

**Herramienta web para apoyar la
asignación de actividades, material
y seguimiento de los roustabouts en
los pozos petroleros del Estado de
Nuevo México, Estados Unidos.**



Herramienta web para apoyar la asignación de actividades, material y seguimiento de los *roustabouts* en los pozos petroleros del Estado de Nuevo México, Estados Unidos.¹

Web tool to support the allocation of activities, material and monitoring of the *roustabouts* at Wells Petroleum from the state of New Mexico, United States.

John Edison Calderón Medina², Lina María Torres Barreto³, Mileidy Álvarez Melgarejo⁴

^{2,3} Universidad Cooperativa de Colombia (UCC), Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI), Bucaramanga, Colombia

Artículo recibido en abril de 2015; artículo aceptado en mayo de 2015.

Citación del artículo: Calderón, J.; Torres, L. & Álvarez M. (2015). Herramienta web para apoyar la asignación de actividades, material y seguimiento de los *roustabouts* en los pozos petroleros del Estado de Nuevo México, Estados Unidos. *I+D Revista de Investigaciones*, 5(1), 82-92.

Resumen

Con el transcurrir del tiempo, se ha evidenciado un incremento de las tecnologías de la información y la necesidad de aplicarlas en el interior de las empresas, como parte fundamental de sus procesos misionales, para lograr la sinergia que se requiere entre las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) y las operaciones del día a día. No obstante, estas tecnologías aún no llegan a cubrir las necesidades

de todos los sectores industriales, tampoco de las empresas petroleras, particularmente del Estado de Nuevo México. Esta carencia hace evidente la necesidad de soluciones tecnológicas de punta, implementadas con carácter oportuno. La investigación que se presenta en este artículo se basa en el desarrollo de una solución tecnológica constituida por una aplicación web, que soporta la asignación de actividades, material y seguimiento de los grupos de trabajo en los pozos petroleros.

¹El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo y sigue un diseño no experimental de carácter descriptivo. Resultado de un proyecto de investigación de la Universidad Cooperativa de Colombia (UCC) de la ciudad de Bucaramanga (Colombia). Calle 30 A No 33 - 51. Bucaramanga, Santander, Colombia.

²John Edison Calderón Medina, colombiano, Ingeniero de Sistemas, Universidad Cooperativa de Colombia (UCC), Correo electrónico: johedisson_c.m@hotmail.com. Roustabouts Services ingeniero de terreno.

³Lina María Torres Barreto, colombiana, Magíster en Administración y Alta Gerencia, Universidad Industrial de Santander (UIS). Correo electrónico: lina.torresb@ucc.edu.co

⁴Mileidy Álvarez Melgarejo, colombiana, estudiante de Administración de Empresas, Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI). Correo electrónico: mileidyvalvarez@hotmail.es

La herramienta proporciona un modo efectivo, para llevar un control organizado de los procesos a realizar en los equipos encargados de los pozos petroleros y garantiza que se pueda hacer seguimiento de cada requerimiento, haciendo más fácil, efectivo y oportuno el desarrollo de la actividad; constituye un hito importante en el funcionamiento de los *roustabouts*, pues a partir de ella podrán tener el registro de sus actividades de una forma más segura, diferente a la forma tradicional de lápiz y papel. El caso de estudio presentado, se implementó en el Estado de Nuevo México (Estados Unidos), para la compañía petrolera EZ Roustabouts Services; no obstante, la herramienta está preparada para ser escalada como solución en otras empresas petroleras de la zona.

Palabras clave: Tecnologías de información y comunicaciones, *roustabouts*, pozos petroleros, Nuevo México, Aplicativo web.

Abstract

With the time we have been witnessed about the growth of the information technology and the need to apply them into the business like base of their missionary process getting the best performance of the technology on the daily operations however, these technologies still not cover the need of all areas in the industry. Neither of the petroleum companies, particularly the companies of the state of New Mexico. This lack is evidence of the importance of looking for technological solutions of high implementation at timely character. The investigation that is presented in this article is based in the developed

of the solutions technologies constituted for one web application, that withstand the assignation of the activities , materials and monitoring of the work crews in the oil wells. The tool provide an effective way for keep the organized control, of the process made by the teams responsible of the oil wells and guarantees that it can get the following of each requirement. Doing more easy / effective the developed of the activities and establish an important part in the roustabouts crews therefrom they could to get the register of theirs activities safe way and different to the traditional way paper and pen. The study case show up was implemented in the state of New Mexico (United States) for the EZ Roustabout Services Company. Also the tool is prepared for be climb like solutions on others petroleum companies at the zone.

Key words: Information and communications technologies, roustabouts, oil wells, New Mexico, Web application.

Introducción

En la última década, los rápidos avances tecnológicos asumidos por las empresas, han ocasionado entre otros aspectos, la difusión de nuevas tecnologías de información y las comunicaciones TIC. La enorme avalancha de recursos informativos que dieron vida a Internet, sentaron las bases sobre las que muchas investigaciones coincidieron, al pronosticar cambios radicales en los sectores empresariales productivos. En concreto, en el campo petrolero se puede afirmar que, aunque faltan trechos por recorrer con respecto a las TIC, al día de hoy en ese sector se han detectado avances significativos

y en concreto en ciertas zonas a nivel mundial, como en el Estado de Nuevo México, Estados Unidos, uno de los estados más influyentes en la industria petrolera no sólo en América, sino en el mundo (Roberts & Roberts, 2004).

Para entrar en detalle, es necesario indicar que en la complejidad del proceso de extracción de crudo, existen varios actores que participan en diferentes labores. Uno de ellos son los denominados equipos de trabajo o *roustabouts*, que cumplen labores trascendentales asociadas a tareas de mantenimiento e instalación en los campos. Los *roustabouts*, conformados por un jefe de grupo y dos ayudantes, están en condiciones de trasladarse a diferentes lugares en los campos de petróleo y permanecer allí por largos periodos y se ven expuestos a condiciones ambientales extremas y con ello, a un fuerte desgaste físico. Trabajan con materiales pesados, en su mayoría metales y plásticos, están equipados con herramientas de uso manual y electromecánico, y son los responsables del mantenimiento y la instalación de los equipos de producción desde el lugar de extracción hasta el centro de acopio, para su respectiva separación de elementos como el gas, agua y aceite (Bureau of Labor Statistics USA, 1992).

Teniendo en cuenta el funcionamiento y propósito de los *roustabouts*, la situación problema a resolver mediante este ejercicio de investigación-acción, se relaciona con la carencia de herramientas TIC que soporten los procesos de asignación de actividades, registro, control y seguimiento de las mismas para tales *roustabouts*.

Los *roustabouts* se movilizan en un vehículo

grúa equipado con herramientas calificadas para realizar trabajos de mantenimiento e instalación, entre ellas herramientas básicas de uso manual como martillos y palas, y otras electrónicas como el equipo de creación de roscas en tuberías o la grúa usada para cargar y descargar materiales de gran volumen. Todas estas herramientas son utilizadas con el propósito de realizar trabajos como la instalación de líneas de conducción que transportan el crudo hasta el centro de separación de agua, gas y aceite, la instalación de bombas de inyección de agua, y la instalación de centros de acopio (*locations*). Tanto tanques de almacenamiento como de separación de líquidos de alta presión, son considerados dentro de las visitas de los *roustabouts*.

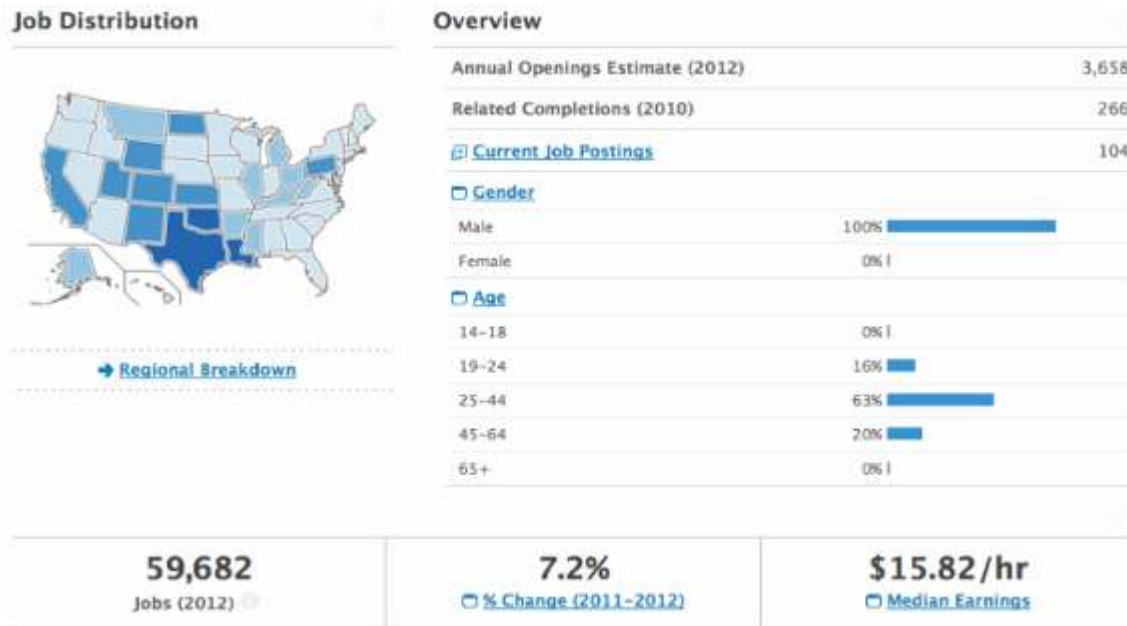
Los *roustabouts* están expuestos a los grandes peligros existentes en el campo petrolero: altas presiones manejadas en sus líneas de conducción e inestabilidad de las mismas, elementos de gran tamaño difíciles de dominar para los cuales se necesita el uso de un equipo para prevención de caídas, condiciones climáticas altas en temporadas secas y suelos desérticos, temperaturas bajo cero grados centígrados en inviernos con fuertes nevadas, explosiones inminentes ocasionadas por tormentas eléctricas y riesgos químicos al contacto con la humanidad (Department of Labor USA, 1994).

La importancia de este negocio para la economía norteamericana es innegable, ya que los datos sugieren un notable crecimiento en el índice de empleo asociado a los *roustabouts*. Aquellos que están asociados a oil y gas, han aportado en Estados Unidos 74.996 empleos durante 2009, con un incremento del 10 % en el 2011 para un total de 82.678 empleos en ese año.

Así, esta área de trabajo se posiciona en el lugar número cinco entre las diez áreas de desempeño más apetecidas en el sector petrolero. Para el 2012 la cifra fue de 52.682 empleos directos (Department of Labor USA, 1994).

Para este caso particular de estudio es posible afirmar, de acuerdo con el conocimiento de primera mano de uno de los integrantes de esta investigación –por su participación en uno de estos *roustabouts*–, que (hasta el día de inicio de

Figura 1. Perfil de empleo roustabouts en Estados Unidos.



Fuente: EMSI Economic Modeling Specialists Intl. Diciembre 12 de 2012

este proyecto) las compañías petroleras en Nuevo México no cuentan con un sistema que apoye la organización y desarrollo de sus tareas, lo cual abre una oportunidad para aplicar un conjunto de TIC que faciliten su labor. En la actualidad, la información relativa a las funciones en campo asignadas por los supervisores, es registrada de forma manual (lápiz-papel) y verbal, mediante llamadas telefónicas. Estas, a su vez, son transmitidas de igual manera a los *roustabouts*. Al finalizar la actividad se procede a crear un registro manual que contiene la descripción de la función realizada.

La principal desventaja de este mecanismo es la pérdida del registro de la información, al estar

en un medio de fácil eliminación, hecho que dificulta tener el control sobre cada actividad y a su vez la veracidad de la misma. Con este panorama se ve afectada la producción del oro negro en las empresas petroleras, al asignar funciones ya realizadas, debido a que no fueron registradas en un medio que pudo prevenir la reasignación de una actividad ya cumplida. El tiempo es, sin lugar a dudas, lo más valioso en el campo petrolero; las diferentes empresas petroleras carecen de herramientas tecnológicas que eviten estos sucesos en el campo de trabajo, haciendo que un problema menor pueda convertirse en algo mucho mayor cuando no existe comunicación entre los relacionados.

En este artículo se evidencia la interacción de las TIC y los sistemas de información, para el apoyo tecnológico al desarrollo de cierto conjunto de tareas en el sector petrolero, a través de la implementación de una aplicación web, utilizando código aspx.net para la asignación de actividades, material y seguimiento de los *roustabouts* en los pozos petroleros del Estado de nuevo México (Estados Unidos).

El modelo de desarrollo de software empleado es el espiral, siguiendo a Pressman (1997). El proceso de desarrollo del módulo web y los requerimientos del software, el diseño de la base de datos, el diseño de interfaz gráfica y la programación del módulo web fueron desarrollados en aspx.net y las pruebas efectuadas para verificar el funcionamiento del mismo, fueron, igualmente, diseñadas bajo los criterios de Pressman (1997).

Metodología

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo y sigue un diseño no experimental de carácter descriptivo. En el desarrollo de la herramienta web, la investigación permitió encontrar e implementar mecanismos que facilitan el análisis de información por parte de los *roustabouts*, que antes recopilaban dicha información, pero que, al no estar estructurada, no era válida para hacer análisis y gestión sobre ella. Así, uno de los mayores logros alcanzados, gracias a la metodología participativa, que implicó involucrar totalmente a los *roustabouts* en el diseño y desarrollo, fue lograr un aplicativo que sistematiza y ordena la información en las empresas y que permite gestión sobre la misma.

Al estudiar el problema y plantear *a priori* una solución tecnológica apropiada a las necesidades detectadas, se seleccionó el modelo en espiral (Barranco de Areba, 2001), teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas frente a otros modelos. El modelo espiral facilita el desarrollo, al poseer las siguientes etapas: comunicación con el cliente, planificación, análisis de riesgos, diseño, desarrollo, pruebas o validación y evaluación con el cliente.

En lo concerniente a la comunicación con el cliente, se determinaron los aspectos relativos al módulo web “capacita virtual” y se tuvo en cuenta, de forma preponderante a los *roustabouts*. En la planificación se determinaron los objetivos y las condiciones que limitan el desarrollo del módulo web (económicas, tiempo, herramientas y conocimiento). En el análisis se desarrolló un plan para descubrir los riesgos más importantes y así proponer una solución a estos. En el diseño se realizaron los diagramas pertenecientes al diseño arquitectónico (diagramas de flujo), de interfaz, de maqueta (mapas de navegación), de modelo de datos (modelo entidad relación) de procesos (diagrama de bloques) y diagrama de clases. En el desarrollo, por su parte, se implementó el módulo web.

Finalmente, en las pruebas o validaciones se verificó el funcionamiento del sistema para cada usuario y en la evaluación con el cliente se realizaron pruebas de fuerza a toda la aplicación, corroborando las funcionalidades del módulo web.

El desarrollo del módulo web inició desde el levantamiento de los requerimientos, los cuales

se catalogaron, siguiendo a Sommerville (2005) en:

- Requerimientos de entrada.
- Requerimientos de proceso.
- Requerimientos de salida.

Entre los requerimientos de entrada se encuentra la autenticación de los usuarios a través de *login* y *password* para obtener los permisos establecidos para cada perfil.

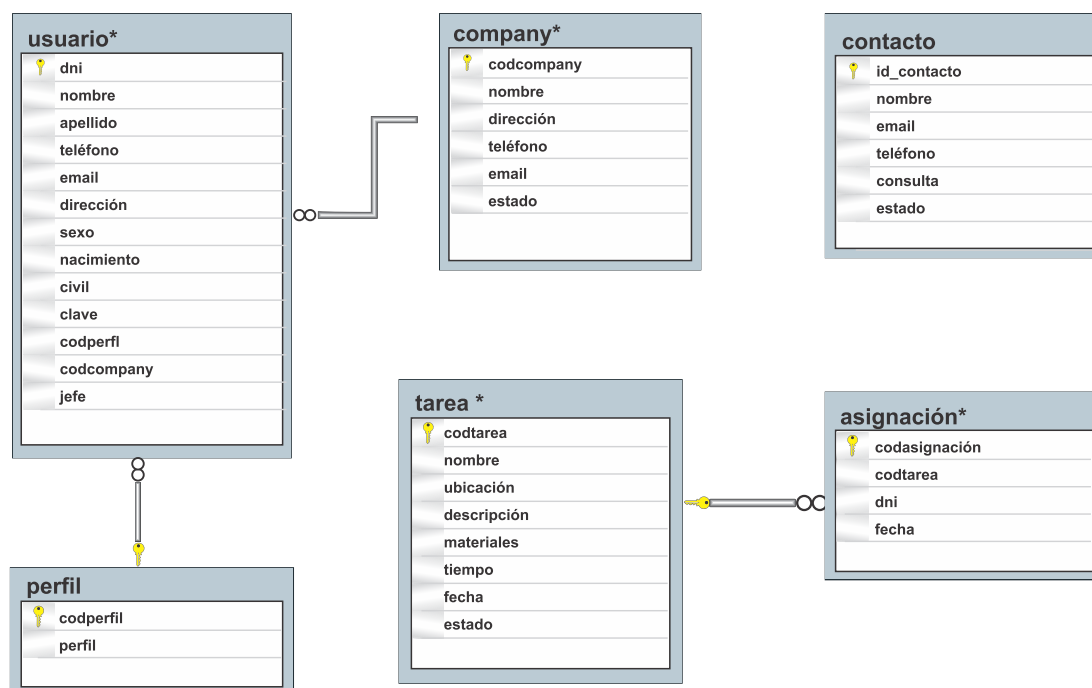
En los requerimientos de proceso está el acceso a cada *script* según los perfiles de usuario; en la herramienta web el supervisor crea y asigna las actividades para cada *roustabout*, el jefe

visualiza las tareas que le fueron asignadas, el ayudante visualiza informes y tareas asignadas y por último, la compañía genera informes sobre sus grupos de trabajo y su desempeño.

Entre los requerimientos de salida se encuentran la aprobación de cada tarea cumplida basada en los informes generados para cada *roustabouts*, que permiten habilitar la calificación de su rendimiento dentro del campo.

El diseño de la base de datos contiene seis tablas, tal como se muestra en la Figura 1, y se diseñó siguiendo estándares de ingeniería del software (Kendall & Kendall, 2005).

Figura 2: Diseño de la base de datos .



Fuente: Propia

Resultados

A continuación se presentan los resultados más relevantes de cada una de las etapas

presentadas previamente en el apartado: “metodología”. Para ello se emplean imágenes y tablas que dan cuenta de los resultados obtenidos y la importancia de los mismos para el proyecto.

El periodo de diseño y desarrollo abarcó 6 meses para cubrir todas las etapas metodológicas. El trabajo se realizó con un total de setenta personas (cuarenta de ellos *roustabouts* de New México) pertenecientes a tres diferentes empresas del sector petrolero.

En cuanto a las interfaces gráficas de la herramienta web, se ofrecen en su totalidad tanto en inglés como en español, al considerar que los integrantes de los *roustabouts* pueden ser hispanos o angloparlantes. En la Figura 2 se ofrece una imagen de la pantalla de entrada a la herramienta. La Figura 3 muestra un inicio de sesión, mediante una pantalla de autenticación. Las figuras 4 y 5 muestran el ingreso con perfil de administrador y la figura 6, muestra el diseño de interfaz pantalla de entrada al menú compañía respectivamente.

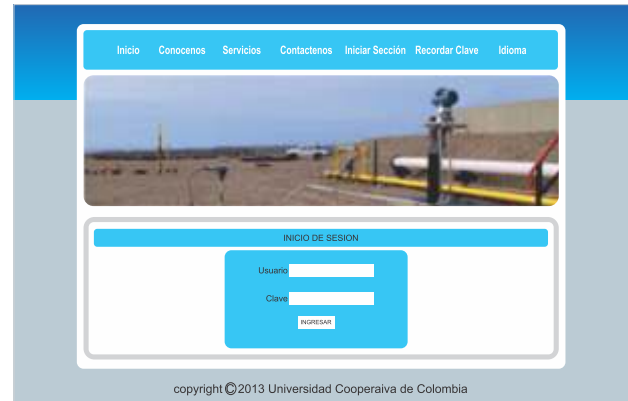
La herramienta web se desarrolló en lenguaje de programación ASPX.NET (Vb) y la conexión con el motor de base de datos SQL server R2 2008, se basa en componentes y JavaScript, lo cual la hace más accesible en las actividades de navegación de los usuarios. El entorno de trabajo es el sistema operativo Windows 7.

Figura 3. Pantalla principal entrada a la herramienta web



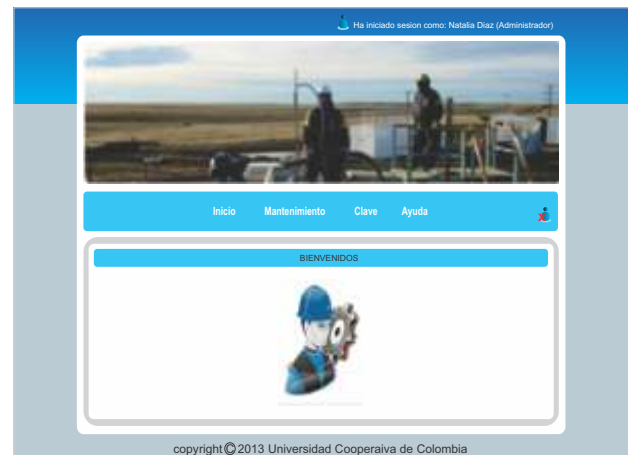
Fuente: Propia

Figura 4. Inicio de sesión.



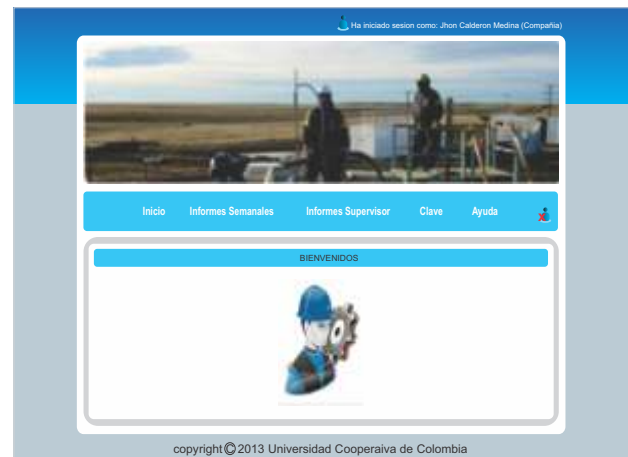
Fuente: Propia

Figura 5. Inicio de sesión administrador



Fuente: Propia

Figura 6. Diseño de interfaz pantalla entrada al menú compañía

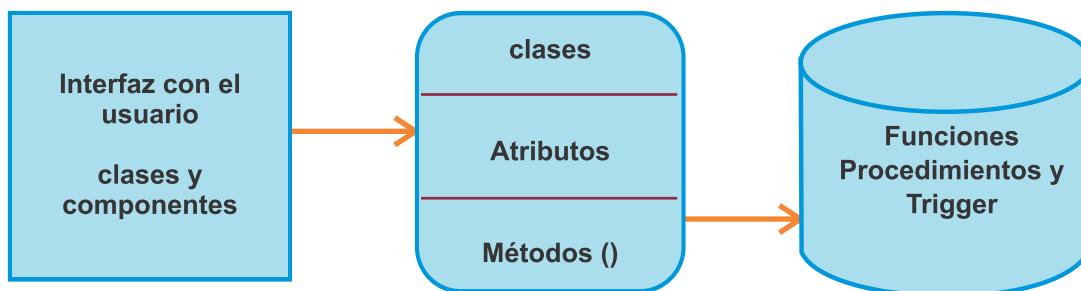


Fuente: Propia

Adicionalmente, se utilizó el estándar Script: clases y funciones, sabiendo que el *script* llama a la clase y esta a su vez llama a las funciones almacenadas en la base de datos. La Figura 7 muestra un esquema general de tales relaciones.

El modulo herramienta web ha sido creado en diferentes directorios para su composición estructurada, permitiendo así un mejor desarrollo y organización en sus contenidos. Teniendo en cuenta bases de diseño y desarrollo se crearon los

Figura 7. Estándar de desarrollo



Fuente: P. E. S. A, Ingeniería del software, Madrid , 2006.

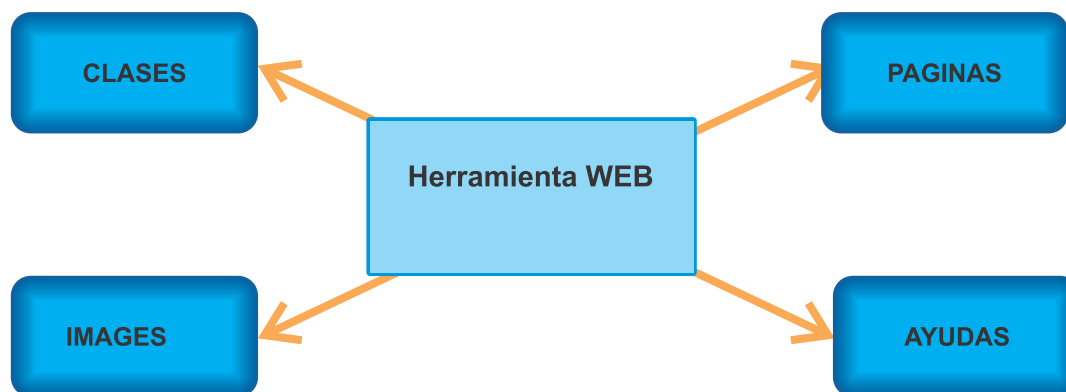
siguientes directorios: clases, imágenes, páginas y ayudas contenidas en un módulo principal llamado oilfield.

Se realizaron pruebas a cada menú verificando el cumplimiento de los procesos para los cuales fueron diseñados, logrando cumplir con los objetivos propuestos para el administrador, compañía, supervisor, jefe y ayudante, especificados en los casos de uso.

Para la herramienta web se consideraron políticas de seguridad que dieron un respaldo y garantizaron la integridad, consistencia y confiabilidad de la información a través del manejo de sesiones y permisos según los perfiles establecidos. Estos perfiles incluyen: administrador, compañía, supervisor, jefe y ayudante.

Por otra parte, se realizaron pruebas de caja negra y caja blanca; estas pruebas se llevaron a cabo en la interfaz del software, logrando así determinar que las entradas sean aceptadas de una manera adecuada (Amo, Martínez, &

Figura 8. Sitio de trabajo módulo web



Fuente: Los autores

Segovia Pérez, 2005) y generen salidas en una forma correcta, además con el fin de permitirle a cada usuario en sus diferentes roles navegar a través del aplicativo. A través de las pruebas se pueden verificar cada rol:

Administrador: correcto funcionamiento en el mantenimiento de las tablas de la base de datos, así como en la generación de informes.

Compañía: correcto funcionamiento al momento de visualizar los informes de las actividades de mantenimiento.

Supervisor: correcto funcionamiento al momento de crear las tareas de mantenimiento, así como en la asignación de las tareas a los diversos jefes de mantenimiento, visualización y generación de informes con respecto a las tareas asignadas.

Jefe: correcto funcionamiento al momento de visualizar las tareas asignadas a su perfil, así como la generación de informes de las diversas actividades de mantenimiento.

Ayudante: correcto funcionamiento al momento de visualizar las tareas asignadas al jefe, así como la visualización de los informes de actividades.

Se realizaron las pruebas de control y seguridad, comprobando que la herramienta web dispone de integridad, seguridad y control, cumpliendo con las restricciones de operatividad para un buen desempeño.

Finalmente, como resultado del desarrollo, se realizó la ayuda en línea y la documentación

pertinente, logrando que el manual de usuario cumpla con las especificaciones necesarias para un desempeño adecuado en la utilización del aplicativo, así como la implementación de un manual técnico orientado al administrador del sistema.

Conclusiones y discusión

Es claro para todos que el surgimiento de nuevas tecnologías de la información y de la comunicación está en constante evolución, al igual que el ritmo de crecimiento de la humanidad, lo que otorga nuevas y diversas formas de transmitir el conocimiento al utilizar tales tecnologías.

En concreto, con el desarrollo e implementación de esta herramienta para apoyo a *roustabouts*, los equipos contarán, a partir de ahora, con una herramienta web de fácil acceso en sus dispositivos, que les permitirá elaborar los informes pertinentes a sus actividades de una manera más confiable y segura.

La industria petrolera se verá beneficiada con la herramienta web debido a que ésta podrá gestionar y consultar la distribución organizada de sus actividades en la asignación de tareas, llevando un control más detallado en cada una de las labores a desarrollar, con la posibilidad de obtener el registro de cada actividad. Datos como el tiempo en que la actividad fue desarrollada, los involucrados en la realización de la actividad y el uso de materiales que se emplearon en ella, serán un valor agregado, derivado de la construcción de esta herramienta. Todos estos datos se guardan ahora de una forma segura y pueden ser

consultados en cualquier lugar y momento. De esta forma se facilita el cumplimiento de las tareas de mantenimiento sin intervenciones. El impacto previsible que tendrá sobre la efectividad de sus operaciones es positivo, considerando que los *roustabouts* son la base que soporta las operaciones en el campo de estas compañías.

Se calcula, a partir de la experimentación previa con el funcionamiento del sistema original y la posterior implementación de la herramienta, que la eficiencia de los *roustabouts* mejora en al menos un 40 %, en tanto que la respuesta a las solicitudes de servicio y a la realización de la actividad es más rápida y completa, la información histórica se almacena de forma estructurada, permitiendo acceder a ella en forma ágil, oportuna y confiable.

Así se concluye que con el desarrollo de la herramienta, se logra una significativa mejoría y una trazabilidad en el tiempo.

De cara al futuro, la solución se considera escalable y se prevén ampliaciones en su núcleo de funcionamiento en cuanto al desarrollo de la herramienta, debido a que ésta podrá ser adaptada a nuevos procesos que requiera la industria petrolera. Estas mejoras permitirán, en un futuro, mejorar la producción y reducir los gastos operacionales en sus implementos o materiales de trabajo.

Las principales limitaciones para la realización de este trabajo se centraron en el contacto con las empresas al momento de hacer la recolección de la información necesaria, debido al idioma inglés. Otro factor que limitó el avance

del proyecto fue el poco conocimiento tecnológico por parte de los *roustabouts*, sobre el manejo de los dispositivos móviles, situación que demanda una mayor atención en el futuro por parte de las empresas petroleras. No obstante, el balance positivo se considera, y las opciones de desarrollos posteriores, para ser emprendidas en el corto plazo, quedan abiertas.

Referencias

Amo, F. A., Martínez, L., & Segovia Pérez, F. J. (2005). Introducción a la ingeniería de software: modelos de desarrollo de programas. Madrid, España: Delta Publicaciones Universitarias, primera edición.

Barranco de Areba, J. (2001). Metodología del análisis estructurado de sistemas. Madrid, España: Universidad Pontificia de Comillas.

Bureau of Labor Statistics USA. (1992). Occupational outlook handbook. USA Government.

Department of Labor USA. (1994). Occupational outlook handbook. USA Government.

Kendall, K., & Kendall, J. (2005). Análisis y diseño de sistemas. Pearson.

Pressman, R. (1997). Ingeniería del software: un enfoque práctico. Barcelona, España: MC Graw Hill.

Roberts, C., & Roberts, S. (2004). Una historia de Nuevo México. UNM Press.

Sommerville, I. (2005). Ingeniería del software. Pearson.