionado con la Instalación definida es:

- Cumplimiento de la prueba hidrostática (Ph) en función la presión de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (Pd): $1.2 \cdot Pd \leq Ph \leq 1.5 \cdot Pd$ (peso de 100 %).

10

Los parámetros de evaluación para la variable señalización del evento que genera daño relacionados con la Instalación definidos son:

- Cumplimiento en la trazabilidad de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa y conectores (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- 15 • Cumplimiento de instalación de alambre trazador (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- Cumplimiento de instalación de cinta de señalización (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- Cumplimiento de instalación de señalización externa del trazado de la tubería (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- 20 • Cumplimiento de socialización con la comunidad sobre los riesgos asociados a la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %).

25 **Parámetros de evaluación para las variables del evento que genera daño durante la Operación.**

Los parámetros de evaluación para la variable condiciones operacionales y del fluido del evento que genera daño durante la Operación definidos son:

- 30 • Tipo de sistema de levantamiento artificial del pozo asociado a la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- Cumplimiento de relación de presión de operación del fluido en la tubería (Po) en función de la presión de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (Pd) $Po \leq Pd/2.0$ (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- 35 • Cumplimiento de instalación de válvulas de alivio en la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa con mantenimiento periódico (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- Cumplimiento de temperatura operación del fluido (To) en función de la temperatura de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (Td) $To < Td$ (peso entre 1 % a 5 %, preferencialmente 5 %),
- 40

- 5
- Cumplimiento de niveles de concentración de CO₂ y H₂S en el fluido dentro de los rangos establecidos en el diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
 - Afectación de la capa interna de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por contacto con tratamiento(s) químico(s) aplicados al fluido transportado (peso entre 10 % a 15 %, preferencialmente 15 %),
- 10
- Cumplimiento de contenido y tipo de sólidos en el fluido transportado según especificaciones de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 1 % a 10 %, preferencialmente 10 %).

15 Los parámetros de evaluación para la variable monitoreo e inspección del evento que genera daño durante la Operación definidos son:

- Cumplimiento en el seguimiento al estado mecánico de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- 20
- Cumplimiento en rutina de limpieza interna definida de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
 - Tiempo de vida útil de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- 25
- Número de fallas o eventos en la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por kilómetro instalado en los últimos 3 años sin o con plan de mitigación, excluyendo fallas por sabotaje (peso entre 40 % a 50 %, preferencialmente 50 %).

30 **Parámetros de evaluación para las variables del evento que genera daño relacionado con terceros o externos a la compañía.**

Los parámetros de evaluación para la variable infracción al derecho de vía o del trazado del evento que genera daño relacionado con terceros o externos a la compañía definidos son:

- Cumplimiento en el registro de información del trazado de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada con GPS doble frecuencia o estación topográfica, con sistema de geo-referenciación magna sirgas; plano planta-perfil topográfico (peso entre 20 % a 30 %, preferencialmente 30 %),
- 35
- Intervenciones relacionadas con mantenimiento, excavación y/o construcciones cerca de las tuberías enrollables de materiales compuestos multi-capa instaladas sin o con supervisión (peso entre 30 % a 40 %, preferencialmente 40 %),
- 40
- Cumplimiento en el derecho de vía o trazado de 10 m a 12 m (peso entre 20 % a 30 %, preferencialmente 30 %).

5 El parámetro de evaluación para la variable sabotaje del evento que genera daño relacionado con terceros o externos a la compañía definido es:

- Grado de sensibilidad (no sensible, sensible con seguridad y sensible sin seguridad) de la zona del área de ubicación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa a presencia de grupos armados y/o comunidad (peso de 100 %).

10

Parámetros de evaluación para las variables del evento que genera daño relacionado con Geotecnia y Causas Naturales.

Los parámetros de evaluación para la variable condiciones geográficas del terreno del evento que genera daño relacionado con Geotecnia y Causas Naturales definidos son:

- 15
- Terreno estable o con deslizamientos (peso entre 40 % a 50 %, preferencialmente 50 %),
 - Susceptibilidad en afectación sísmica (peso entre 15 % a 25 %, preferencialmente 25 %),
 - Susceptibilidad a inundaciones (peso entre 15 % a 25 %, preferencialmente 25 %).

20

La metodología para la evaluación del riesgo expuesta anteriormente, aplica para el servicio de transporte de fluidos de producción e inyección con tuberías enrollables de materiales compuestos multi-capa en la industria del petróleo y gas. No obstante, para el servicio de inyección, algunos de los parámetros o pesos asignados son modificados, los cuales se relacionan a continuación:

25

Los parámetros de evaluación para la variable diseño en el evento que genera daño relacionado con el Diseño y Fabricación definidos son:

30

- Cumplimiento de condiciones requeridas para la operación en presión, temperatura y fluido que no superen las definidas en el diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 15 % a 25 %, preferencialmente 25 %),
- Cumplimiento en factor de seguridad de la presión de diseño (P_d) de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en función de la presión de ruptura a corto plazo (P_r) $P_r/P_d > 2$ (peso entre 1 % a 5 %, preferencialmente 5 %),
- Cumplimiento del factor de seguridad de la presión de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en función del fluido transportado (peso entre 1 % a 5 %, preferencialmente 5 %),

35

- 5 • Selección del material de la capa interna de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa según temperatura de operación del fluido (peso entre 5% a 10 %, preferencialmente 10 %),
- Selección del material interno o en contacto con el fluido de los conectores acordes a la corrosividad del fluido transportado (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %),
- 10 • Selección del material externo de los conectores acordes a la corrosividad del entorno (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- Selección de los accesorios (uniones para tuberías, múltiples, etc.) para conexión final de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (peso entre 15 % a 25 %, preferencialmente 25 %).
- 15

Los parámetros de evaluación definidos para la variable condiciones operacionales y del fluido en el evento que genera daño durante la Operación son:

- 20 • Cumplimiento de relación de presión de operación del fluido en la tubería (P_o) en función de la presión de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (P_d) $P_o \leq P_d/1.3$ (peso entre 30 % a 40 %, preferencialmente 40 %),
- Cumplimiento de instalación de válvulas de alivio en la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa con mantenimiento periódico (peso entre 20 % a 30 %, preferencialmente 30 %),
- 25 • Cumplimiento de temperatura operación del fluido (T_o) en función de la temperatura de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (T_d) $T_o < T_d$ (peso entre 5 % a 10 %, preferencialmente 10 %),
- Afectación de la capa interna de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por contacto con tratamiento(s) químico(s) aplicados al fluido transportado (peso entre 10 % a 20 %, preferencialmente 20 %).
- 30

ETAPA 4: Evaluación de la posibilidad de daño en tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por cada evento potencial

- La posibilidad de daño en tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa es determinada para cada evento. La posibilidad de daño en tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa se clasifica numéricamente con un valor entre 1 y 5, donde uno (1) significa que la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en análisis cumple el parámetro de evaluación, disminuyendo la posibilidad de daño en la tubería, y cinco (5) significa que no cumple con el parámetro de evaluación incrementando la posibilidad de daño en la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa. En el caso en que el parámetro de evaluación no aplique la valoración será (1), si se desconoce o no se tiene evidencia la valoración será (5).

5

10

Finalmente, la posibilidad de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por cada evento potencial se calcula mediante la sumatoria del producto del valor numérico resultado de la evaluación para cada parámetro por el peso asignado correspondiente al parámetro y por el peso asignado a cada variable, esto para cada evento de daño potencial de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa. Lo anterior se representa por la Ecuación (1), la cual fue diseñada y validada para la metodología de la presente solicitud de patente.

$$PF = \sum_{i=1}^{i=n} (A * B * C)_i \quad (1)$$

15

Donde PF es la posibilidad de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por cada evento potencial definido, i representa cada uno de los parámetros de evaluación definidos por evento potencial, A es el valor numérico resultado de la evaluación para cada parámetro, B es el peso asignado a cada parámetro y C es el peso asignado a cada variable que corresponde a los parámetros evaluados.

20

ETAPA 5: Valoración de la consecuencia asociada a la posibilidad de daño de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.

25

Una vez determinada numéricamente la posibilidad de daño de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por cada uno de los seis eventos potenciales, se valora la consecuencia sobre las aristas ambiental, personas, económica, imagen o reputación y clientes. De acuerdo al dimensionamiento y premisas establecidas, cada consecuencia se analiza y valora entre 1 y 5, de la siguiente forma:

30

35

- Consecuencia Ambiental: Emisiones o descargas con afectación ambiental menor (1), leve (2), localizada (3), mayor (4) o masiva (5).
- Consecuencia Personas: leve o primeros auxilios (1), menor sin incapacidad (2), incapacidad mayor a un día (3), incapacidad parcial o total (4), una o más fatalidades (5).
- Consecuencia Económica: menor a 10K USD\$ (1), entre 10 y 100 KUSD\$ (2), entre 100 y 1000 KUSD\$ (3), entre 1 y 10 MM USD\$ (4) y mayor a 10 MMUSD\$ (5).
- Consecuencia Imagen de la empresa: de conocimiento interno (1), local (2), regional (3), nacional (4) o internacional (5).
- Consecuencia Clientes: se incumplen las especificaciones (1), quejas y/o reclamos (2), pérdida de clientes y/o desabastecimiento (3), pérdida de participación en el mercado (4), veto como proveedor (5).

El resultado de la consecuencia corresponderá al mayor valor numérico obtenido.

5

ETAPA 6: evaluación del riesgo como producto de la posibilidad de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por la consecuencia o afectación para cada evento.

El riesgo de daño se determina como resultado del producto del valor numérico obtenido en la valoración de la posibilidad de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por el mayor valor numérico obtenido en el análisis de la consecuencia para cada evento. Lo anterior se representa por la Ecuación 2.

$$\text{Nivel de Riesgo por evento} = PF \times C \quad (2)$$

Donde PF es el valor numérico obtenido en la valoración de la posibilidad de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por evento y C es el mayor valor numérico obtenido en el análisis de la consecuencia.

El riesgo por evento potencial de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa es el resultado de intersectar en la matriz de riesgo, Figura 2, el valor de la posibilidad de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa con el valor de la consecuencia obtenido, clasificando el riesgo en la siguiente escala: Despreciable (N), Bajo (L), Medio (M), Alto (H) y Muy Alto (VH).

El daño integral corresponderá a la mayor clasificación del daño determinado en los eventos de daño evaluados de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.

ETAPA 7: Definición del plan de acción en función del riesgo de daño.

A partir de la determinación del riesgo de daño para la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por evento potencial de daño de la tubería en la Etapa 6, se realiza el análisis que define el plan o acciones de control y/o mitigación del riesgo determinado.

El plan de acción en función del riesgo obedece a la mitigación de cada uno de los eventos de daño los cuales son:

a. Evento que genera daño relacionado con el Diseño y Fabricación: Para tubería con refuerzo metálico y no metálico, solicitar y asegurar al fabricante los certificados de calidad de la tubería y conectores instalados.

b. Evento que genera daño relacionado con el Almacenamiento y Transporte: Garantizar el cumplimiento de los procedimientos para el transporte y almacenamiento temporal o a largo plazo de las tuberías a instalar.

c. Evento que genera daño relacionado con la Instalación: Cumplir con el procedimiento establecido por el fabricante de la tubería para su instalación y cumplir con las pruebas

5 hidrostáticas según los parámetros establecidos por norma para tuberías del petróleo y gas.

d. Evento que genera daño durante la Operación: Cumplir con las ventanas operacionales de temperatura, presión, contenido de gases, sólidos y químicos de tratamiento empleados en la operación, establecidos.

e. Evento que genera daño relacionado con Terceros a la compañía: Asegurar la información de ubicación de las tuberías y de su señalización para efectuar vigilancia del trazado de las mismas.

15 f. Evento que genera daño relacionado con Geotecnia y Causas Naturales: Identificar e implementar las alternativas o barreras de contención necesarias para mitigar los efectos naturales sobre la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.

20 **MÓDULO DE SOPORTE LÓGICO PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DAÑO.**

La metodología para la evaluación del riesgo de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa para los servicios de producción y de inyección, incluye adicionalmente el módulo de soporte lógico o de componentes que permite:

- Registrar la información asociada a la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.
- Aplicar la metodología de análisis de riesgo de daño de las tuberías enrollables de materiales compuesto
- Reportar y preservar el resultado del análisis de riesgo de daño
- Representar gráficamente la clasificación del riesgo de daño obtenido por evento y por riesgo integral
- Generar una base de datos con todos los análisis de riesgo de daño
- Reportar las acciones para la mitigación o reducción del riesgo por evento
- Exportar los resultados a un documento Excel o PDF.

El módulo de soporte lógico está diseñado bajo un patrón de arquitectura Modelo-Vista-Controlador con acceso desde su código fuente y ejecutable. El módulo se compone de una página principal a partir de la cual se accede a las funciones de evaluación del riesgo para los sub-módulos de Líneas de Flujo y Líneas de Inyección, respectivamente, Figura 3.

Cada sub-módulo presenta una interfaz gráfica intuitiva y dinámica para digitalizar y seleccionar información de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa y despliega un panel con los seis eventos potenciales de daño de la tubería definidos, sus respectivas variables y parámetros de evaluación asignadas, así como el acceso a una Base de Datos cuya interfaz permite restaurar o restablecer la misma, descargar o cargar los registros, filtrar y exportar los análisis realizados.

- 5 A partir de la interfaz de la Base de Datos y/o de la interfaz de los sub-módulos, se accede a la interfaz de evaluación del riesgo y adicionalmente a la selección de las acciones para el control y/o mitigación de acuerdo al nivel de riesgo obtenido y por evento potencial de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa, Figura 4. El resultado de la evaluación del riesgo de daño se presenta por selección en gráfico de torta, de barras
- 10 o de matriz de riesgo.

5 EJEMPLOS

Ejemplo 1:

10 Evaluación de riesgo de daño de una tubería enrollable de materiales compuestos instalada en el sistema de producción de un campo maduro con presión y temperatura de operación de 0.69 MPa y 45 °C que transporta fluido multifásico (agua-crudo-gas) desde cabeza de pozo hasta el múltiple de producción.

De acuerdo a las etapas de la metodología, se recopila la siguiente información:

Registros de instalación:

- 15 - Tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa conformada por una capa interna en Polietileno de Alta Densidad (PEAD), capa de refuerzo en fibra sintética, y capa externa en Polietileno de Alta Densidad (PEAD), con presión y temperatura de diseño de 3.44 MPa y 65 °C, diámetro de 0.07 m, instalada en el año 2016.
- Longitud instalada 1000 m con información del trazado por georreferenciación e inspección de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa previo a la instalación.
- 20 - Conectores instalados nuevos de acero inoxidable y accesorios para conexión final utilizando encamisado en tubería metálica con un radio mínimo de curvatura (RMC) mayor a 1.5*RMC.
- Instalación realizada por personal capacitado y certificado por el fabricante de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.
- 25 - Se registra número de carrete, número de serial, longitud y diámetro de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.
- El suelo, zanja y relleno utilizado de acuerdo a recomendaciones del fabricante, una tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por zanja.
- Prueba hidrostática después de instalación realizada a 1.25 veces la presión de diseño durante 8 h utilizando agua como medio de prueba.
- 30

Información adicional:

- Se registra ficha técnica de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada.
- No se dispone de los certificados de calidad de fábrica de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa y de los conectores ni resultados de las pruebas en fábrica de presión hidrostática.
- 35 - Sistema de levantamiento del pozo Bombeo Mecánico, no se inyecta inhibidor de corrosión.
- No hay presencia de sólidos en el fluido transportado, la concentración de gases está dentro del rango permisible para la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada.
- 40

- 5 - La señalización externa del trazado de la tubería es adecuada y se encuentra en óptimas condiciones.
- No se tiene como cultura socializar a la comunidad sobre los riesgos de este tipo de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.
- Los carretes de tubería fueron almacenados con protección y bajo techo antes de su desplazamiento al sitio de instalación, como indicado en el procedimiento del fabricante.
- 10 - La tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa no ha presentado evento de daño durante el tiempo que lleva instalada.
- No se realiza seguimiento al comportamiento de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa ni operaciones de limpieza interna.
- 15 - Se ha realizado una intervención cercana a la ubicación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa con supervisión.
- El derecho de vía se encuentra libre.
- El terreno es estable, sin afectación sísmica y el suelo es no inundable.
- 20 - La tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada transporta 100 barriles diarios con un corte de agua del 20 %.

Entorno y trazado de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada:

- En el trazado de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa no existe viviendas o comunidades cercanas.
- 25 - El tiempo estimado por la operación del campo para dar respuesta una vez se detecta daño en la tubería es de 8 h, con un estimado de 3 días de producción diferida hasta la reparación y puesta en servicio.
- No está cercana a cuerpos o fuentes de agua.
- Está localizada en predios de la compañía.
- 30 Aplicando la metodología para la evaluación del riesgo de daño de las tuberías enrollables de materiales compuestos multi-capa de la presente invención, objeto de solicitud de patente, en las Tablas 6, 7 y 8, se presenta el resultado de la evaluación del riesgo de daño para la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa de acuerdo a la información indicada anteriormente.

Tabla 1. Evaluación de parámetros de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada - servicio producción

EVENTO	VARIABLE	PARÁMETROS	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS		C
DISEÑO Y FABRICACIÓN	<i>Calidad</i>	Cumplimiento de los criterios de aceptación según norma API SPEC 15S	Si	1	5
			No	5	
		Cumplimiento prueba hidrostática a 1.5 veces la presión de diseño para refuerzo no metálico de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Si	1	5
			menor a 1.5 veces	3	
			No	5	
	<i>Diseño</i>	Cumplimiento de condiciones requeridas para la operación en presión, temperatura y servicio que no superen las definidas en el diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa.	Si	1	1
			No	5	
		Cumplimiento en factor de seguridad de la presión de diseño (Pd) de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en función de la presión de ruptura a corto plazo (Pr) $Pr/Pd > 2$	$Pr/Pd > 2$	1	5
			$1.5 < Pr/Pd \leq 2$	3	
			$Pr/Pd \leq 1.5$	5	
		Cumplimiento del factor de seguridad de la presión de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en función del fluido de servicio	Si	1	1
			No	5	
		Cumplimiento factor de seguridad de 0.5 cuando se presentan ciclos de presión que exceden $\pm 20\%$ presión operación más de 1 vez al día	Si	1	1
			No	5	
		Selección del material de la capa interna de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa según temperatura de operación del fluido	Si	1	1
			No	5	
		Presencia de sistema de venteo para difusión de gases en las tuberías enrollables de materiales compuestos multi-capa	Si	1	5
			No	5	

		Selección del material interno o en contacto con el fluido de los conectores acordes a la corrosividad del fluido transportado	No contacto con el fluido	1	2
			Acero inoxidable, CRA(<i>Corrosion Resistant Alloys</i>)	2	
			Acero al carbono recubierto	3	
			Acero al carbono	5	
		Selección del material externo de los conectores acordes a la corrosividad del entorno	Acero inoxidable o CRA	1	1
			Acero al carbono recubierto + barrera protección	2	
			Acero al carbono recubierto	3	
			Acero al carbono + barrera de protección	4	
			Acero al carbono	5	
		Selección de los accesorios (uniones para tuberías, múltiples, etc.) para conexión final de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Afloramiento con encamisado en acero al carbono	1	1
			Afloramiento en bayoneta acero al carbono con recubrimiento interno	3	
			Afloramiento con bayoneta en acero al carbono	5	
	Trazabilidad certificación de calidad	Cumplimiento de los requerimientos de calidad de fabricación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa y conectores	Si	1	3
			Presenta algunos	3	
			No	5	

Posibilidad de daño de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa relacionada con el Diseño y Fabricación =

$$\sum_{i=1}^{i=12} (5 * 0.5 * 0.2)_i + \dots = 3$$

EVENTO	VARIABLE	PARÁMETROS	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS		C
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	<i>Daños y deformación en tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa</i>	Cumplimiento de procedimientos para transporte y almacenamiento temporal de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Si	1	1
			Parcialmente	3	
			No o se desconoce	5	
	<i>enrollables de materiales compuestos multi-capa</i>	Cumplimiento de procedimientos para transporte y almacenamiento a largo plazo de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Si	1	1
			Parcialmente	3	
			No o se desconoce	5	
	<i>compuestos multi-capa</i>	Cumplimiento de criterios de aceptación de inspección visual previo a instalación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Si	1	1
			Parcialmente	3	
			No o se desconoce	5	

Posibilidad de daño de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa relacionada con el Transporte y Almacenamiento =

$$\sum_{i=1}^{i=3}(1 * 0.4 * 1)_i + = 1$$

EVENTO	VARIABLES	PARAMETROS	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS		C
INSTALACIÓN	Condiciones del suelo	Cumplimiento de condiciones requeridas del suelo donde se instala la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Si	1	1
			No	5	
		Selección de material de relleno utilizado para el tapado de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Arena seleccionada	1	3
			Suelo nativo seleccionado	3	
			Suelo nativo sin seleccionar	5	
		Cumplimiento de condiciones de la zanja donde se instala la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Cumple con todos los parámetros	1	1
			Cumple algunos e implementan propios	3	
			Fuera de procedimiento	5	
	Parámetros de instalación	Cumplimiento procedimiento instalación de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa recomendado por fabricante	Se asumen todas las recomendaciones	1	1
			Asumen algunas e implementan propias	3	
			No se asumen	5	
		Cumplimiento de competencias técnicas del ejecutor de la instalación de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa y conectores	Personal directo y/o certificado por el fabricante	1	3
			Personal capacitado representante fabricante	3	
			Sin soporte técnico	5	
		Cumplimiento del radio de curvatura en la trayectoria de la zanja mayor a 1.5 el RMC (radio mínimo de curvatura)	Si	1	1
			No	5	
		Condición de calidad de los conectores instalados (nuevo, reutilizados, no acorde a la tubería a ser instalada)	Nuevos propios de la tecnología	1	1
			Reutilizados propios de la tecnología	3	
			Otros (no propios de tecnología, acondicionados)	5	
		Condición de instalación de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa zanja (zanja compartida o única)	Tuberías de producción en zanja separada	1	1
			Producción e inyección al mismo o diferente nivel	5	
		Condición de separación entre tuberías en una misma zanja	Separación con sacos de arena	1	1
			Separación con el mismo relleno	3	
			No se garantiza la separación	5	
		Protección mecánica de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en cruces (tuberías, vías, cuerpos de agua)	No se presenta cruces	1	1
			Encamisado en tubería metálica y centralizadores	2	
			Encamisado sin centralizadores	3	
			Encamisado parcial de cruces	4	
			Sin encamisado	5	

		Condición de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa en el cruce con otras tuberías instaladas	No presenta cruces	1	1
			Separación recomendada por fabricante	3	
			En contacto con otra tubería	5	
	<i>Prueba de verificación hidrostática</i>	Cumplimiento de la prueba hidrostática (Ph) en función de la presión de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (Pd) $1.2 * Pd \leq Ph \leq 1.5 * Pd$	$1.2 * Pd \leq Ph \leq 1.5 * Pd$	1	1
			$1.1 * Pd < Ph < 1.2 * Pd$	2	
			$Ph \leq 1.1 * Pd$	5	
	<i>Señalización</i>	Cumplimiento en la trazabilidad de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa y conectores	Si	1	1
			Presenta algunos	3	
			No	5	
		Cumplimiento de instalación de alambre trazador	Se instala según recomendación de fabricante	1	1
			Se instala no siguiendo recomendación fabricante	3	
			No se instala	5	
		Cumplimiento de instalación de cinta de señalización	Se instala según recomendación de fabricante	1	1
			Se instala no siguiendo recomendación fabricante	3	
			No se instala	5	
		Cumplimiento de instalación de señalización externa	Se realiza bajo especificaciones internas	1	1
			Se realiza no siguiendo especificaciones internas	3	
			No se realiza	5	
		Cumplimiento de socialización con la comunidad sobre los riesgos asociados a la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada.	Si	1	5
			No	5	

Possibilidad de daño de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa relacionada con la Instalación $= \sum_{i=1}^{i=17} (1 * 0.3 * 0.2)_i + = 1$

EVENTO	VARIABLES	PARAMETROS	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS		C
OPERACIÓN	<i>Condiciones operacionales y del fluido</i>	Tipo de sistema de levantamiento artificial del pozo asociado a la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada	Flujo natural	1	5
			BES, VSH2, PCP	3	
			Bombeo mecánico	5	
		Cumplimiento de relación de presión de operación del fluido en la tubería (Po) en función de la presión de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (Pd) $Po \leq Pd/2.0$	$Po \leq Pd/2.0$	1	1
			$Po \leq Pd/1.5$	3	
			$Po \leq Pd/1.1$	4	
			$Po \geq Pd$	5	
		Cumplimiento de instalación de válvulas de alivio en la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa con mantenimiento periódico	Si tiene y se realiza mantenimiento	1	5
			Si tiene con rutina inadecuada de mantenimiento	3	
			No tiene	5	
		Cumplimiento de temperatura operación del fluido (To) en función de la temperatura de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (Td) $To < Td$	$To < Td$	1	1
			$To \geq Td$	5	
		Cumplimiento de niveles de concentración de CO ₂ y H ₂ S en el fluido dentro de los rangos establecidos en el diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Se mantienen los niveles	1	1
			Variación intermitente de los niveles	3	
			Los niveles son superiores a criterios de diseño	5	
		Afectación de la capa interna de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por contacto con tratamiento(s) químico(s) aplicados al fluido transportado	No hay remanente de productos	1	1
			Hay remanente pero no afecta	3	
			Hay remanente pero se desconoce la afectación	5	
		Cumplimiento de contenido y tipo de sólidos en el fluido transportado según especificaciones de diseño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Se mantiene especificaciones de los sólidos (tamaño, forma y cantidad)	1	1
			Exceden las especificaciones de los sólidos	5	

	Monitoreo e inspección	Cumplimiento en el seguimiento al estado mecánico de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Se realiza seguimiento al comportamiento	1	5
			No se realiza seguimiento al comportamiento	5	
		Cumplimiento en rutina de limpieza interna definida de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa	Se realiza según recomendación del fabricante	1	5
			No se realiza	5	
		Tiempo de vida útil de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa (Tse: tiempo de servicio)	Tse < 5 años	1	1
			5 años < Tse < 20 años	3	
			Tse > 20 años	5	
		Número de fallas o eventos en la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa por kilómetro instalado en los últimos 3 años sin o con plan de mitigación, excluyendo fallas por sabotaje	Ningún evento	1	1
			Uno o más eventos con plan de mitigación	3	
			Uno o más eventos sin plan de mitigación	5	

Posibilidad de daño de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa durante la Operación = $\sum_{i=1}^{i=11} (5 * 0.1 * 0.6)_i + \dots = 2$

EVENTO	VARIABLES	PARAMETROS	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS		C
DAÑOS POR TERCEROS O EXTERNOS A LA COMPAÑÍA	<i>Infracción al derecho de vía o de trazado</i>	Cumplimiento en el registro de información del trazado de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada con GPS doble frecuencia o estación topográfica, con sistema de geo-referenciación magna sirgas; plano planta-perfil topográfico	Se cuenta con información y está actualizada	1	1
			Se cuenta con información y no está actualizada	3	
			No se cuenta con información	5	
		Intervenciones relacionadas con mantenimiento, excavación y/o construcciones cerca de las tuberías enrollables de materiales compuestos multi-capa instaladas sin o con supervisión	Sin intervenciones	1	3
			Intervenciones con supervisión	3	
			Intervenciones sin supervisión	5	
	<i>Sabotaje</i>	Cumplimiento en el derecho de vía o trazado de 10 m a 12 m	Libre de cualquier obstáculo (viviendas, árboles, cultivos)	1	1
			Presenta algunos obstáculos en derecho de vía	3	
			Presenta intervenciones en el derecho de vía	5	
		Grado de sensibilidad (no sensible, sensible con seguridad y sensible sin seguridad) de la zona del área de ubicación de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa a presencia de grupos armados y/o comunidad	Zona no sensible	1	1
			Zona sensible con seguridad	3	
			Zona sensible sin seguridad	5	

Posibilidad de daño de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa relacionado con Daños por Terceros y Externos a la

$$\text{Compañía} = \sum_{i=1}^{i=4} (1 * 0.3 * 0.8)_i + \dots = 1$$

EVEN TO	VARIABLES	PARAMETROS	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS		C
GEOTECNIA Y CAUSAS NATURALES	Condiciones geográficas del terreno	Terreno estable o con deslizamientos	Terreno estable	1	1
			Terreno con históricos de deslizamientos y barreras de contención	3	
			Terreno con históricos de deslizamientos y sin barreras de contención	5	
		Susceptibilidad en afectación sísmica	Zona de baja afectación sísmica	1	1
			Zona de alta afectación sísmica	5	
		Susceptibilidad a inundaciones	Suelos no inundables	1	1
			Suelos arenoso con bajo nivel freático	3	
			Suelos arcillosos con alto nivel freático	5	

Posibilidad de daño de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa relacionado con Geotecnia y Causas Naturales =

$\sum_{i=1}^{i=3}(1 * 0.5 * 1)_i + = 1$

C: calificación de acuerdo a la información documental de los parámetros de evaluación.

✓

Tabla 2. Evaluación de la consecuencia de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa instalada - servicio producción

CONSECUENCIA	VALORACIÓN DE LA CONSECUENCIA		C
AMBIENTAL	Leve	1	1
	Menor	2	
	Localizado	3	
	Mayor	4	
	Masivo	5	
PERSONAS	Leve o Primeros Auxilios	1	1
	Menor sin Incapacidad	2	
	Incapacidad > 1 día	3	
	Incapacidad parcial o total	4	
	Una o más fatalidades	5	
ECONÓMICA	<10 KUSD\$	1	3
	10-100 KUSD\$	2	
	100-1000 KUSD\$	3	
	1-10 MMUSD\$	4	
	>10 MMUSD\$	5	
IMAGEN DE LA EMPRESA	Interna	1	1
	Local	2	
	Regional	3	
	Nacional	4	
	Internacional	5	
CLIENTES	Incumplir especificaciones	1	1
	Quejas y/o reclamos	2	
	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	3	
	Pérdida de participación en el mercado	4	
	Veto como proveedor	5	

Máximo Valor de la Consecuencia 3

El resultado de la consecuencia de acuerdo a la metodología es el mayor valor numérico obtenido, en este caso es 3.

En la Tabla 8, se presenta el resultado del riesgo por evento de daño de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa, intersectando en la matriz de riesgo, Figura 2, el valor

de la posibilidad determinada en cada evento de daño potencial de la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa con el valor de la consecuencia.

Tabla 3. Evaluación del riesgo de tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa analizada - servicio producción

EVENTO	POSIBILIDAD DE DAÑO	CONSECUENCIA	RIESGO POR EVENTO	RIESGO INTEGRAL
DISEÑO Y FABRICACIÓN	3	3	M	M
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	1	3	N	
INSTALACIÓN	1	3	N	
OPERACIÓN	2	3	L	
DAÑOS POR TERCEROS	1	3	N	
GEOTECNIA Y CAUSAS NATURALES	1	3	N	

El riesgo integral de la tubería analizada es **M**, y corresponde al riesgo más alto obtenido para este ejemplo, el evento que genera daño está relacionado con el evento por Diseño y Fabricación.

En la Figura 5, se presenta la interfaz de reporte del resultado de la evaluación del riesgo para la tubería enrollable de materiales compuestos multi-capa analizada del Ejemplo 1, que hace parte del módulo de soporte lógico. La interfaz permite seleccionar el plan de acción sugerido para mitigar el riesgo, en este caso el evento que genera daño de la tubería está relacionado con el Diseño y Fabricación, el cual se presenta en la Figura 6.