

DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO BASADO EN LAS NORMAS API 580 Y 581

Andy Quintero Castillo¹, Jorge Acevedo Pérez¹, Iván Uribe Pérez², Luis Aguirre Rodríguez²

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo de un software basado en la norma API RP-580/581, en el cual se ejecutan una serie de cálculos con el propósito de dar una mayor confiabilidad al proyecto de Gerenciamiento de la Integridad Estructural de Campo Escuela, que actualmente se encuentra en desarrollo en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad industrial de Santander; de tal manera que el riesgo de falla asociado al funcionamiento de los equipos, se administre sistemáticamente y con una metodología basada en valores cuantitativos de riesgo, y que además permita eliminar uno de los más altos costos con que se enfrentaba el desarrollo del proyecto.

Palabras Claves: RBI, Inspección, Probabilidad, GUIDE, Consecuencia.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TOOL FOR RISK ASSESSMENT AND ANALYSIS BASED ON API 580 AND 581

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the development of a standards-based software API- RP-580/581, which is running a series of calculations in order to provide greater reliability to Management Structural Integrity of Campo Escuela, which is currently under responsibility of the Metallurgical Engineering School of Industrial University of Santander, so that the risk of failure associated with the operation of the equipment, be administered systemically with a methodology based on quantitative risk values, and would minimize one of the higher costs with which development of the project faces.

Keywords: RBI, Inspection, Probability, Consequence.

I. INTRODUCCIÓN

El gerenciamiento de integridad basado en el riesgo es la técnica más apropiada para cualquier estrategia de inspección y mantenimiento que una empresa de producción y refinación de petróleo quiera emprender. [1] Para hacer frente a este reto se hace necesario contar con sistemas propios, que permitan gerenciar toda la información disponible generada en los procesos de inspección y mantenimiento para tomar decisiones oportunas y precisas, en el menor tiempo posible. Para hacerle frente a esta situación las empresas

requieren mantener un inventario de los equipos y componentes a inspeccionar dentro de un sistema de forma organizada y de fácil acceso, para permitir al inspector conocer de manera inmediata el histórico y condiciones operacionales de cada sistema que se desee evaluar. Una vez realizada una inspección a un equipo y con los datos recolectados, se evalúan los diferentes tipos de daños presentes de manera que se obtenga la probabilidad y consecuencia de fallas del equipo, que a su vez servirán para establecer un plan de inspección, en el cual la metodología RBI [1] (Inspección Basada en Riesgo) establece parámetros como: Qué tipos de daño se producen, dónde deben detectarse, cómo

1. Ingeniero Metalúrgico, Universidad Industrial de Santander, UIS. Bucaramanga. Colombia. E-mail: quintero.andy@insercor.com.co; joacevedo@materialsexperts.com

2. Grupo de Investigación en Corrosión, Universidad Industrial de Santander, UIS. Bucaramanga. Colombia. E-mail: iuribe@uis.edu.co; loaguirre@uis.edu.co

pueden detectarse y cuándo o con qué frecuencia deben inspeccionarse. Los cálculos realizados por el software en relación a todos los parámetros anteriores para evaluar el riesgo, adquiere una gran importancia en el gerenciamiento de integridad.

II. DISEÑO DEL SOFTWARE EN GUIDE MATLAB

La plataforma de MATLAB GUIDE permite realizar tareas de forma interactiva a través de controles, como botones y barras de desplazamiento entre otros; los cuales ayudan a una mejor interacción entre el entorno gráfico desarrollado (GUIDE) y el usuario. Para obtener más control sobre el diseño y el desarrollo de una GUIDE, se crea un código de MATLAB que define todas las propiedades de los componentes y comportamientos; que finalmente registrarán los resultados de los cálculos del software.

A. ESPECIFICACIONES DE LA HERRAMIENTA

Mediante la utilización del entorno para la creación de interfaces gráficas en MATLAB, se diseña un software basado en la metodología cuantitativa de inspección basada en riesgo (API 581). El cual se trata de una herramienta computacional llamada RISKMA (Risk-Management Integrity) y permite la generación de planes de inspección para equipos estáticos basado en el riesgo que se encuentra asociado a la probabilidad y consecuencia de falla de cada equipo evaluado.

Mediante el ingreso de datos determinados reportados en los históricos de los equipos o aquellos recolectados en la última inspección, se determinan factores de riesgo que plasmados en una matriz de riesgo se seleccionan las tareas adecuadas de prevención y mitigación de los mecanismos de deterioro, estimación de la frecuencia de inspección.

III. INTERFACES DE EJECUCIÓN DEL SOFTWARE (RISKMA)

A. LAZOS DE CORROSIÓN DE LA PLANTA

La creación de lazos de corrosión consiste en determinar un grupo de equipos los cuales tienen similares condiciones de operación, mecanismos de daño, y material de construcción. Como se observa en la Figura 4 se permite realizar en esta interfaz una descripción del lazo en donde se describen los equipos asociados a este,

la descripción del proceso que acompaña los equipos de este lazo y la descripción de corrosión, en la cual se describe los diferentes mecanismos de daño asociados al lazo de corrosión. RISKMA permite por medio de la interfaz lazo de corrosión organizar el estudio de inspección basada en riesgo (RBI), de tal forma que se administre para cada equipo perteneciente a un lazo de corrosión una probabilidad y consecuencia de área y financiera.

B. CONDICIONES DEL LAZO

Para la conformación de un lazo de corrosión se fijan unas condiciones teniendo en cuenta las características de operación de cada equipo, material de construcción y la cantidad (ppm) de fluidos que intervienen en la generación de un mecanismo de corrosión para cada equipo (Fig. 1).

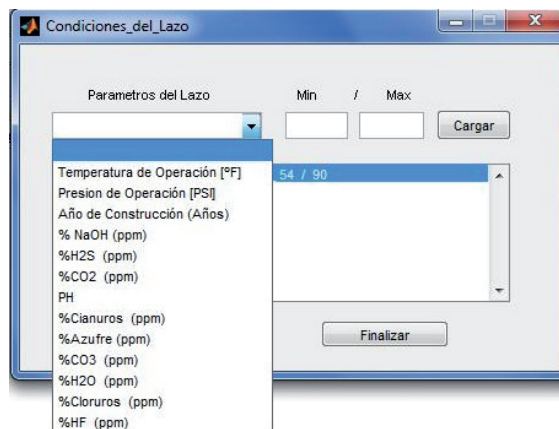


Figura 1. Interfaz de Condiciones del lazo de corrosión

C. REGISTRO DE LOS EQUIPOS POR TAG

La identificación de los equipos se realiza comúnmente con número consecutivo único que acompaña a cada equipo, de tal manera que para el registro de los equipos en el software se ingresa con un Tag y conjuntamente a esto el tipo de equipo y tipo de componente a evaluar, con sus correspondientes datos de diseño [1,3,4] (Fig. 2).

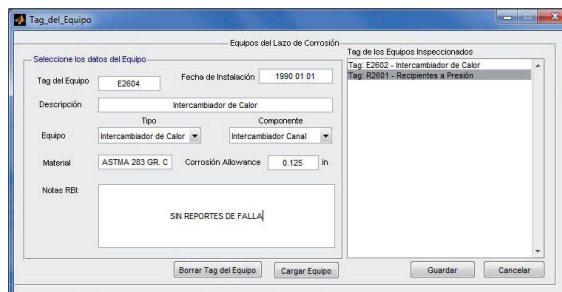


Figura 2. Interfaz de Registro de Tag de Equipos

D. HISTÓRICO DE LOS EQUIPOS

Mediante el registro de las diferentes actividades de inspección realizadas a cada equipo se puede tener un histórico actualizado y debidamente registrado con fecha de inspección, con el propósito de obtener siempre un histórico actualizado de los cambios o variaciones en la operación de los equipos. Por lo cual se tiene una interfaz en la cual se podrán registrar los diferentes sucesos de operación, actividades de inspección y control de cambios de material que se realice a cada equipo con su respectiva fecha.

E. CALCULO DE LA PROBABILIDAD DE FALLA

Mediante la interfaz de probabilidad (Fig. 5) se hallan tres factores importantes establecidos por la norma API 581, como lo son: Frecuencia de Falla Genérica (*gff*), Factor de Daño ($D_f(t)$) y Factor de Sistema de Gerenciamiento (F_{MS}).

El factor de daño ajusta la frecuencia de falla genérica basado en los mecanismos de daño a los que el componente está sujeto, y considera la susceptibilidad

al mecanismo de daño y / o la velocidad con la que el daño se acumula [6]. El factor de daño también toma a consideración los datos históricos de inspección y la eficacia de inspecciones pasadas y futuras, el factor sistemas de gerenciamiento, se ajusta a la influencia del sistema de gestión establecido en la planta para la integridad mecánica [3].

El factor de probabilidad en función del tiempo se calcula mediante la siguiente formula:

$$P_f(t) = gff \cdot D_f(t) \cdot F_{MS} \quad [4]$$

F. CÁLCULO DE LA CONSECUENCIA DE NIVEL 1

El análisis de consecuencia se realiza mediante el procedimiento especificado en la norma API 581 en cual se establece las consecuencias de liberación para una o dos fases de manera independiente, teniendo en cuenta características del fluido como: Inflamabilidad y Explosividad, Toxicidad, No-Inflamable y No-Tóxico. El procedimiento a seguir para el análisis de consecuencia nivel 1 es como se muestra en la Figura 3.

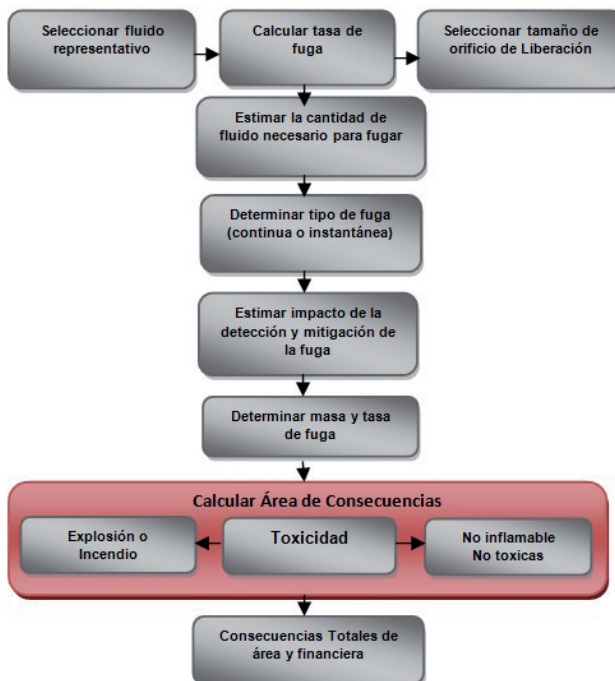


Figura 3. Procedimiento de análisis de consecuencia nivel I [5]

IV. METODOLOGÍA PARA EL MANEJO DE RISKMA

Para el manejo del software se establece una metodología, la cual debe realizarse para cada equipo agrupado a un

lazo de corrosión, para así de esta manera determinar el riesgo de área y financiero para cada equipo.

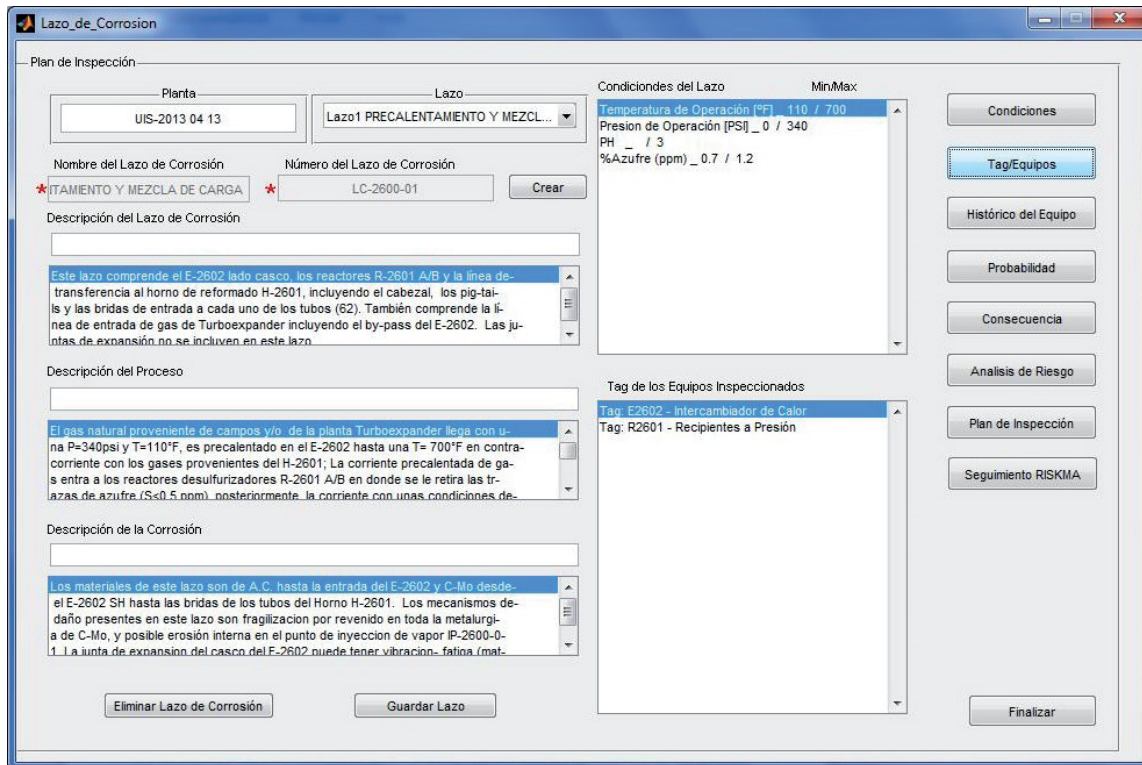


Figura 4. Interfaz de lazo de corrosión, es la interfaz principal en la cual se encuentran asociadas las interfaces de condiciones de lazo, tag de equipos, histórico del equipo, probabilidad, consecuencia, análisis de riesgo, plan de inspección y seguimiento RISKMA.

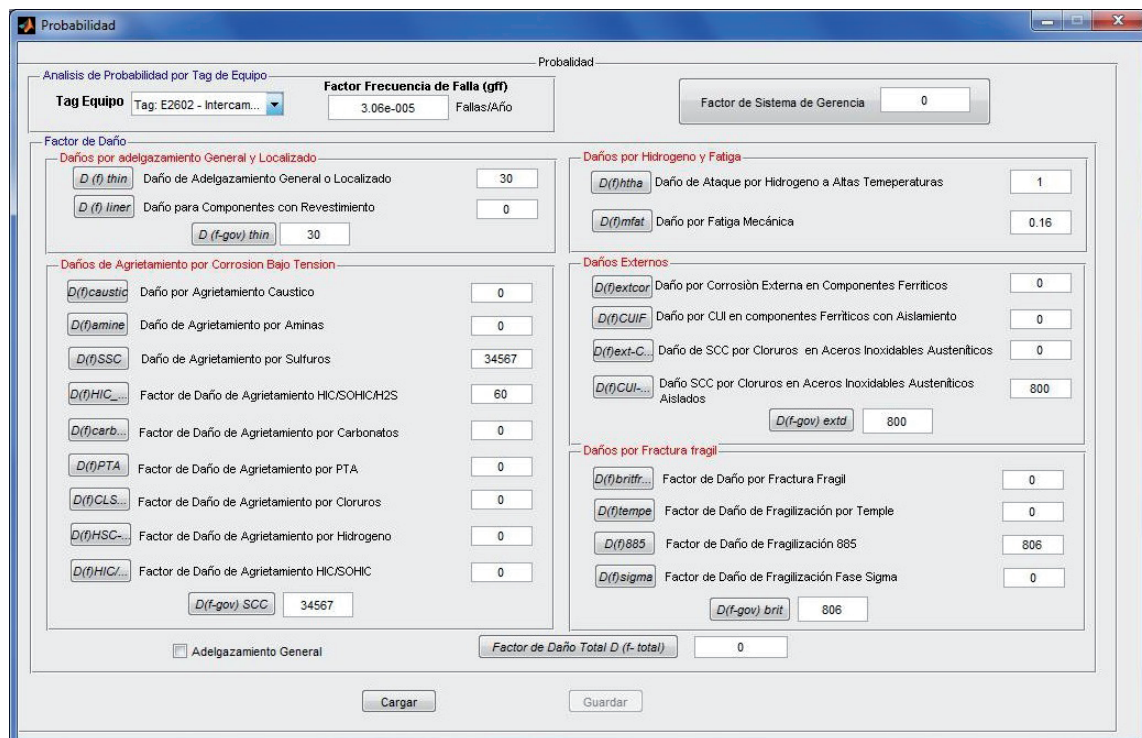


Figura 5. Interfaz de probabilidad, en la que se determina el valor cuantitativo del Factor Frecuencia de Falla (gff) Generica (Df (t)), Factor de Daño y Factor Sistema de Gerenciamiento (FMS).

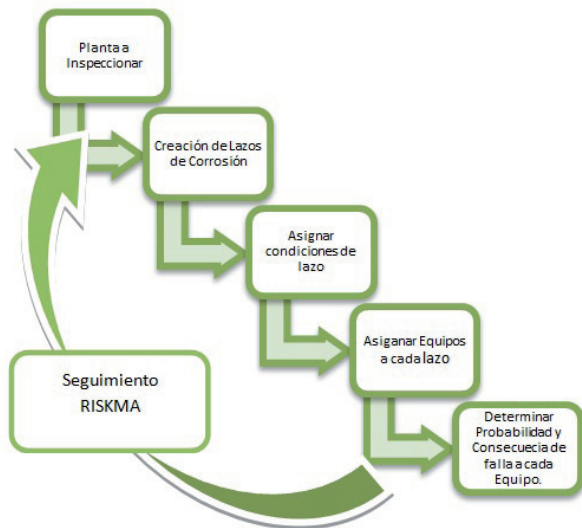


Figura 6. Metodología de manejo RISKMA

V. RESULTADOS FINALES

A. ESPECIFICACIONES DE PRUEBAS DE CÁLCULOS DEL SOFTWARE

Para realizar las pruebas de confirmación de cálculos del software se realizaron unas pruebas preliminares con datos que solo tenían como objetivo obtener la veracidad de dichos cálculos establecidos en la norma API 581 en cada una de sus partes, de probabilidad y consecuencia. De esta manera se obtiene como resultado el riesgo de los equipos de la planta y un plan de inspección; el cual contiene el componente inspeccionado, mecanismos de daño asociados al componente, actividad de inspección e intervalo de inspección.

B. DEFINIR LÍMITES DE EVALUACIÓN DE RIESGO

Una vez se corroboró la veracidad de los cálculos realizados por el software, se procedió a realizar un plan de inspección con la administración de los datos existentes en la planta recolectora de Campo Escuela Colorado (CEC). Para la administración del riesgo de esta planta, se definen los límites dentro de los cuales se va a trabajar; para esto se definió como límite el dique de los tanques de almacenamiento, en lo cual entrarían dentro de la evaluación los siguientes equipos:

1. Tanque atmosférico de almacenamiento de crudo K-01.
2. Tanque atmosférico de almacenamiento de crudo K-02.

3. Separador Bifásico 5008021
4. Separador Bifásico 5008022
5. Separador Bifásico 5008023
6. Tag de Líneas de Crudo
7. Tag de Líneas de Gas
8. Tag de Líneas de Agua

C. ESTABLECER LOS MECANISMOS DE DAÑO ASOCIADOS

Teniendo en cuenta la evaluación de los criterios establecidos en la norma API 581 para los 21 mecanismos de daño asociados a un componente de un equipo [6] (Fig. 7) y los estudios de composición química realizados a los fluidos de proceso; se establecen los siguientes mecanismos de daño para los equipos evaluados en la planta recolectora de Campo Escuela Colorado (CEC):

- a. Daños por adelgazamiento general
- b. Daño a componentes con revestimiento (Orgánico)
- c. Daño de agrietamiento por carbonatos

A la vez se halla para cada equipo el factor de frecuencia de falla genérica que refleja las diferencias entre los mecanismos de daño y de los procesos de gestión de confiabilidad dentro de una planta.

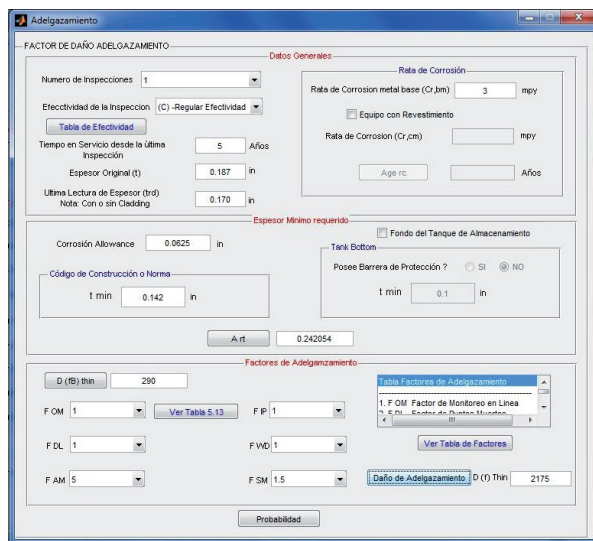


Figura 7. Interfaz de Factor de Daño de Adelgazamiento General

D. ANÁLISIS DE CONSECUENCIA NIVEL I

Para el análisis de consecuencia se establecen las propiedades del fluido del proceso y se asocian a las tablas establecidas en la norma API 581, para de esta forma hacer un modelamiento de la metodología (Fig. 6) según las propiedades de inflamabilidad, explosividad y

toxicidad de un fluido específico. En este caso se tratara el modelamiento de un fluido tipo $C_{17}-C_{25}$, el cual

pertenece al tipo de crudo que se maneja en la planta recolectora de Campo Escuela Colorado (Fig. 8)

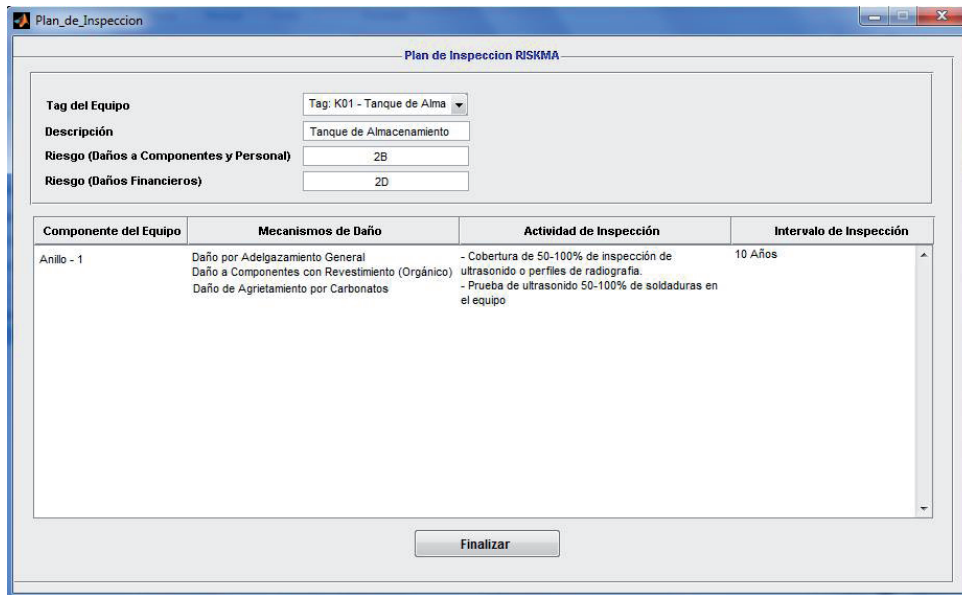


Figura 8. Interfaz de plan de inspección generado por el software RISKMA como respaldo al riesgo obtenido en el anillo 1 para el tanque de almacenamiento.

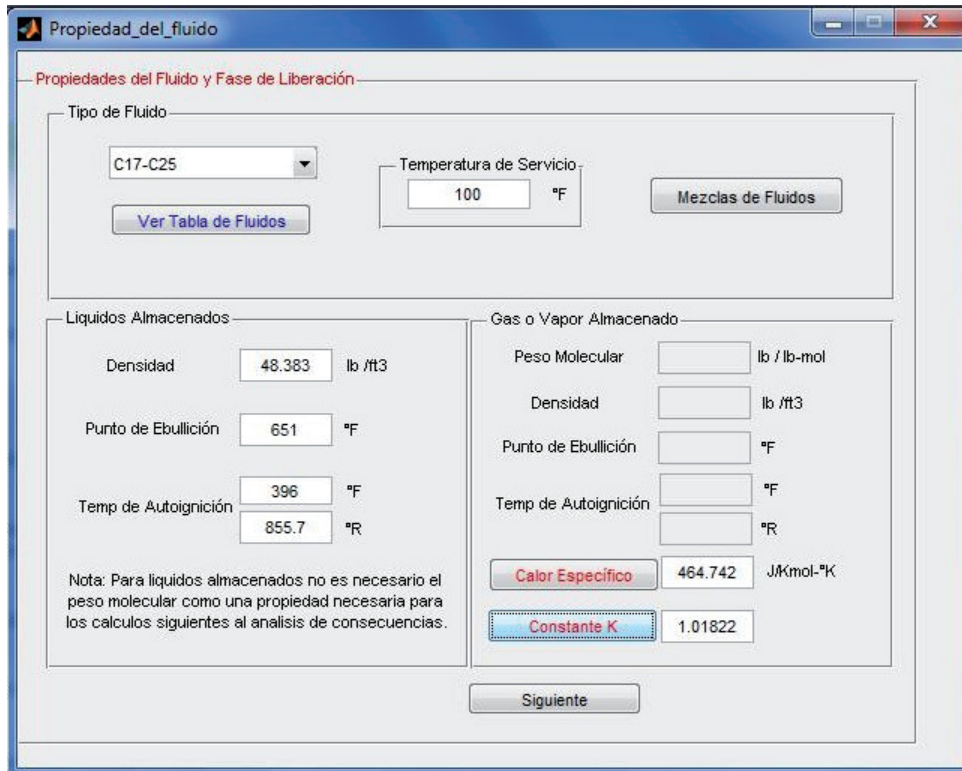


Figura 9. Interfaz de propiedad del fluido de consecuencia nivel I.

A. RESULTADOS

Como resultado de la administración de los datos ingresados pertenecientes a la planta recolectora de campo escuela (CEC) se obtiene la matriz de riesgo de área y financiera como se observa en la Figura 9a y 9b.

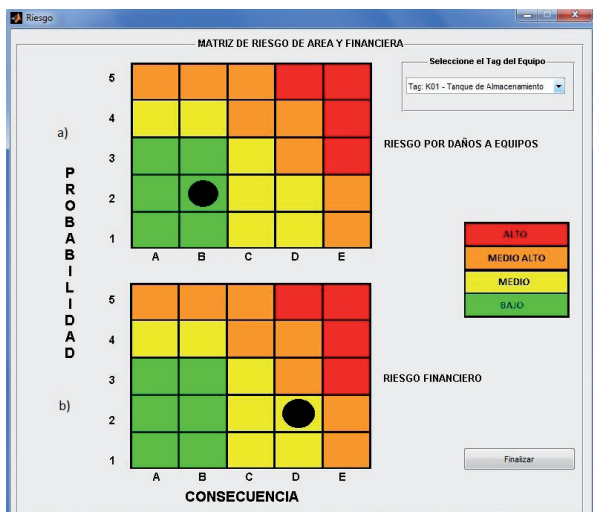


Figura 10. a) Matriz de riesgo de área, b) Matriz de riesgo financiera

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se diseñó e implementó un software basado en la metodología de riesgo de API 581 para la planta recolectora de Campo Escuela Colorado (CEC). Los objetivos y metas propuestos fueron alcanzados satisfactoriamente, dado que el software implementado logró determinar un plan de inspección con los parámetros establecidos inicialmente de componente inspeccionado, mecanismos de daño presentes en el componente, actividad de inspección y su respectivo intervalo de inspección.

A partir de la implementación de la metodología de inspección basada en riesgo se puede concluir que el nivel de riesgo actual de la estación recolectora del Campo Escuela Colorado es medio en la matriz de riesgo financiera; ya que esta es la mayor en toda la planta (Fig. 10b). La presentación de los resultados en una matriz de riesgo es una manera eficaz de mostrar la distribución de los riesgos para los diferentes componentes en una unidad de proceso sin valores numéricos y así determinar la integridad estructural de los equipos de CEC.

Gracias a la realización de este proyecto y teniendo en cuenta que existen en el mercado diversos software que ofrecen los mismos o mejores aplicaciones para el análisis de riesgo; se consiguió conocer una metodología de inspección basada en riesgo bajo el procedimiento de la norma API 581 y junto a esto realizar una administración de datos de inspección que ayudan al mejoramiento de la integridad estructural de una planta y el buen manejo económico con respecto a paradas inesperadas. Es por esto que la realización de este tipo de proyectos contribuye a un mayor vínculo entre el estudiante y la industria de tal manera que se crea el fortalecimiento profesional en áreas tan importantes como lo es el gerenciamiento de la integridad de equipos.

El software construido puede mejorarse en muchos aspectos, tales como el funcionamiento y facilidades que el usuario tenga para el manejo de datos, en donde la determinación de un plan de inspección se pueda lograr de una manera más rápida y unificada, así como nuevas ideas que brindaran nuevos aplicativos para el software.

REFERENCIAS

1. API, API RP 580 - *Recommended Practice for Risk-Based Inspection*, American Petroleum Institute, Washington, D.C.
2. API, API 579-1/ASME FFS-1 2007 *Fitness-For-Service*, American Petroleum Institute, Washington, D.C., Jun. 2007.
3. API RP 581 Part 1- *Inspection Planning Using API RBI Technology*, American Petroleum Institute, Washington, D.C, 20005, Sept. 2008.
4. API RP 581 Part 2- *Determination of Probability of Failure in an API RBI Assessment*, American Petroleum Institute, Washington, D.C, 20005, Sept. 2008.
5. API RP 581 Part 3- *Consequence Analysis in an API RBI Assessment*, American Petroleum Institute, Washington, D.C, 20005, Sept. 2008.
6. API RP 571 – *Damage Mechanisms in the Refinery and Petrochemical Industry*, American Petroleum Institute, Washington, DC, 20005.

Recepción: 21 de Septiembre de 2013

Aceptación: 19 de Diciembre de 2013