

Desarrollo de un Sistema Informático para la Gestión de Información Generada en Trabajos de
Inspección Según Normas API570 y API 574 en Redes de Tubería de Transporte de Gas e
Hidrocarburos

Jhollby Julian Hernandez Vargas y Kevin Johan Castellanos Cuellar

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Jabid Eduardo Quiroga Mendez

PhD. Doctor en Ingeniería Civil

Codirector

Robin Alexis Cristancho Perilla

Ingeniero Mecánico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Mecánica

Escuela de Físico Mecánicas

Ingeniería mecánica

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

A Dios padre, por darme salud, y permitirme este logro tan importante.

*A mis Padres, Cecilia y Julio, por su apoyo incondicional, sacrificio y confianza que me
han brindado siempre.*

A mi novia Vicky, por su apoyo, compañía y amor incondicional durante este camino.

A mis hermanos, Sebastián y Mathias por su cariño.

*A mi Familia en general, que contribuyeron de muchas maneras para lograr este
objetivo.*

Jhollby Julian Hernandez Vargas

Dedicatoria

A mi mamá Patricia Cuellar que la amo con todo mi corazón, por ser la mejor mamá del mundo, por todo su amor, sus enseñanzas y por ser una mujer inteligente, y valiente

A mi papá Jorge Castellanos que lo amo con todo mi corazón, por su sacrificio, su amor y todos los esfuerzos que ha hizo para que este sueño fuera posible

A mi hermano Andrés, para mi sangre, que durante toda mi vida ha estado conmigo enseñándome que es el amor de hermanos

A mis nonitos Ana Julia y Jairo que con sus enseñanzas, amor y apoyo contribuyeron a la persona que soy hoy

A mi tía Marcela y a Raúl por ser mis segundas figuras paternas, por darme su amor y apoyo incondicional

A mi novia Paola, por motivarme en momentos difíciles, por darme su amor y apoyarme en este proyecto

Kevin Johan Castellanos Cuellar

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto expresan su sincero agradecimiento a:

La Universidad Industrial de Santander, por ser nuestra alma mater y contribuir en nuestro proceso de formación.

La Escuela de ingeniería Mecánica, por servir de centro de estudios y ofrecernos un espacio para el desarrollo integro.

A todos los docentes de la UIS, quienes nos acompañaron durante el proceso formativo.

Al profesor Jabid Quiroga, por brindarnos su apoyo y conocimiento en el desarrollo del proyecto.

A nuestro Codirector Robin Cristancho quien brindó su apoyo y experiencia en el proceso de desarrollo del proyecto.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. Generalidades.....	18
1.1 Descripción del problema	18
1.2 Justificación de la solución	19
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo general.....	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
2. Marco teórico	23
2.1 Normas relevantes.....	23
2.1.1 Código de inspección de tubería: inspección en servicio, clasificación y alteración de los sistemas de tubería (American Petroleum Institute [API], 2016).....	24
2.1.2 Mecanismos de daños que afectan a los equipos fijos de la industria de refinación (American Petroleum Institute [API], 2020)	24
2.1.3 Prácticas de Inspección para Componentes de Sistemas de Tuberías (American Petroleum Institute [API], 2016).....	25
2.1.4 Sistemas de transporte de líquidos por tuberías Hidrocarburos y Otros Líquidos (American Association of Mechanical Engineers [ASME], 2022)	25

2.1.5	Sistemas De Tuberías De Distribución y Transporte De Gas (American Association of Mechanical Engineers [ASME], 2022).....	26
2.1.6	Manual para determinar el esfuerzo remanente en tuberías corroídas (American Association of Mechanical Engineers [ASME], 2012).....	26
2.2	Ensayos no destructivos.....	26
2.2.1	Inspección Visual (VT).....	27
2.2.2	Inspección con líquidos penetrantes (TP).....	28
2.2.3	Medición de espesores por ultrasonido (UT).....	28
2.2.4	Inspección por radiografía (RT).....	29
2.2.5	Inspección EMAT.....	29
2.2.6	Partículas magnéticas (MT).....	30
2.3	Mecanismo de deterioro.....	30
2.3.1	Corrosión.....	31
2.3.2	Daños mecánicos.....	38
2.4	Evaluación de la corrosión.....	39
2.4.1	Criterios de evaluación por ASME B31.4.....	40
2.4.2	Criterios de evaluación por ASME B31.8.....	40
2.4.3	Criterios de evaluación por ASME B31.G.....	41
2.4.4	Criterios de evaluación según API 570.....	45
2.4.5	Criterios de evaluación según API RP 574.....	47

2.5	Daños mecánicos	47
2.5.1	Abolladuras	47
2.5.2	Arrugas.....	48
2.6	Sistema de información.....	49
2.6.1	Ventajas de un sistema de información.....	49
2.6.2	Componentes de un sistema de información	50
2.6.3	Acciones de un sistema de información.....	51
2.6.4	Tipos de sistemas de información.....	52
2.6.5	Creación de sistemas de información	54
2.7	Sistemas informáticos	56
2.7.1	Diseño de sistema o aplicación informáticos.....	56
2.7.2	Metodología de desarrollo del sistema o aplicativos informáticos.....	57
2.7.3	Plataformas de poco código o Low code platforms.....	58
2.7.4	Microsoft 365.....	58
3.	Ingeniera de sistema informático (SOMIT).....	61
3.1	Estado actual	61
3.1.1	Falta de coordinación y planeación en las órdenes de inspección.	62
3.1.2	Riesgos de incumplimiento normativo.	64
3.2	Requerimientos de diseño.....	65
3.2.1	Requerimientos del usuario.....	66

3.3	Diseño conceptual.....	68
3.3.1	Funcionalidades de la solución.....	68
3.3.2	Matriz calidad QFD	69
3.3.3	Planteamiento de alternativas	70
3.4	Diseño en detalle.....	74
3.4.1	Diseño de flujo de datos y módulos.....	75
3.4.2	Diseño de interfaz gráfica de usuario.....	86
4.	Validación del sistema informático.....	89
4.1	Reporte diario 1.....	91
4.2	Reporte diario 2.....	94
5.	Conclusiones.....	102
6.	Recomendaciones	104
	Referencias bibliográficas.....	105
	Apéndices.....	109

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Criterios aceptación abolladuras</i>	48
Tabla 2 <i>Jerarquización de los sistemas de información</i>	53
Tabla 3 <i>Requerimientos de usuario agrupados y organizados</i>	66
Tabla 4 <i>Datos del cliente</i>	89
Tabla 5 <i>Servicios contratados por el cliente</i>	90
Tabla 6 <i>Detalles de la tubería</i>	90

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Potencial electroquímico</i>	32
Figura 2 <i>Corrosión atmosférica</i>	33
Figura 3 <i>Corrosión debida a suelos</i>	34
Figura 4 <i>Daño causado por la erosión</i>	36
Figura 5 <i>Pitting externo</i>	37
Figura 6 <i>Corrosión externa generalizada</i>	37
Figura 7 <i>Corrosión bajo aislamiento</i>	38
Figura 8 <i>Parámetros para la evaluación nivel 1</i>	42
Figura 9 <i>Actividades básicas de un sistema de información</i>	51
Figura 10 <i>Matriz de calidad QFD</i>	69
Figura 11 <i>Esquema general del sistema informático</i>	70
Figura 12 <i>Flujo interno sistema informático</i>	71
Figura 13 <i>Diseño de interfaz de usuario</i>	74
Figura 14 <i>Flujo de datos y módulo en general del sistema</i>	75
Figura 15 <i>Flujo de módulo usuario</i>	76
Figura 16 <i>Flujo rol de planeador</i>	77
Figura 17 <i>Ejemplo de tabla de registro de actividades de inspección</i>	78
Figura 18 <i>Flujo módulo reporte actividades</i>	79
Figura 19 <i>Flujo de módulo de evaluación de hallazgos</i>	81

Figura 20 <i>Flujo indicador de costos</i>	84
Figura 21 <i>Ejemplo de notificación de una nueva orden creada</i>	86
Figura 22 <i>Ejemplo de entradas datos para la evaluación de hallazgo</i>	87
Figura 23 <i>Ejemplo de tabla de registro de actividades de inspección</i>	88
Figura 24 <i>Creación orden de inspección</i>	91
Figura 25 <i>Registro de condición climática</i>	91
Figura 26 <i>Inspección realizada</i>	92
Figura 27 <i>Reporte de actividades</i>	92
Figura 28 <i>Hallazgo de perdida de material</i>	92
Figura 29 <i>Hallazgo relevante 1</i>	93
Figura 30 <i>Evaluación de hallazgo 1</i>	93
Figura 31 <i>Valoración del hallazgo 1</i>	93
Figura 32 <i>Observaciones</i>	94
Figura 33 <i>Guardar orden</i>	94
Figura 34 <i>Condición climática reporte diario 2</i>	95
Figura 35 <i>Intervalos de lluvia</i>	95
Figura 36 <i>Actividades realizadas</i>	95
Figura 37 <i>Registro de hallazgo</i>	96
Figura 38 <i>Primer nivel de evaluación</i>	96
Figura 39 <i>Segundo nivel de evaluación</i>	96
Figura 40 <i>Registro fotográfico hallazgo relevante</i>	97

Figura 41 <i>Culminación de inspección</i>	97
Figura 42 <i>Registro de informe final de inspección</i>	98
Figura 43 <i>Módulo ordenes de inspección realizadas</i>	98
Figura 44 <i>Registro de cantidades totales</i>	99
Figura 45 <i>Reportes diarios</i>	99
Figura 46 <i>Información asociada a el reporte diario</i>	100
Figura 47 <i>Flujo de notificación de hallazgo relevante</i>	100
Figura 48 <i>Evidencia de notificación</i>	101

Lista de Apéndices

	Pag.
Apéndice A Tablas de propiedades	109
Apéndice B Encuesta	114
Apéndice C Manual de usuario.....	118

Resumen

Título: Desarrollo De Un Sistema Informático Para la Gestión De Información Generada En Trabajos De Inspección Según Código API 570 y La Práctica Recomendada API RP 574 En Redes De Tubería De Transporte De Hidrocarburos ^{1*}

Autor: Jhollby Julian Hernandez Vargas, Kevin Johan Castellanos Cuellar^{**}

Palabras Clave: Sistema Información, Inspección, Tuberías, Hidrocarburos, Normas API, Integridad

Descripción: El presente trabajo de investigación busca desarrollar un sistema informático para gestión integral de la información generada de inspecciones de integridad a sistemas de tubería de transporte de hidrocarburos. La solución aborda los desafíos críticos actuales en la recopilación, procesamiento y utilización de datos para la toma de decisiones de manera oportuna para garantizar la seguridad de las operaciones. El sistema informático está basado en herramientas de Microsoft 365, el cual permite: el control de órdenes de inspección, registro de actividades, gestión de archivos, generación de notificaciones, evaluación y registros de hallazgos. Este sistema utilizará herramientas como SharePoint para la gestión de archivos y bases de datos, Power App para la creación interfaces de usuario personalizadas y Power Automate para la automatización de procesos. Este proyecto busca transformar la gestión de la integridad de tuberías en la industria hidrocarburo, mejorando la eficiencia, garantizando el cumplimiento normativo y ofreciendo una plataforma integral para todas las actividades de inspección, y aportando una base teórica de los criterios empleado en las evaluaciones de integridad mecánica.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Jabid Eduardo Quiroga Mendez. Doctor en Ingeniería Civil. |

Abstract

Title: Development of a Computer System for the Management of Information Generated by Inspection Work According to API Code 570 and Recommended Practice API RP 574 in Hydrocarbon Transport Pipe Networks *

Author(s): Jhollby Julian Hernandez Vargas, Kevin Johan Castellanos Cuellar **

Key Words: Information system, Inspection, Piping, Hydrocarbons, API Standards, Integrity

Description: The present research project seeks to develop a computer system for comprehensive management of information generated from integrity inspections to hydrocarbon transport pipeline systems. The solution addresses current critical challenges in the collection, processing, and use of data for timely decision-making to ensure the safety of operations. The computer system is based on Microsoft 365 tools, which allows: control of inspection orders, registration of activities, management of files, generation of notifications, evaluation, and records of findings. This system will use tools such as SharePoint for managing files and databases, Power App for creating custom user interfaces and Power Automate for process automation. This project seeks to transform pipeline integrity management in the hydrocarbon industry, improving efficiency, ensuring regulatory compliance, and providing a comprehensive platform for all inspection activities, and providing a theoretical basis for the criteria used in mechanical integrity assessments.

* Degree Work

** Faculty of Physical-mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Jabid Eduardo Quiroga Mendez. Doctor of Civil Engineering.

Introducción

Una de las industrias más importantes en Colombia es la industria de los hidrocarburos, según la agencia nacional de hidrocarburos este sector 3%-5% del PIB de la nación (Jiménez, 2010), siendo Ecopetrol S.A el principal productor de hidrocarburos del país (ECOPETROL, 2020). Una de las bases principales de la industria es el transporte, en el cual los sistemas de tuberías que se encargan de transportar los hidrocarburos desde los pozos de extracción hasta las estaciones de bombeo, las refinerías y los puntos de comercialización (midstream).

Los sistemas de tuberías son la forma más segura, confiable y de bajo costo de transportar los hidrocarburos, sin embargo, estos no se encuentran exentos de fallas mecánicas, fallas operacionales, corrosión, daños por la naturaleza y daños por terceros, que generan pérdidas económicas, daños ambientales y posibles pérdidas humanas.

Uno de los mecanismos de falla esencial en las redes de tuberías es la corrosión, por tanto, existe la necesidad de mantener en óptimas condiciones operacionales los sistemas de tuberías, para esto se emplean empresas especializadas encargadas de realizar inspecciones recurrentes que permiten garantizar la integridad mecánica de los activos. Todas esas tareas generan un gran volumen de información que debe ser almacenada, organizada y procesada, para esto se emplean diferentes medios de comunicación de la información que no suelen ser óptimos y asertivos generando falta de comunicación, pérdida de información y retrasos en el seguimiento de actividades críticas. La búsqueda de resolver estos problemas ha generado la necesidad de desarrollar un sistema informático que permita centralizar y mejorar la gestión de la información generada por los trabajos de inspección en sistemas de tuberías.

Con el fin de mejorar la eficiencia de los trabajos de inspección se opta por la implementación de herramientas informáticas que proporcionan los medios para almacenar, organizar y procesar grandes volúmenes de información. Lo cual, permite a las organizaciones tomar decisiones de manera rápida, controlar los procesos y generar alertas todo esto con el fin de mejorar la gestión de los trabajos de inspección en los sistemas de tuberías.

Con el fin de conseguir el objetivo del proyecto, se realizó un estudio de los códigos API 570, ASME B31.8, ASME B31.4 y la practica recomendada API RP 574, estos establecen las prácticas de inspección y los criterios que permiten determinar el estado mecánico de los sistemas de tuberías, siendo relevante la adquisición de conocimiento sobre de los mecanismos de daño como la corrosión y daños mecánicos. A continuación, se realizó un análisis bibliográfico sobre los sistemas de informáticos para la gestión de información determinando sus principales características, se procede al desarrollo del sistema informático mediante la implementación de la plataforma Microsoft 365, en específico con la herramienta Power apps y SharePoint adaptando la solución a las necesidades específicas de la industria.

1. Generalidades

1.1 Descripción del problema

El objetivo de las empresas de inspección es garantizar que los sistemas de tubería cuenten con las condiciones necesarias para seguir operando de manera segura, esto mediante la realización de un plan de inspección que consiste en la aplicación de diversos ensayos no destructivos que permiten realizar una evaluación de la integridad mecánica del activo. Los planes de inspección se realizan conforme al código API 570, ASME B31.8, ASME B31.4 y la práctica recomendada API RP 574 los cuales generan una gran cantidad de información que se debe almacenar, organizar y procesar.

El flujo de información para realizar una orden de inspección requiere de la integración de varias áreas. Sin embargo, la ausencia de sistematización en los procesos es uno de los problemas más comunes encontrados al momento de realizar las órdenes de inspección, debido a la falta de organización, planificación y ejecución de las mismas. El personal no cuenta con una ruta clara y detallada, lo que genera pérdida de tiempo y falta de coordinación entre las diferentes áreas de trabajo. Además, la ausencia de un sistema que permita centralizar la información dificulta los procesos de: seguimiento y control a las órdenes de inspección, evaluación de la calidad de los datos recopilados, la realización de análisis de rendimiento, y por último no permite la toma de decisiones de manera rápida y oportuna.

Así mismo, la falta de un registro concreto y accesible de las tareas realizadas con anterioridad genera dificultades en la continuación y finalización de las tareas de inspección por parte de otro grupo de inspectores, lo que puede generar atrasos y tareas de inspección incompletas.

Según Duffuaa et al. (2002)

“La cantidad de información que se recopila, procesa y utiliza para la toma de decisiones es enorme, por lo que se necesita un enfoque sistemático para la administración de la información”, por lo que cualquier organización ligada al mantenimiento que quiera optimizar sus procesos requiere de un sistema que permita la administración de la información, y un sistema típico para esta tarea requiere el apoyo de un sistema informático.

1.2 Justificación de la solución

Como se mencionó anteriormente el objetivo de las empresas de inspección es garantizar que las redes de tubería funciones correctamente, para que esto sea posible se hace indispensable la implementación de un sistema para procesar y registrar los datos de inspección.

Los datos son un conjunto de números y anotaciones sobre todos los aspectos relacionados con mantenimiento que se generan o se pueden obtener a partir de la actividad diaria. La información la componen también datos, pero ordenados de tal manera que nos permiten tomar decisiones. El sistema de información es el elemento que relaciona ambos, datos e información, de manera que convierte los primeros en los segundos (Garrido, 2003, p.249).

Un sistema informático centralizado y automatizado se propone para superar las limitaciones actuales. Esta solución busca eliminar la falta de seguimiento, reducir repeticiones y agilizar la generación de informes, mejorando la eficiencia y asegurando el cumplimiento de normativas, en términos generales un sistema de información apoyaría las tareas de las organizaciones de inspección en las siguientes funciones:

- Identificación de los sistemas de tubería.
- Planeación, programación y realización de las ordenes de inspección.
- Gestión de personal.
- Procedimiento de trabajo y estándares de seguridad.
- Historial del activo.
- Informes de desempeño.
- Generación de alertas.

Por último, se puede concluir de todo lo anterior que el éxito del sistema información esta medido en su capacidad de apoyar las tareas de inspección, para lo cual se requiere que el sistema este pensando particularmente para su implementación en este tipo de aplicaciones. En esta investigación no fue posible encontrar un sistema informático para la gestión de información generada de los trabajos de inspección que se realizan en sistemas de tuberías bajo los estándares API y ASME, por lo que se decidió llevar a cabo este proyecto de investigación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema informático basado en herramientas de Microsoft 365 para la gestión de información generada por los trabajos de inspección realizados conforme al código API 570 y practica recomendada API RP 574, en redes de tuberías de transporte de hidrocarburos diseñada bajo el código ASME B31.4.y ASME B31.8.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Analizar y comprender los procesos de inspección realizados bajo el código API 570 y práctica recomendada API RP 574 en tuberías de transporte de hidrocarburos diseñadas bajo los códigos ASME B31.4 y ASME B31.8, con el fin identificar todos los requerimientos relevantes para garantizar la integridad mecánica de las tuberías.

2. Desarrollar un sistema informático mediante herramientas de Microsoft 365 para la gestión de la información generada por los trabajos de inspección realizados conforme al código API 570 y la practica recomendad API RP 574, que cumpla los siguientes requisitos:

- Centralización de la información.
- Generación de alertas y reportes diarios de las tareas de inspección realizadas inconclusas y no realizadas.
- categorizar el nivel de prioridad por hallazgos relevantes en las redes de tuberías.

3. Comprobar y validar el sistema informático desarrollado mediante una simulación de una situación real para la eliminación de errores asociados a la ejecución, y garantizar su correcto funcionamiento.

4. Crear un manual de operación del sistema informático para el usuario final, que proporcione una guía clara y detallada sobre su funcionamiento y la solución de problemas más comunes.

2. Marco teórico

Los sistemas de tuberías son conjuntos de tubos que se encargan de transportar los hidrocarburos desde los puntos de producción hasta los puntos de procesamiento (Kennedy, 1993). Por esta razón requieren de inspecciones constantes para mantener sus óptimas condiciones de trabajo. Un concepto importante dentro de la inspección de los sistemas de tuberías es la integridad mecánica este se refiere al estado de un activo para ejecutar su función de forma fiable (Jumbo, 2005). Los diferentes factores que se tienen en cuenta son: su condición física, el entorno donde operan y su historial de desempeño. Mantener la integridad mecánica de los activos es importante ya que permite: “optimizar la disponibilidad de los equipos productivos, disminuir los costos de mantenimiento, optimizar los recursos humanos y maximizar la vida útil de la maquinaria” (Pérez, 2021, p. 61).

Un proceso clave para mantener la integridad mecánica es la obtención de información mediante inspecciones continuas, esta permite evitar posibles fallas que afecten la operación, la seguridad y confiabilidad de las tuberías.

2.1 Normas relevantes

La gestión de la integridad mecánica comprende diferentes procesos cuyo fin es garantizar estándares y normas nacionales e internacionales en la industria de los hidrocarburos. Entre estos procesos están el diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento, la supervisión, la inspección y el monitoreo de las tuberías de hidrocarburos.

2.1.1 Código de inspección de tubería: inspección en servicio, clasificación y alteración de los sistemas de tubería (American Petroleum Institute [API], 2016)

2.1.1.1 Alcance. Este código proporciona pautas para la inspección, clasificación y alteración de sistemas de tuberías metálicas y de fibra de vidrio reforzada (FRP) que estén en servicio, y para sus dispositivos de alivio (API, 2016). Para servicios que incluyen procesos químicos y de hidrocarburos, en la práctica este código de puede usar en sistemas de tuberías para fluido de hidrocarburos, o servicios de fluidos similares o tóxicos (API, 2016), tales como:

- Productos terminados, intermedios o como materia prima de hidrocarburos o procesos químicos.
- Gases a altas presiones (Mayores a 150 Psi)
- Sistema de flama, gas natural, nitrógeno.

Con lo cual también podría ser implementa fuera las áreas de proceso en los sistemas de tuberías transporté de hidrocarburos (API, 2016). Las aplicaciones de este código cubren el establecimiento de programas de inspección y monitoreo de condición, establece criterios de evaluación para análisis de cambios en la condición del sistema de la tubería, que podría afectar una operación segura (API, 2016) y una guía de reparaciones necesarias para mantener integridad de la tubería.

2.1.2 Mecanismos de daños que afectan a los equipos fijos de la industria de refinación (American Petroleum Institute [API], 2020)

2.1.2.1 Alcance. La práctica recomendada API RP 571 se complementa con el código API 570, y establece los mecanismos de daño, presentando información acerca de la morfología de daño, materiales susceptibles, técnicas de examinación y factores críticos entre otras. Su enfoque

principal está centrado en áreas de refinación de petróleo. Las aplicaciones de este código cubren la identificación de mecanismos de deterioro mediante ensayos END y, los índices de degradación.

2.1.3 Prácticas de Inspección para Componentes de Sistemas de Tuberías (American Petroleum Institute [API], 2016)

2.1.3.1 Alcance. Esta práctica recomendada es un complemento API 570, tiene como propósito proporcionar información que permita mejorar las prácticas de inspección en sistemas de tubería, válvulas y accesorios empleados en refinería y plantas petroquímicas. Las aplicaciones de este código cubren los componentes en redes de tuberías como los tipos de válvulas, métodos de unión, la gestión de registros y los parámetros para establecer intervalos y técnicas de inspección.

2.1.4 Sistemas de transporte de líquidos por tuberías Hidrocarburos y Otros Líquidos (American Association of Mechanical Engineers [ASME], 2022)

2.1.4.1 Alcance. Este código tiene como alcance todos aquellos sistemas de tuberías empleado para el transporte de hidrocarburos líquidos y otros líquidos entre: instalación de campo o producción, plantas de tratamiento, instalaciones de almacenamiento, estaciones de bombeo, plantas de amoníaco, y entre otros puntos de entrega y recepción. Con lo cual su alcance cubre las limitaciones de esta investigación. Proporcionando pautas para el diseño, construcción, inspección, montaje, materiales, operación y mantenimiento de estos sistemas de tubería. (ASME, 2022). Las aplicaciones de este código cubren el establecimiento de criterios de seguridad para condiciones normales de operación, análisis de cargas y esfuerzos soportados y la evaluación e inspección de redes de tuberías.

2.1.5 Sistemas De Tuberías De Distribución y Transporte De Gas (American Association of Mechanical Engineers [ASME], 2022)

2.1.5.1 Alcance. Este Código cubre el diseño, la fabricación, la instalación, la inspección y las pruebas de las instalaciones de gasoductos que se usan para el transporte del gas, así mismo, cubre aspectos de seguridad en la operación y el mantenimiento de las instalaciones (ASME, 2022). Las aplicaciones de este código cubren el transporte y distribución de gas natural, amplia gama de tamaños y presiones de tuberías, requisitos de diseño, de materiales, construcción, inspección y gestión de la integridad mecánica de redes de tuberías. Priorizando la seguridad y la protección del medio ambiente.

2.1.6 Manual para determinar el esfuerzo remanente en tuberías corroídas (American Association of Mechanical Engineers [ASME], 2012)

2.1.6.1 Alcance. Este manual tiene como premisa la orientación de evaluaciones de integridad a sistemas de tubería presurizados que presente áreas corroídas, por lo que es aplicable a todas las tuberías o sistemas de tuberías incluidas dentro de código ASME B31, como los son ASME B31.4 y ASME B31.8, los cuales hacen parte del alcance de este proyecto de investigación. Las aplicaciones de este código cubren la pérdida de material en tuberías enterradas, superficiales y costa afuera, pérdida de metal por corrosión interna y externa, pérdida de metal producida por equipos mecánicos y pérdida de material por presión.

2.2 Ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos (END) se han definido como los métodos o pruebas cuyo fin es examinar materiales y componentes sin perjudicar su utilidad y capacidad de servicio a futuro (Hellier, 2017). El objetivo de los END es detectar, localizar, medir y evaluar discontinuidades y

otras imperfecciones, generar información para evaluar la integridad, las propiedades, la composición, y medir las características geométricas y físicas de los activos (Fabris y López, 2016). Los END son aplicados en diferentes campos de la ingeniería como diseño en ingeniería, calidad de manufactura e inspección en servicio.

En la industria de los hidrocarburos la inspección en servicio de redes de tuberías que se extienden desde los pozos de recolección de hidrocarburos hasta las estaciones de depósito o estaciones de procesamiento permite evaluar las condiciones o posibles defectos críticos que estén afectando o puedan afectar su integridad mecánica con el fin de mantener en funcionamiento las redes de tubería evitando posibles paradas, accidentes o daños ambientales. Para esto se aplican diferentes tipos de ensayos no destructivos como:

2.2.1 Inspección Visual (VT)

Este método se centra en inspecciones visuales externas para determinar la condición de las redes de tuberías, sistema de aislamiento, sistema de pintura/recubrimiento y accesorios asociados. La inspección visual también se apoya de herramientas ópticas, mecánicas o especializadas en una tarea en particular (Fabris y López, 2016). Entre estas herramientas se encuentran lupas, luces para mejorar la iluminación, boroscopios, cámaras, calibradores y galgas. Este tipo de inspección permite detectar defectos superficiales como corrosión, abolladuras, grietas, picaduras u otras deformaciones, así mismo evaluar elementos adicionales como espárragos, bridas y válvulas. Todos estos elementos deben cumplir los criterios establecidos en el código API 570 y la practica recomendada API RP 574 (API 570, 2016; API 574, 2016).

2.2.2 Inspección con líquidos penetrantes (TP)

Se usa en materiales no porosos para detectar discontinuidades superficiales como fisuras, grietas y fracturas en la superficie del activo, mediante el uso de tintas de alto contraste. El principio físico en que se basa la inspección de tintas penetrantes es el principio de la capilaridad que es la capacidad de ascender o descender a través de dos paredes cercanas de un sólido como lo son las fisuras, grietas y fracturas dentro de un material (Fabris y López, 2016, p. 306). El método consiste en aplicar la tinta en la superficie a examinar, las tintas penetran las discontinuidades y se adhieren a las paredes del material, se deja actuar durante un tiempo establecido, y se retira el exceso de tinta en la superficie para finalmente aplicar un líquido revelador que permite extraer el tinte de alto contraste de las discontinuidades en el material haciéndolas visibles al ojo humano (Fabris y López, 2016, p. 308).

2.2.3 Medición de espesores por ultrasonido (UT)

Es un método de inspección que se basa en el principio físico de la propagación de las ondas acústicas. Mediante transductores se envían ondas acústicas que son vibraciones mecánicas que se propagan a través del material de las tuberías, que posteriormente se reflejan o refractan por las discontinuidades como picaduras, huecos, grietas, cambios de diámetro o pérdida de material, siendo captadas por el elemento receptor.

Los resultados obtenidos y su representación varían dependiendo de la técnica de inspección ultrasónica que se use, entre ellas están A-SCAN, B-SCAN y C-SCAN.

El A-SCAN representa el valor de la energía recibida en términos del tiempo mediante una serie de picos. Es posible estimar el tamaño, características y la profundidad de la discontinuidad comparando la amplitud de la señal obtenida (EVIDENT & OLYMPUS, 2023). El B-SCAN proporciona una vista transversal del elemento inspeccionado, este permite determinar

aproximadamente la profundidad y las dimensiones lineales de las discontinuidades (EVIDENT & OLYMPUS, 2023).

Según el código API 570 se debe establecer la ubicación de las discontinuidades o defectos encontrados mediante los planes de inspección, por tanto, se establece un área de monitoreo de condición o CML, las cuales son zonas específicas a lo largo de una línea tuberías a las cuales se les realiza inspecciones periódicas.

2.2.4 Inspección por radiografía (RT)

El ensayo RT usa radiación de alta penetración como los rayos X y gamma, esta radiación viaja a través del material y permite capturar una fotografía del material en la cual es posible observar las discontinuidades en el material. Cuando los rayos atraviesan una región que presenta algún tipo de discontinuidad aumentan su velocidad por lo cual se presenta una región menos atenuada generando un contraste (Gupta et al., 2021, p. 12).

La calidad de la imagen depende de diferentes factores como la intensidad de los rayos ya que a menor intensidad de rayos es mayor el contraste, así mismo, la composición del material, la geometría de la pieza y las condiciones de dispersión (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2022).

2.2.5 Inspección EMAT

Entre la inspecciones por ultrasonido se tiene un método muy importante que por sus siglas en ingles se llama EMAT (Electromagnetic acoustic transducer) este consiste en un transductor que no entra en contacto con la superficie, en él se crea un campo electromagnético que atraviesa el material del activo, la corriente alterna alimenta una bobina de inducción generando oscilaciones electromagnéticas, estas oscilaciones generar corrientes parasitas sobre la superficie del material,

esta corriente interfiere con el campo electromagnético creando ondas de ultrasonido que finalmente son las que se propagan a través del material, volviendo al transductor que genera la lectura de las ondas recibidas (Fabris & López, 2016, p. 334). Este método es muy eficaz cuando las discontinuidades superficiales o que se encuentran cerca de la superficie del material (ASTM E1962-19, 2019).

2.2.6 Partículas magnéticas (MT)

Este ensayo es aplicado en materiales que se pueden magnetizar (ferromagnéticos) y permite hallar discontinuidades superficiales o que se encuentran cerca de la superficie del material (ASTM E709-21, 2021). Esta técnica se basa en la atracción de un material magnético (polvo metálico o un líquido con partículas metálicas) mediante un campo magnético de alta densidad de flujo que atraviesa una pieza previamente magnetizada, las discontinuidades causan que las líneas de flujo del campo magnético se vean interrumpidas y que el material magnético agregado se concentre en las discontinuidades revelándolas (Fabris & López, 2016, p. 316).

2.3 Mecanismo de deterioro

Los materiales empleados para la construcción de redes de tuberías para el transporte de hidrocarburos y gas se ven expuestas a diversas condiciones como: severidad del entorno, propiedades corrosivas de las sustancias que transportan y a las condiciones de operación que pueden causar deterioro o daños en los sistemas de tubería. La presencia y potencial de daño en los equipos depende en gran medida de material de construcción, diseño y condiciones de operación (API 570, 2016). A continuación, se presentará los principales mecanismos que afectan las redes de tubería de transporte de hidrocarburos.

2.3.1 *Corrosión*

La corrosión es el mecanismo de daño que más afecta a la industria de petróleo y gas. La cual causa una alteración en las propiedades mecánicas de los materiales metálicos o aleaciones debido a la alteración o destrucción gradual del mismo, producido por procesos químicos y electroquímicos directos a baja o alta temperatura. El fenómeno de la corrosión ocurre debido a que, los materiales buscan estabilizarse termodinámicamente, debido a esto al transcurrir el tiempo, los materiales tratan de volver a su estado natural, el cual es un estado energético de menor potencial (Javaherdashti, 2008).

Para que ocurra el proceso de corrosión de es necesario que existan:

- Electrolito (medio conductor, que generalmente suele ser acuoso).
- Electrodo (Ánodo y cátodo).
- Una conexión eléctrica entre ánodo y cátodo.

Una característica fundamental para determinar el grado de exposición de un material a la corrosión es el potencial electroquímico.

El potencial electroquímico define la susceptibilidad o la resistencia de un material metálico a la corrosión, cuyo valor varío en dependencia de la composición del electrolito. Cuanto más positivo sea el valor de dicho potencial, más noble (resistente) es el material. Mientras que, en el caso contrario, cuanto más negativo sea este, más reactivo es el material a la corrosión (Salazar-Jiménez, 2015, p. 129).

Figura 1*Potencial electroquímico*

Nota. Tomado de conceptos básicos de corrosión [Artículo técnico], ECCA,2014, https://prepaintedmetal.eu/publications/technical_papers

Las principales causas de la corrosión son:

2.3.1.1 Corrosión debido a la condición atmosférica. Es una corrosión causada por las condiciones ambientales como la humedad, o en áreas industriales por contaminantes liberados en el aire.

- **Factores críticos:** localización cerca áreas corrosivas como chimeneas, horno y otros equipos que pueda liberar al aire contaminantes como sales, cenizas o cloruros.
- **Morfología del daño:** este tipo de corrosión puede ser localizada o general esto estará determinado en gran medida en el hecho de que la tubería cuente con recubrimiento o no, y estado en el que se encuentre, permitiendo o no que la humedad quede atrapada. Si no cuenta con recubrimiento la incidencia de la corrosión puede verse de manera más general sobre la superficie de tubo.

Figura 2*Corrosión atmosférica*

Nota. Tomado de (API RP 571)

2.3.1.2 Corrosión por microorganismos. Este tipo de corrosión es causada por microorganismos vivos como bacterias, hongos y algas, los cuales se ven favorecidos por entornos sustanciales limosas o con presencia de tubérculos (API RP 571, 2020, p. 238). La cual puede afectar a la tubería internamente debido a que los fluidos que transporta en este caso específico gas y crudo sin tratar tienen un alto porcentaje de agua y otras sustancias que prueben el desarrollo de microorganismos.

- **Factores críticos:** la corrosión influenciada microbiológicamente o Biocorrosión (MIC) se encuentra en ambientes acuosos. Ocasionalmente en servicios donde el agua está presente en forma intermitente. Estas condiciones de estancamiento o bajo flujo permiten y promueven el crecimiento de microorganismos.
- **Morfología de daño:** este tipo de corrosión se presenta en forma de picaduras bajo depósito.

2.3.1.3 Corrosión debido al suelo. Muchos tramos de tubería deben ir enterrados en terrenos con diferentes composiciones, por lo que se ven expuestas a la acción más o menos corrosivas del suelo. A diferencia de un material expuesto a un medio homogéneo como puede ser el agua, el suelo se forma de diferentes partículas que pueden ir desde granos de arena a partículas de arcilla por lo que la compactación del mismo es diversa y por ende su porosidad, lo cual a su vez ocasiona que las cantidades de oxígeno y humedad que entre en contacto con la superficie de la tubería varíen siendo estos elementos un factor fundamental para el proceso de corrosión.

Figura 3

Corrosión debida a suelos



Nota. En la imagen se puede observar una la apertura de un apique para analizar el estado de la tubería enterrada.

- **Factores críticos:** la propagación de la corrosión debida al suelo tiene factores claves como la permeabilidad (la cual depende de la porosidad o compactación suelo), la profundidad a la que se encuentra la tubería de la superficie, y por último el nivel de humedad. Estos factores son claves para el proceso catódico de oxidación, por ejemplo, en un suelo compacto y en que la tubería se encuentre a una profundidad considerable disminuye considerablemente la difusión de oxígeno, por lo que normalmente no ocurre

el proceso de corrosión en estas condiciones. Sin embargo, hay que considerar otro factor crítico como lo es el P.H suelo, la resistividad, la edad de la tubería, recubrimiento, la presencia de organismos bacterianos y sustancias solubles en agua (sulfatos, bicarbonato, cloruros ...) que pueden aumentar en gran medida los procesos corrosivos.

- **Morfología del daño:** generalmente se suele presentar en forma de corrosión localizada externa (picaduras).

2.3.1.4 Corrosión debido a la erosión. La corrosión debido a la erosión se produce al impacto de partículas sólidas, flujos líquido o de vapor o una combinación de estos, que puede causar la pérdida de material o aceleración de los procesos de corrosión debido a que causa el desgaste de la capa protectora.

- **Factores críticos:** todos los materiales se ven expuestos a este tipo de deterioro. Cuando es producido por partículas sólidas la severidad del daño dependerá de la concentración de partículas presente, su dureza y tamaño, así como del ángulo de incidencia con el que impactan la superficie de material expuesto a la erosión siendo la dureza de este otro factor fundamental (API RP 571, 2020, p.144). Otro causante de este tipo de daño puede deberse al arrastre con gotas líquidas presentes en el flujo de vapor por lo que la velocidad del flujo es un factor fundamental, a velocidades más altas los procesos de corrosión son más altos.
- **Morfología del daño:** suelen presentarse comúnmente en forma de huecos, picadura, canales o valles que suelen exhibir un patrón direccional.

Figura 4

Daño causado por la erosión



Nota. Tomado de (API RP 571, 2020)

A continuación, se enumera las formas básicas en las que ocurre la corrosión:

- **Corrosión localizada**

La corrosión localizada o pitting produce pérdida de material en forma de agujeros redondeados por zonas sin corrosión, con alta velocidad de penetración en la pared de la tubería, se puede localizar tanto externa como internamente es uno de los principales causantes fallas en los sistemas de tubería, debido a que el deterioro se presenta en zonas muy puntuales, la detención de este tipo corrosión se hace complicada de detectar.

La siguiente imagen se puede evidenciar la presencia de corrosión externa localizada, la cual se encuentra pasivada.

Figura 5

Pitting externo



- **Corrosión generalizada**

Este tipo de corrosión se caracteriza por extenderse en la totalidad de la superficie de material, provocando una superficie áspera debido al desprendimiento del material.

Figura 6

Corrosión externa generalizada



- **Corrosión bajo aislamiento (CUI)**

Acurre cuando el aislamiento de una superficie se ve afectado, permitiendo el ingreso de agua y provocando un foco de corrosión localizada.

Figura 7*Corrosión bajo aislamiento*

Nota. Tomado de (API RP 571,2020)

2.3.2 Daños mecánicos

Los daños mecánicos suelen ser ocasionados por agentes externos provocando alteraciones en las redes de tubería, que pueden alterar su correcto funcionamiento. A continuación, se enumeran los principales daños mecánicos:

2.3.2.1 Abolladuras. Deformación cóncava permanente de la tubería que provoca una disminución en el diámetro (ASME B31.4, 2022). Esta es causada comúnmente por agentes externo debido al golpes. Se deben realizar ensayos no destructivos para determinar su grado de afectación en la tubería, principalmente la aplicación de tintas penetrante en la zona afectada para descartar la presencia de cualquier tipo de grieta.

2.3.2.2 Arrugas. Las arrugas son ondulaciones que se presentan en las tuberías sobre todo en tramos de tubería curvos o donde la tubería se encuentra soportando su propio peso, se produce por un empuje en su dirección longitudinal que sobrepasa el límite de tensión a la fluencia y deforma en material. Se debe descartar la presencia de cualquier tipo de grieta

en zona afectada media la aplicación de tintas penetrante o partículas magnéticas, también se debe medir la altura de arruga para determinar su severidad.

2.4 Evaluación de la corrosión

Para la evaluación de áreas con pérdida de material debido a procesos de corrosión interna como externa en sistemas tuberías para el transporte de fluido comprendidos por las normas ASME B31.4 y ASME B31.8, las cuales proporcionan criterios para el análisis de integridad, y reconocen otras normas, como la norma ASME B31.G original y modificada, esta última proporciona cuatro niveles de evaluación para determinar el estado mecánico de las tuberías con áreas corroídas. En este proyecto de investigación el sistema informático permitirá la evaluación de los dos primeros niveles descritos en esta norma.

Por otro, el código API 570 proporciona cálculos para determinar parámetros que nos permite estimar el estado de la tubería, como lo son: tasa de corrosión (T_c), vida remanente (VR), máxima presión operación (MAOP), y máxima presión de operación proyectada (MAWP) que complementada con cálculos expuestos en las normas ASME B31.4 y ASME B31.8 para determinar el espesor de pared requerido por diseño, permiten determinar acciones que garantice el correcto funcionamiento del activo. En cuanto a la práctica recomendada API RP 574, nos facilita una tabla con valores de espesor de pared de retiro y de alerta en relación con los NPS de la tubería, que se emplean para determinar si es necesario una evaluación más detallada del hallazgo (Anomalía).

2.4.1 Criterios de evaluación por ASME B31.4

2.4.1.1 Espesor diseño requerido (t_{Req}). El espesor de diseño requerido por presión interna para las condiciones de operación bajo los que fue diseñado el sistema tuberías, y permite determinar el espesor nominal que debe poseer la tubería de forma comercial. Este se calcula de la siguiente forma:

$$t_{Req} = \frac{P * D}{2 * S_{Adm}} \quad (1)$$

Donde, P es igual a la presión de diseño es en (psi), D es el diámetro externo en (in) y S_{Adm} es el esfuerzo admisible.

El esfuerzo admisible se calcula de la siguiente forma:

$$S_{Adm} = S_Y * E * F \quad (2)$$

Donde, S_y es el límite de esfuerzo de fluencia (consultar Tabla A1), E es factor de eficiencia longitudinal (consultar Tabla A2) (in) y F es el factor de diseño (consultar Tabla A3)

Este Factor de diseño (F) no debe exceder el valor 0,72. Siempre que se considere la aplicación y la locación el usuario podrá utilizar un valor menor.

2.4.2 Criterios de evaluación por ASME B31.8

2.4.2.1 Espesor diseño requerido (t_{Req}). El espesor de diseño requerido por presión interna para líneas de transporte de gas bajo condiciones de operación establecidas. Para el desarrollo de cálculo de espesor requerido se aplica la siguiente formula:

$$t_{Req} = \frac{P * D}{2 * S_{Adm}} \quad (3)$$

El cálculo del esfuerzo admisible se realiza de la siguiente forma:

$$S_{Amd} = S_y * E * F * T \quad (4)$$

Donde, F es el factor de diseño. (consultar Tabla A3, para más detalles acerca de las locaciones ver la Tabla A4) y T es el factor de temperatura (consultar Tabla A8.)

A continuación, se presenta criterios para el análisis de áreas corroídas, que son aplicables a los sistemas de tuberías de transporte de fluido comprendidos por ambos códigos ASME B31.4 y ASME B31.8.

2.4.3 Criterios de evaluación por ASME B31.G

Cualquier área corroída ya sea externa o interna que tenga una pérdida de espesor de pared mayor al 80% se debe reparar o reemplazar, y aquellas que no superen el 20% no requiere ningún tipo de reparación de tal forma que este tipo de hallazgos se dan por aceptados.

2.4.3.1 Espesor de retiro (t_{retiro})

$$t_{retiro} = 0,2 * t_n \quad (5)$$

Donde, t_n es el espesor nominal de la tubería (Consultar Tabla A5) y t_{actual} es el mínimo espesor medido del área afectada.

Si, $t_{actual} \leq t_{retiro}$, requiere de una reparación o reemplazo.

2.4.3.2 Espesor aceptable ($t_{Aceptable}$)

$$t_{Aceptable} = 0,8 * t_n \quad (6)$$

Si, $t_{actual} > t_{retiro}$, No requiere ninguna intervención.

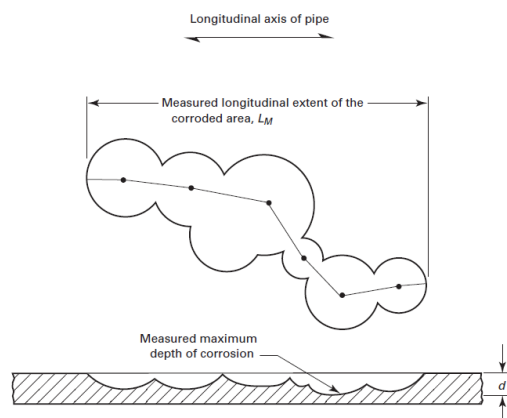
En áreas donde las pérdidas de espesor estén comprendidas entre el 20% y el 80% se deberá realizar una evaluación más detallada, los métodos de evaluación que generalmente son aceptados son los incluidos por el código ASME B31.G original y modificado, el cual incluye 4 niveles de

evaluación, en este trabajo de investigación solo tiene alcance los dos primeros, y se presentan a continuación:

2.4.3.3 Nivel 0. Máxima longitud área corroída (L_{max}). Una evaluación nivel 0, es aquella que da criterios de aceptación o rechazo en términos de la longitud del hallazgo mediante tablas la cuales están en términos del NPS de la tubería, su espesor nominal y la profundidad de área corroída, se pretende que esta evaluación pueda realizarse en campo.

Figura 8

Parámetros para la evaluación nivel 1



Nota. Caracterización del hallazgo con la longitud extensión de área corroída y profundidad máxima. Tomada de (ASME B31.G, 2012)

Sin embargo, este proyecto de investigación tiene como uno de sus objetivos categorizar los hallazgos encontrados durante los trabajos de inspección, mediante la implementación de un sistema informático por lo que se proporciona una interfaz para la realización de esta evaluación, por medio de la ecuación del proporcionada en código original de la ASME B31.G. Los pasos para determinar la longitud máxima de corrosión aceptada son los siguientes:

$$L_{Max} = 1,12B\sqrt{D * t_n} \quad (7)$$

Donde: B es un factor adimensional.

El factor B, se determina de la siguiente forma:

$$B = \sqrt{\left(\frac{\frac{d}{t_n}}{1.1 * \frac{d}{t_n} - 0,15}\right)^2 - 1} \quad (8)$$

Donde, d es la profundidad máxima del área corroída

Si, $L \geq L_{Max}$ la evaluación nivel 0, será rechazada.

2.4.3.4 Nivel 1. Análisis de esfuerzo y presión de falla. Una evaluación nivel 1, es un cálculo que se basa en la medición realizada de profundidad y extensión del área corroída. Es proceso adecuado para determinar en nivel de prioridad del hallazgo(anomalía) durante los trabajos de inspección por medio de obtención del esfuerzo de falla, mediante la siguiente formula:

$$S_f = (S_{flow}) \left(\frac{1 - 0,85 \left(\frac{d}{t_n}\right)}{1 - \frac{0,85 \left(\frac{d}{t_n}\right)}{M}} \right) \quad (9)$$

Donde, S_{flow} es el esfuerzo de fluencia. La norma nos proporciona diferentes consideraciones para el cálculo del esfuerzo de fluencia, a continuación, se menciona dos opciones que tienen mayor alcance:

Para aceros al carbono en condiciones de operación inferiores a 250°F (120°C).

$$S_{flow} = 1.1 * SMYS \quad (10)$$

Para aceros al carbono y de baja aleación cuyo valor de limite elástico (SMYS) no exceda los 70 Ksi (70.000 psi)

$$S_{flow} = SMYS + 10.000 Psi \quad (11)$$

Lo siguiente es realizar los cálculos de parámetros Z y M .

$$Z = \frac{L^2}{D * t_n} \quad (12)$$

La norma ASME B31.G modificada, nos proporciona dos ecuaciones para determinar el factor (M):

- Para $Z \leq 50$

$$M = (1 + 0.6275z - 0.003375z^2)^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

- Para $Z > 50$

$$M = 0.032z + 3.3 \quad (14)$$

Con lo cual ya se podría obtener el valor de esfuerzo de falla (S_f), y para obtener la presión de falla (P_f), se calcula de la siguiente forma:

$$P_f = \frac{2 * S_f * t_n}{D} \quad (15)$$

Por último, se debe calcular el esfuerzo circunferencia operación (S_o) en área sana, para poder estimar el factor de esfuerzo.

$$S_o = \frac{P_{Max} * D}{2 * t_n} \quad (16)$$

Donde, P_{Max} es la presión de operación máxima permisible.

$$FE = \left(\frac{S_f}{S_o} \right) \quad (17)$$

La norma ASME 31.G afirma:

“No existe un factor de seguridad único que sea adecuado para todos los tipos de construcción de tuberías, para todos los modos de operación de tuberías o para todos los tipos de fallas o anomalías.” (2022).

También recomienda que este factor de seguridad no sea inferior a 1,25.

- Si, $FE > 1,25$. Evaluación nivel 1, aprobada.
- Si, $FE < 1,25$. Evaluación nivel 1, rechazada.

2.4.4 Criterios de evaluación según API 570

La API 570 establece unos criterios que permite realizar una evaluación y análisis de los datos de inspección. Uno de esos criterios es la tasa de corrosión (T_C), para este cálculo establece dos métodos: El primer método es el punto a punto, que se presenta a continuación:

2.4.4.1 Tasa de corrosión largo tiempo (T_{CL}).

$$T_{CL} = \frac{t_{Inicial} - t_{Actual}}{\text{Años de servicio}} \quad (18)$$

Generalmente es difícil contar con la trazabilidad de datos de inspección realizadas al sistema de tuberías, por esta razón para la tasa de corrosión a largo plazo se puede utilizar el espesor nominal de la tubería (t_n) como el $t_{Inicial}$ y, por otro lado t_{Actual} es el mínimo espesor de pared registrado de inspección realizada en campo en la zona afectada.

2.4.4.2 Tasa de corrosión corto tiempo (T_{CC})

$$T_{CC} = \frac{t_{previo} - t_{Actual}}{\text{Años entre inspecciones}} \quad (19)$$

Cuando se cuente con datos de inspecciones anteriores se podrá determinar la tasa de corrosión a corto plazo, donde t_{previo} es el espesor de pared de la tubería registrado de una

inspección previa, y por otro lado t_{Actual} será el mínimo espesor de pared registrado de inspección realizada en campo en misma zona afectada.

Para aquellas situaciones donde se pueda contar con el cálculo de tasas de corrosión de corto y largo plazo, se debe analizar los resultados para determinar cuál es aquella que representa mejor los procesos actuales, un criterio a utilizar es aquella tasa que me genere la menor vida remanente (V_R), es decir elegir la mayor tasa de corrosión.

Vida remanente (V_R). La vida remanente es un dato importante para estimar el próximo periodo de inspección, ya que permite estimar la vida residual de la zona de análisis bajo los mecanismos actuales de deterioro, en relación con las propiedades mecánicas y térmicas del material. Donde t_{Actual} es el valor mínimo de espesor de pared registrado en la inspección de campo, y t_{Req} es valor de diseño elegido entre el calculado por ASME B31.4 o ASME B31.8 según sea el caso, y los valores establecidos para t_{cri} por la Tabla A6, dado por API RP 574, se elegirá el de mayor valor entre los dos criterios.

$$V_R = \frac{t_{Actual} - t_{Req}}{T_c} \quad (20)$$

2.4.4.3 Espesor proyectado (t_{Pro}). Es el espesor que se espera que tenga la tubería en cierto periodo de tiempo de seguir manteniendo las características de deterioro.

$$t_{Pro} = t_{Actual} - 2(T_c * \text{Años Prox. Inspeccion}) \quad (21)$$

Donde, T_c es la tasa de corrosión más crítica entre tasa a corto plazo y tasa a largo plazo y Años Prox. Inspeccion: es el periodo de tiempo, que se estima para la siguiente inspección.

2.4.4.4 Máximo presión operación ($MAOP$)

$$MAOP = \frac{2 * S * t_{actual}}{D} \quad (22)$$

2.4.4.5 Máxima presión de operación permisible (MAWP)

$$MAWP = \frac{2 * S * t_{pro}}{D} \quad (23)$$

- $S = S_Y * E * F$ (Para sistemas ASME B31.4)
- $S = S_Y * E * F * T$ (Para sistemas ASME B31.8)

2.4.5 Criterios de evaluación según API RP 574

2.4.5.1 Espesores de retiro y alerta por cargar estructural. La práctica recomendada API RP 574 establece un valor de espesor mínimo requerido y un valor de alerta para el espesor de la pared de la tubería por cargas externas el cual indica si es oportuno realizar una evaluación más detallada de vida remanente de la tubería, para determinar estos valores de retiro y alerta ver la Tabla A6.

2.5 Daños mecánicos

2.5.1 Abolladuras

Para la evaluación de abolladuras, según la norma ASME B31.4 toda aquella abolladura que no cumpla alguna de las indicaciones mencionadas en la Tabla 1 **Criterios aceptación abolladuras**. Criterios aceptación, requiere una intervención, para algunos de estos criterios posee diferentes evaluaciones en función a su diámetro, la ASME B31.4 los divide en dos grandes grupos las tuberías de NPS menores a 4 y NPS mayores o iguales 4.

Tabla 1*Criterios aceptación abolladuras*

CRITERIO PARA ACEPTACIÓN DE ABOLLADURAS EN TUBERÍA DE DIÁMETRO NOMINAL MENORES A 4 IN	CRITERIO PARA ACEPTACIÓN DE ABOLLADURAS EN TUBERÍA DE DIÁMETRO NOMINAL MAYORES O IGUALES A 4 IN
No debe interactuar con juntas circunferenciales o longitudinales.	No debe interactuar con juntas circunferenciales o longitudinales.
La zona afectada por la abolladura no debe interactuar con ningún concentrador de esfuerzo (ralladura, entalla o grieta).	La zona afectada por la abolladura no debe interactuar con ningún concentrador de esfuerzo (ralladura, entalla o grieta).
La profundidad de la abolladura no debe exceder ¼” (6,35 mm).	La profundidad de la abolladura no debe exceder 6% del diámetro nominal de la tubería.
Los espesores de la zona afectada deben cumplir con los criterios de espesores mínimos requeridos.	Los espesores de la zona afectada deben cumplir con los criterios de espesores mínimos requeridos.

Nota. Esta tabla engloba lo criterios para aceptar una abolladura.

2.5.2 Arrugas

Para la evaluación de arrugas, según ASME B31.4 se deben evaluar dos criterios. No debe haber presencia de grietas en la zona afectada por las arrugas, y la altura máxima aceptable de la arruga está relacionado con el esfuerzo circunferencial máximo.

2.5.2.1 Calculo altura máxima permisible (h_{max}). La altura máxima aceptable h_{max} permisible se obtiene de la Tabla A7, para lo cual se requiere del cálculo de máximo esfuerzo circunferencial, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$S_{hmax} = \frac{P_d * D}{2 * \frac{t_n}{25,4}} \quad (24)$$

Donde: P_d es la presión de diseño de sistema de tubería (Psi).

2.5.2.2 Cálculo de relación de diámetro (h_{cal})

$$h_{cal} = \frac{h}{D} * 100 \quad (25)$$

Donde: h es la altura medida de la arruga (in) y D : Diámetro externo tubería (in).

El valor calculado de la relación de diámetro (h_{cal}), no debe exceder al valor hallado de (h_{max}), para que el hallazgo pueda ser aceptado, de no ser así se requiere una intervención inmediata en área afectada por la arruga.

2.6 Sistema de información

Diversos autores han planteado una definición de lo que es un sistema de información, Laudon & Laudon (2012) definen un sistema de información como “un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar los procesos de toma de decisiones y de control en una organización”. (p.15)

Los recursos humanos, equipos, programas informáticos, bases de datos, telecomunicaciones y procedimientos constituyen propiedades fundamentales en un sistema de información. (Alcamí et al., 2021).

2.6.1 Ventajas de un sistema de información

Los sistemas de información en una organización tienen las siguientes ventajas:

- Mejora la efectividad en el control de las actividades.
- Integra las diferentes áreas.
- Mejora la organización y accesibilidad de la información.

- Permite la trazabilidad de las actividades realizadas por áreas en específico y actividades que integran a las diferentes áreas.
- Disminuye errores y mejora los canales de comunicación de la información entre los diferentes niveles de jerarquía.
- Aumenta la eficiencia y productividad.
- Reduce costos.
- Permite evaluar y comparar resultados alcanzados con los objetivos planteados.
- Permite automatizar procesos que anteriormente se realizarían de forma manual.
- Permite almacenar la informa de forma más eficiente en una base de datos.
- Reduce los tiempos en la toma de decisiones respecto a situaciones imprevistas.

En la inspección de los sistemas de tuberías en la industria de los hidrocarburos, un sistema de información se aplica para recopilar, analizar y administrar datos relacionados con el estado de las tuberías con el fin de gestionar la integridad mecánica de los activos.

2.6.2 Componentes de un sistema de información

“Un sistema de información trabaja con datos, los cuales se almacenan de forma estructurada en bases de datos” (Bernardi & Dranca, 2020, p.7). Estos datos son una parte importante dentro de un sistema de información que se ven articulados en una tecnología informática o una TIC que facilita el manejo de la información.

Una parte importante de un sistema de información son las personas, estas se encargan de gestionar, ejecutar y mantener el sistema, entre estas están los directivos, empleados y cualquier persona dentro de la organización que utilice la información.

Las estrategias, métodos y reglas de uso del sistema de información son considerados parte del componente de procedimientos de un sistema de información. Incluyen las estrategias, políticas, métodos y reglas para el uso del sistema de información. Algunos procedimientos hacen referencia a la documentación o al procesamiento de flujos de información, otros a la protocolización, normalización de conductas. (Bernardi & Dranca, 2020, p.8).

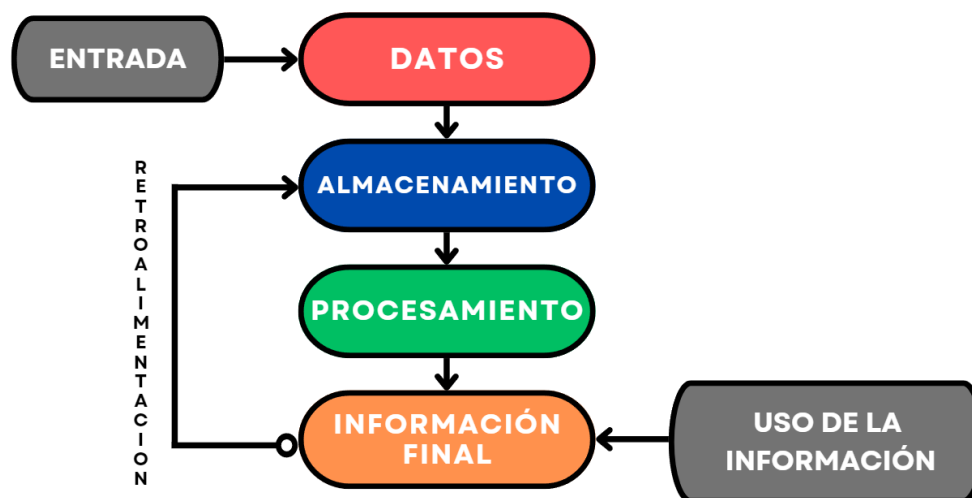
Los datos representan la materia prima de un sistema de información estos son almacenados, procesados y transformados para obtener información como resultado final, que luego es suministrada a los diferentes usuarios del sistema para su uso (Hernandez-Trasobares, 2003). Es necesario definir un contexto para determinar si los datos son relevantes o irrelevantes.

2.6.3 Acciones de un sistema de información

Un sistema de información está compuesto por las cuatro acciones básicas que ejecuta y son: Entrada, almacenamiento, procesamiento y uso de la información.

Figura 9

Actividades básicas de un sistema de información



- **Entrada:** este es el inicio del sistema, en esta etapa se recepción la información o los datos. Estos pueden ser ingresados manual por el usuario o automáticamente mediante una tecnología informática.
- **Almacenamiento:** en esta etapa los datos se guardan para procesos posteriores. Estas actividades se realizan comúnmente mediante computadoras, ya que permiten guardar más información a demás que es posible recordar procesos anteriores. Esta información es posible guardarla en discos duros o en servidores virtuales (nubes) llamados bases de datos.
- **Procesamiento:** en esta etapa el sistema de información se encarga de efectuar cálculos o procesos establecidos, con el fin de transformar los datos en una fuente de información.
- **Información final o uso de la información:** esta es la etapa que se encarga de hacer uso de los datos que han sido procesados y transformados. Cabe resaltar que una salida de información puede ser la entrada de otro sistema dentro de la organización. En esta etapa también se realiza una retroalimentación, por lo cual la información vuelve a la entrada permitiendo evaluar o corregir el proceso.

2.6.4 Tipos de sistemas de información

Para Laudon & Laudon (2012) la clasificación de los sistemas de información se da en función del nivel organizacional en donde se ejecutan o en donde son necesarios. Estos se dividen en cuatro niveles, en orden descendente respectivamente son: el nivel estratégico, administrativo, del conocimiento y operativo. Para cada nivel organizacional se desarrolla un tipo de sistema de

información. Estos se acomodan a las necesidades del nivel y apoyan a los trabajadores en sus tareas específicas.

En el siguiente tabla se asocia el nivel jerárquico de la organización con los tipos de sistemas de información y quienes dentro de la organización pertenecen a este.

Tabla 2

Jerarquización de los sistemas de información

NIVEL JERARQUICO	TIPO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN	USUARIO
Nivel estratégico	Sistema de información ejecutiva (ESS)	Directivos de rango alto
Nivel administrativo	Sistema de información de gestión (MIS)	Directivos de rango medio
	Sistema de soporte de decisiones (DSS)	
Nivel del conocimiento	Sistema de gestión del conocimiento (KWS)	Trabajadores de datos y conocimiento
	Sistema de oficinas (OAS)	
Nivel operativo	Sistema de procesamiento de transacciones (TPS)	Directivos y trabajadores operativos

2.6.4.1 Sistema de información ejecutiva (ESS). Este se enfoca en ayudar a tomar decisiones a los directivos de alto rango. Carece de un procedimiento establecido para llegar a una solución por lo cual requiere de juicio, evaluación y perspectiva de los directivos. Se caracteriza por usar un dashboard que presenta gráficos y datos de muchas fuentes.

2.6.4.2 Sistema de información de gestión (MIS). Este se enfoca en ayudar a tomar decisiones a los directivos de rango medio. Estos sistemas se usan para generar reportes sobre el desempeño actual, semanal, mensual o anual de la organización.

2.6.4.3 Sistemas de soporte de decisiones (DSS). Este se enfoca en ayudar a tomar decisiones a los directivos de rango medio. Se usa para tomar decisiones sobre problemas únicos y que cambian con rapidez. Su proceso no está definido y varío acorde a las características o situaciones que se presenten.

2.6.4.4 Sistema de gestión del conocimiento (KWS). Estos sistemas son usados por ingenieros, científicos y otros trabajadores del conocimiento que por medio de ellos crean nuevo conocimiento para la organización.

2.6.4.5 Sistema de procesamiento de transacciones (TPS). Este sistema lleva el registro de las actividades y transacciones elementales de la organización. Este usa un sistema informático para procesas ventas, recibos, depósitos y el flujo de material en una fábrica.

2.6.5 Creación de sistemas de información

La creación de un nuevo sistema de información no solo es implementar un hardware y un software, implica una serie de cambios en la administración, la planeación, los roles desempeñados, las tareas y las habilidades dentro de la organización. Los cambios dentro de una organización se dividen en 4 tipos.

2.6.5.1 Automatización. Es el más común dentro de las organizaciones e implica ayudar a los empleados a mejorar su eficiencia y efectividad. Este es un cambio de bajo riesgo y representa un aumento bajo en rendimiento.

2.6.5.2 Racionalización. Esta representa la optimización de los procedimientos estándares dentro de la organización. Permite mejorar los problemas que se presentan en los procedimientos. Se da justo después de la automatización.

2.6.5.3 Rediseño. Este se refiere al rediseño de procesos, para esto se deben analizar y simplificar con el fin de mejorarlos.

2.6.5.4 Cambio de paradigma. Es el cambio más drástico dentro de una organización, este implica volver a conceptualizar la naturaleza de la organización.

Para realizar cambios dentro de una organización se recurre a la administración del proceso de negocios, quienes se encargan de proveer metodologías y herramientas para analizar, diseñar y optimizar los nuevos procesos. Para poder rediseñar un proceso es necesario establecer una metodología, según Laudon & Laudon (2012) los pasos son:

- 1. Identificar los procesos a cambiar:** Este primer paso requiere que la organización comprenda que sus procesos requieren mejorar. Los gerentes o administradores son los encargados de analizar y determinar que procesos son los más importantes y como mejorarlos con el fin de aumentar el desempeño de la organización. En muchos casos requiere invertir una cantidad de tiempo y recursos.
- 2. Analizar los procesos existentes:** En esta etapa se documentan los modelos de negocios existentes, donde se analizan sus entradas, recursos, secuencias de actividades y las salidas. La finalidad es poder tomar procesos que se puedan implementar en la organización.
- 3. Diseñar el nuevo proceso:** Se procede a diseñar un nuevo proceso, que se documentara y modelara. Este se verá analizado en términos de costos y tiempo con el proceso anterior.
- 4. Implementar el nuevo proceso:** Todos los procesos nuevos deben ser traducidos en un conjunto de procedimientos y reglas de trabajo, a medida que son usados se van

descubriendo problemas y se tratan de solucionar. Es posible que en algunos casos se deba implementar nuevos sistemas de informáticos para dar soporte al nuevo proceso.

5. **Medición continua:** Este paso es muy importante dado que permite a la organización optimizar o mejorar el proceso a medida que se utiliza, así mismo es posible que el proceso se deteriore a medida que pasa el tiempo debido a cambios dentro de la organización o por los empleados.

2.7 Sistemas informáticos

En la actualidad los sistemas informáticos se utilizan en todas las industrias y permiten a las empresas lograr sus metas y mantenerse competitivas en su sector. Los sistemas informáticos son conjuntos de elementos físicos como el hardware y lógicos como el software se encargan de almacenar, organizar y procesar información (Monterrubio, 2023). Dentro de las organizaciones los sistemas informáticos ofrecen ventajas como: la mejora de la eficiencia, productividad, comunicación, colaboración, acceso a la información y la evaluación de alternativas.

Un aspecto importante en los sistemas informáticos son las aplicaciones informáticas, estas son los softwares o aplicaciones que usan las organizaciones para almacenar, organizar y procesar su información, estos pueden ser desarrollados solo para uso de la organización o pueden ser adquiridos por medio de corporaciones que ofrecen sus servicios.

2.7.1 *Diseño de sistema o aplicación informáticos*

Joyanes Aguilar (2008) afirma que “el proceso de resolución de un problema con una computadora conduce a la escritura de un programa y a su ejecución en la misma (p. 46). El proceso

de desarrollo de un sistema o aplicación informática es en parte un proceso creativo que se puede dividir en una serie de pasos o etapas como son:

1. **Análisis:** En esta se analiza el problema, teniendo en cuenta los requisitos establecidos por el cliente.
2. **Diseño:** Una vez teniendo claros los requisitos se diseña una solución que llevara a un algoritmo.
3. **Codificación:** En esta se escribe el código en el lenguaje de programación establecido por el programador y se obtiene una aplicación informática.
4. **Prueba:** Se realizan pruebas en la aplicación informática con el fin de eliminar todos los errores

En el proceso de desarrollo de un algoritmo comúnmente se usan dos tipos de herramientas, la primera son los diagramas de flujo (FlowChart) que es una representación gráfica de los procesos que desarrolla el algoritmo y el segundo es el pseudocódigo. (Joyanes Aguilar, 2008, p.48)

2.7.2 Metodología de desarrollo del sistema o aplicativos informáticos

En el desarrollo de sistemas o aplicaciones informáticas existen diferentes metodologías de programación, estas se usan dependiendo de la complejidad de la solución y la experticia del desarrollador. Según Joyanes Aguilar (2008):

La programación modular es uno de los métodos de diseño más flexible y potente para mejorar la productividad de un programa. En programación modular el programa se divide en módulos (partes independientes), cada uno de los cuales ejecuta una única actividad o tarea y se codifican independientemente de otros módulos (p.54).

2.7.3 Plataformas de poco código o Low code platforms

En el último tiempo ha surgido una nueva clase de entornos de desarrollo de software o aplicaciones llamados low-code platforms o plataformas de poco código (Böck & Frank, 2021). En estas plataformas es posible crear aplicaciones sin o con poco conocimiento previo de programación. Grandes corporaciones como IBM, Oracle y Microsoft han empezado a incorporar plataformas de poco código dentro de sus productos (Böck & Frank, 2021).

Este tipo de plataformas presentan ventajas como: la facilidad de uso para personas sin conocimientos, módulos o plantillas previamente diseñadas, reducción de costos en el desarrollo de aplicaciones y no requiere mantenimiento, ya que es realizado por la corporación que maneja la plataforma. Sus desventajas son: la dependencia en terceros dado que la plataforma pertenece a una corporación, la personalización de la aplicación es en muchos casos reducida y no existen muchas personas entrenadas en estas plataformas (Shridhar, 2021, p. 3-6).

Una suite muy popular es Microsoft 365 y dentro de esta se encuentra Microsoft Power Platform, la que alberga una colección de herramientas que permiten crear aplicaciones personalizadas, automatizar flujos de trabajo, centralizar información y visualizar datos.

2.7.4 Microsoft 365

Esta plataforma es un conjunto de servicios y aplicaciones ofrecidos por Microsoft. Sus aplicaciones comprenden una gran cantidad de herramientas diseñadas para mejorar y facilitar el trabajo colaborativo, la productividad en general y la comunicación. Una de suites importantes dentro su gran número de herramientas es su plataforma de poco código llamada Power Platform.

2.7.4.1 Power Platform. Esta plataforma permite a sus usuarios y organizaciones crear aplicaciones con poco código mediante Power Apps, automatizar flujos de trabajo con Power Automate y visualizar la información con Power BI. El lenguaje de programación que usan se llama Power FX que es un lenguaje de programación de poco código basado en Excel, lo cual lo hace más sencillo e intuitivo para los usuarios (Воронков & Сараджишвили, 2021).

La Integración de datos es un aspecto importante dentro del desarrollo de un aplicativo informático y es lo que permite almacenar la información de la organización, para esto la plataforma Microsoft Power Platform cuenta con el Dataverso o SharePoint. Esto permite a las organizaciones acceder a sus datos desde cualquier parte del mundo donde tengan conexión a internet. En términos de seguridad de la información Microsoft 365 ofrece protección y seguridad de la información almacenada en sus sistemas, ya que estos verifican y autentican la conexión de las fuentes de datos y usuarios que acceden a la plataforma. Así mismo cada organización puede restringir y permitir el acceso a la información acorde a sus necesidades desde la configuración de las herramientas.

2.7.4.1.1. Power Apps. Es una colección de servicios para crear aplicaciones personalizadas para usuarios y organizaciones. Utilizan un entorno de desarrollo de poco código, compatible con el resto de las herramientas de Microsoft. Es posible ejecutar los aplicativos desde dispositivos computadoras o móviles con sistema operativo IOS, Android y Windows.

Los aplicativos creados en Power Apps usan dos enfoques diferentes. En el primero la aplicación creada se basa en plantillas guardadas en la plataforma, por lo cual no se requiere de muchas modificaciones para lograr el objetivo deseado, pero, esto mismo es un problema ya que para necesidades en más complejas o muy específicas no es viable. El segundo es un modelo Canvas, en este se inicia en un lienzo en blanco, lo cual permite al usuario diseñar un aplicativo

acorde a sus necesidades específicas. Es un torno muy intuitivo y permite arrastrar y soltar objetos en su interfaz, modificar colores, agregar botones, cuadros de texto y muchas opciones más. Cabe resaltar que aquí el usuario es el encargado de crear sus conectores a una base de datos organizada para guardar la información.

2.7.4.1.2. *SharePoint.* Es una herramienta de gestión y almacenamiento de información, cuyo entorno es altamente configurable con la capacidad de satisfacer necesidad en específico de las organizaciones. La información se guarda en columnas y filas cuyas características son aprovechables al enlazarla con Power Apps, ya que permite almacenar y organizar toda la información ingresada en un aplicativo diseñado en esta. Es posible acceder a estas listas desde computadores o dispositivos móviles. La posibilidad de acceder a la información desde cualquier parte del mundo, mediante una conexión a internet la hacen una herramienta muy poderosa para las organizaciones.

2.7.4.1.3. *Power Automate.* Esta herramienta permite al usuario automatizar tareas, esto realiza mediante lo que se denomina desencadenantes (triggers), en otras palabras, una acción desencadena otra hasta cumplir su función. Todo esto es posible realizarlo en múltiples aplicaciones informáticas o servicios de Microsoft. A las tareas automatizadas se les denomina flujos y permiten automatizar tareas repetitivas y de bajo esfuerzo, que en muchos casos requieren una gran cantidad de tiempo. El entorno de desarrollo cuenta con diferentes plantillas establecidas lo cual facilita el uso de los usuarios. Así mismo, es posible crear flujos desde cero para una solución en específico. Dentro de una organización se usaría para enviar correos electrónicos repetitivos, alertas a empleados, enviar recordatorios o alertas, recolectar información en un lugar en específico, entre otros. Esta herramienta se puede enlazar con Power Apps y SharePoint, por

ejemplo, al ingresar información en una aplicación dentro de Power Apps, el flujo desencadenaría el guardado de la información en SharePoint o generaría correo electrónico de alerta.

3. Ingeniera de sistema informático (SOMIT)

El proceso de ingeniería implementado en el desarrollo del sistema informático para la gestión de información en trabajos de inspección en redes de tuberías se basó en un modelo lineal secuencial, que se compone de 5 partes, que son mencionadas a continuación y desarrolladas a lo largo de este capítulo:

- Estado actual.
- Requerimientos de diseño.
- Diseño conceptual.
- Diseño en detalle.
- Pruebas y validación.

3.1 Estado actual

En la búsqueda de una mejora significativa en la gestión de trabajos de inspección en redes de tuberías del sector de hidrocarburos, es esencial buscar soluciones que permitan mejorar procesamiento, transformación e integración de la información de estas actividades. Para realizar estas mejoras es indispensable conocer de primera mano datos acerca de procesos de gestión de información que se están llevando a cabo en la actualidad, de esta manera se determinaran los problemas y necesidades por parte de posibles clientes. Además, proporcionar los requerimientos mínimos con los que deberá contar el sistema informático para gestión de la información. La

recolección de esta información se realizó mediante una encuesta enfocada en personal calificado en inspección de tuberías.

La primera parte de esta investigación se centró en la aplicación de dicha encuesta, la cual, se realizó a personal profesional en el área de inspección de equipos estáticos de sector hidrocarburos, los cuales, se esperan que sean los usuarios finales de la herramienta desarrollada. La estructura de la encuesta realizada se encuentra en el apéndice B. A continuación, se presenta un resumen con los principales resultados obtenidos.

Los resultados de las encuestas proporcionaron información que, luego de ser procesada y analizada nos permitió identificar las principales dificultades a las que se enfrentan los profesionales del área de inspección en la gestión de información, los cuales se pueden clasificar en dos grandes grupos, mencionados a continuación:

- Falta de coordinación y planeación en las órdenes de inspección.
- Riesgos de incumplimiento normativo.

3.1.1 Falta de coordinación y planeación en las órdenes de inspección.

La coordinación y planeación es un aspecto esencial para garantizar el éxito en la ejecución de un trabajo de inspección, según Duffuaa et al. (2002) “La planeación es el proceso mediante el cual se determinan los elementos necesarios para realizar una tarea, antes del momento en que inicie el trabajo” (p.191). En la industria colombiana de inspección de sistemas de tuberías del sector de hidrocarburos puede presentarse como un gran desafío realizar una correcta coordinación y planeación de una orden de inspección, del análisis de los resultados de la encuesta se concluyó que principalmente es debido a programación ineficiente, comunicación fragmentada, ineficiente

asignación de recursos, ordenes de inspección con poca información y falta de seguimiento de las ordenes de inspección que obstaculizan el flujo eficiente de trabajo.

3.1.1.1 Programación ineficiente. Duffuaa et al. (2002) afirma que “La programación tiene que ver con la hora o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las órdenes para efectuar el trabajo, su monitoreo, control y el reporte de su avance” (p.191). Por lo que carecer de una herramienta eficiente para realizar programación de los trabajos de inspección, su monitoreo, control y reporte de avances puede ocasionar incumplimientos, distribución ineficiente de los recursos y la ausencia de objetivos claros por cumplir.

3.1.1.2 Comunicación fragmentada. La comunicación no es efectiva debido a la ausencia de un canal central que gestione la comunicación entre todas las áreas involucradas de la empresa, ya que el uso de diversos canales de comunicación como correos electrónicos o mensajes de WhatsApp, pueden causar retrasos y la omisión de información crucial.

3.1.1.3 Asignación recursos ineficiente. El no contar con una canal que permita establecer la asignación de recursos (personal, equipos y materiales) necesarios para la realización completa de un trabajo de inspección puede causar retrasos, además de afectar la calidad y eficiencia del mismo.

3.1.1.4 Orden de inspección con poca información. Duffuaa et al. (2002) afirma “La orden de trabajo es una forma donde se detallan las instrucciones escritas para el trabajo que se va a realizar y debe ser llenada para todos los trabajos” (p. 50). Por lo que se hace necesario un sistema que permita suministrar todo el conjunto de información (tipo de inspección, ubicación, normativas aplicables, entre otras) necesaria para la realización exitosa del trabajo de inspección.

3.1.1.5 Ausencia de seguimiento y control de O.I. Se requiere de un sistema que permita visualizar los avances en las ordenes de inspección detallando las inspecciones atrasadas, por realizar y completas, con lo cual, se pueda dar seguimiento y control de cada orden de inspección, con el objetivo de realizar una trazabilidad que permita determinar el cumplimiento de objetivos predefinidos, de esta forma se pueden redistribuir y planear recursos de ser necesario.

3.1.2 Riesgos de incumplimiento normativo.

El cumplimiento normativo es un aspecto crítico en todas las áreas del sector de hidrocarburos, en consecuencia, los trabajos de inspección deben realizarse bajo estándares establecidos por la industria como obligatorios, ya que cualquier violación puede resultar en consecuencia legales y financieras, del análisis de la encuesta se puede diferir que las principales causas son debido a desactualización normativa, gestión insuficiente de registro y estandarización de procesos.

3.1.2.1 Desactualización normativa. El no tener el control sobre nuevas actualizaciones de normativas vigentes en la industria de hidrocarburos puede ocasionar la ejecución incorrecta de los trabajos de inspección, lo que crea un riesgo a la fiabilidad de los datos obtenidos. Si las organizaciones operan bajo estándares desactualizados, pueden incurrir en incumplimientos que pueden acarrear sanciones económicas y legales. La implementación de un sistema informático permitió generar un sistema de alertas normativas, que notifique a todos los miembros de la organización sobre cambios evitando todos estos posibles errores.

3.1.2.2 Gestión insuficiente de registros. La gestión inadecuada de registros de inspección no permite la realización de auditorías internas, se requiere un registro detallado y actualizado de todas las inspecciones ejecutadas, que permita la realización efectiva de auditorías internas para evaluar el cumplimiento normativo. Contar con un sistema informático facilita la gestión y

almacenamiento de los registros de actividades realizadas, y por ende la realización periódica de auditorías internas.

3.1.2.3 Estandarización de procesos. Salazar (2019) afirma “La estandarización es garantizar que los procesos dentro de las organizaciones se desarrollan de una manera uniforme por todos los involucrado en el mismo, para así de asegurar la calidad de productos/servicios brindados a los clientes” (p.26). La estandarización de procesos es esencial para garantizar la consistencia en la aplicación de la normativa, no contar con procedimientos estandarizados puede ocasionar interpretaciones erróneas, aplicaciones inconsistentes y, por ende, un incumplimiento normativo. Al sistema informático se le incorporó un módulo que permite la gestión de procedimientos por las especialidades requeridas para la ejecución de ordenes de inspección.

A través de esta búsqueda, se observó la oportunidad de mejorar la eficiencia operativa, garantizando el cumplimiento normativo y el establecimiento de un sistema integral que potencie la calidad y agilidad en la ejecución de trabajos de inspección. Este análisis trazó un camino para determinar una solución a desafíos actuales, y su vez estableció las bases para una implementación tecnológica en los trabajos de inspección.

3.2 Requerimientos de diseño

Teniendo en cuenta las necesidades anteriormente mencionadas se realizó un estudio de diferentes posibilidades por medio del despliegue de la función de calidad (QFD). Este estudio se presenta a continuación:

3.2.1 *Requerimientos del usuario*

Tabla 3

Requerimientos de usuario agrupados y organizados

FUNCIONALIDADES	Control de actividades
	Gestión archivos
	Seguimiento de O. I
	Evaluación de hallazgos
OPERACIÓN	Facilidad de uso
	Adaptabilidad a requisitos específicos de inspección
	Integración con otros sistemas
IMPLEMENTACIÓN	Complejidad de implementación
	Costos
	Soporte y mantenimiento

3.2.1.1 Facilidad de uso. En este criterio se evalúa la facilidad de interacción del usuario con las interfaces del sistema. Se busca determinar si la solución es intuitiva y no genera dificultades de aprendizaje para los usuarios.

3.2.1.2 Adaptabilidad a requisitos específicos de inspección. Este criterio examina la capacidad de la solución para adaptarse a los procesos y necesidades particulares de la inspección de redes de tuberías. Se busca determinar si la solución puede personalizarse para integrar los flujos de trabajo específicos de la inspección.

3.2.1.3 Integración con otros sistemas. En este criterio se evalúa la capacidad de la solución para integrarse de manera efectiva con otros sistemas ya existentes en las empresas. Se busca determinar si la solución puede conectarse eficientemente con herramientas y bases de datos utilizadas en la operación.

3.2.1.4 Funcionalidades. Este criterio se consideran las principales características que debe tener el sistema de información con el objetivo de apoyar los trabajos de inspección en las redes de tuberías.

- **Control actividades:** Este aspecto evalúa la capacidad de la solución para documentar y reportar diariamente las actividades de inspección.
- **Gestión de archivos:** Se evalúa la funcionalidad de la solución para organizar, gestionar y archivar documentos relevantes para la inspección.
- **Seguimiento de ordenes de inspección:** Este aspecto evalúa las capacidades de la solución para seguir y coordinar las órdenes de inspección en tiempo real.
- **Evaluación de hallazgos:** Este aspecto evalúa las herramientas de la solución para documentar y evaluar hallazgos significativos durante las actividades de inspección, permitiendo obtener información preliminar para la priorización de informes y la realización de intervenciones que permitan garantizar la integridad mecánica de las redes de tubería.

3.2.1.5 Complejidad de implementación. En este criterio se evalúa la complejidad para la implementación y el tiempo que se tardaría adaptar el sistema al flujo de trabajo, determinando los recursos necesarios para su funcionamiento.

3.2.1.6 Costos. En este criterio se evalúan los costos asociados con la adquisición o desarrollo, la implementación y mantenimiento continuo de toda la solución, evaluando costos iniciales y largo plazo. Además, de evaluar la relación costo/beneficio.

3.2.1.7 Soporte y Mantenimiento. En este criterio se evalúa la capacidad y calidad de soporte técnico que se pueda dar al sistema, así como la realización de actualizaciones y atención al usuario.

3.3 Diseño conceptual

3.3.1 Funcionalidades de la solución

La implementación de un sistema informático para la gestión de información se fundamentó en la integración de diversos subsistemas que permiten abordar los requerimientos específicos del área de inspección de redes de tuberías de los hidrocarburos en Colombia, en este apartado se estudiaron diversas soluciones para satisfacer dichos requerimientos. A continuación, se presentan los subsistemas con los que cuenta la solución que permita alcanzar los objetivos planteados.

3.3.1.1 Interfaz de usuario (U.I). Garantiza un interfaz intuitiva y amigable para los usuarios, facilitando su uso e integración con los flujos de trabajo lo cual mejora la experiencia del usuario y la reducción de errores.

3.3.1.2 Base de datos y gestión de información. La base de datos asegura el almacenamiento eficiente y organizado de los datos relacionados con los trabajos de inspección, permitiendo un acceso rápido a la información, una gestión efectiva de documentos que facilitan el flujo de trabajo estructurado y orientado a la toma de decisiones oportunas.

3.3.1.3 Gestión de desempeño. Permite el monitoreo y evaluación del rendimiento de los trabajos de inspección, incluyendo indicadores y costos asociados, lo cual facilita identificar áreas de mejora, optimizar recursos y costos.

3.3.1.4 Control de usuarios y seguridad. Garantiza la seguridad de la información almacenada y administrar eficientemente los accesos y roles de cada usuario.

3.3.1.5 Automatización de procesos. Cuenta con características que permitan automatizar flujos de trabajo repetitivos, como la generación de alertas al completar o crear una orden de inspección, de tal manera que mejore la eficiencia operativa.

3.3.1.6 Capacidades analíticas. Proporciona herramientas analíticas para realizar evaluaciones y visualización preliminar de hallazgos relevantes durante los trabajos diarios de inspección, permitiendo mejorar la detección temprana de posibles fallas, y facilitando la toma de decisiones de forma oportuna.

3.3.2 Matriz calidad QFD

Esta herramienta permitió establecer las funcionalidades más relevantes para el desarrollo del sistema informático. Con lo cual se planteó una solución.

Figura 10

Matriz de calidad QFD

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE		PROPIEDADES DE LA SOLUCION						
		Subsistema de interfaz de usuario	Subsistema de base de datos y gestión de información	Subsistema de gestión de desempeño	Subsistema de gestión de usuarios y seguridad	Subsistema de automatización de procesos	Subsistema de capacidades analíticas	
Funcionalidades	Control de actividades	9	27	81	81	54	54	81
	Gestión de archivos	8	24	72	24	48	72	48
	Seguimiento O.I.	10	30	90	90	30	90	90
	Evaluación de hallazgos	7	42	42	0	0	63	63
Operación	Facilidad de uso	6	54	18	0	18	36	36
	Adaptabilidad a requisitos de	2	18	12	12	6	6	18
	Integración con otros sistemas	3	9	18	18	18	18	18
Implementación	Complejidad de la implementación	4	36	24	0	24	12	12
	Costos	5	30	30	0	30	15	15
	SopORTE y mantenimiento	1	3	6	3	9	3	3
Total			273	393	228	237	369	384

Nota. De la matriz QFD se puede observar que los subsistemas de mayor importancia son: subsistema de base de datos, de gestión de la información, y de capacidades analíticas.

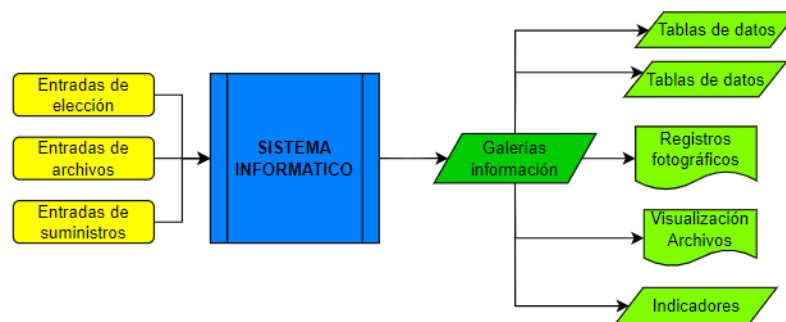
3.3.3 Planteamiento de alternativas

Esta etapa se enfocó en obtener una solución al problema de diseño planteado a través de los requerimientos del cliente y las funcionalidades requeridas para la solución, transformando ideas en esquemas, que dieron paso a la estructuración de la herramienta desarrollada.

Como paso número uno, se realizó un análisis de los requerimientos acerca de los datos de entrada y salida del sistema informático, lo que permitió identificar las características principales de cada conjunto de datos, y su relación con la solución desarrollada en el entorno de trabajo, este paso es esencial, ya que permitió definir puntualmente las funcionalidades del sistema, y proveerle los medios para que se comunique con su entorno. Es decir, se buscó que los datos de entrada se ingresaran al sistema de manera coherente, y que fueran los necesarios para la ejecución de las tareas asignadas, de igual forma los datos suministrados generaron las salidas esperadas para lograr una efectiva comunicación con el usuario.

Figura 11

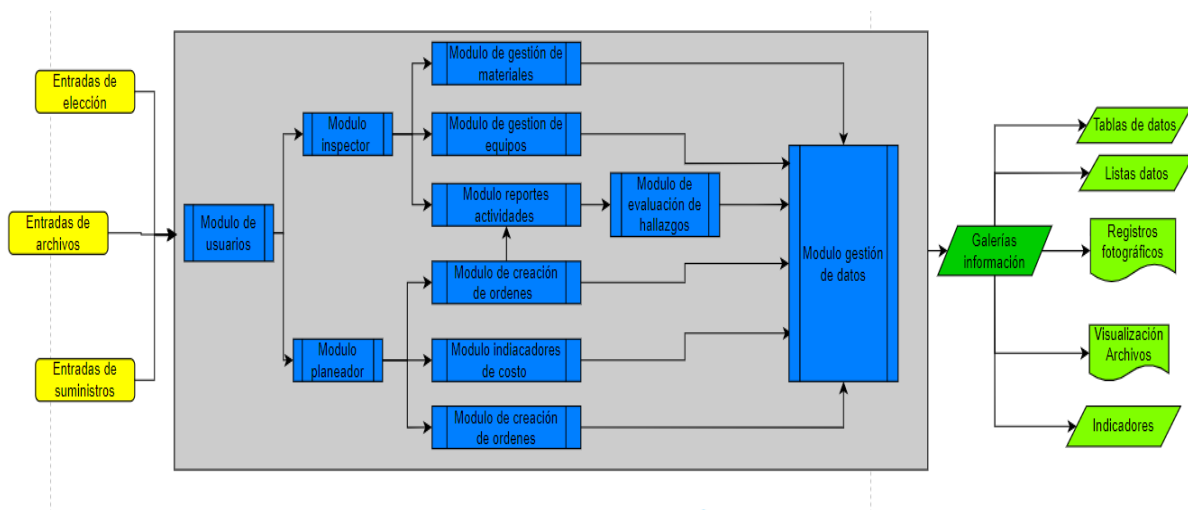
Esquema general del sistema informático



En la Figura 11, se presenta un esquema del sistema informático, con las entradas y las salidas. En la entrada de elección se organizan todas aquellas entradas que se encuentran restringidas dentro de las opciones que proporciona el sistema, como ejemplo se tienen: clase de red de tuberías, tipo de hallazgos y técnicas de END aplicadas, las entradas del tipo suministro son todos los datos ajenos al sistema es decir aquellos cuyo valor no se encuentra directamente limitado por el sistema, algunos ejemplos de este tipo de entrada son: las observaciones y reporte de cantidades. Por ultimo las entradas tipo archivos son todas aquellas entradas tipo multimedia como una imagen, documento o fotografía, algunos ejemplos de estas entradas en sistemas son: documentos de procedimientos, archivos finales de inspección y el registro fotográfico de las actividades realizadas.

Figura 12

Flujo interno sistema informático



Después de definir la interacción del sistema informático con su entorno se utilizó como base para el modelo interno, el cual se basó en el concepto de modularidad, que se definió en la sección 2.7.2, de tal forma se identificaron los componentes que al unirse dan forma a la herramienta virtual, se procedió entonces a definir los módulos necesarios para satisfacer los

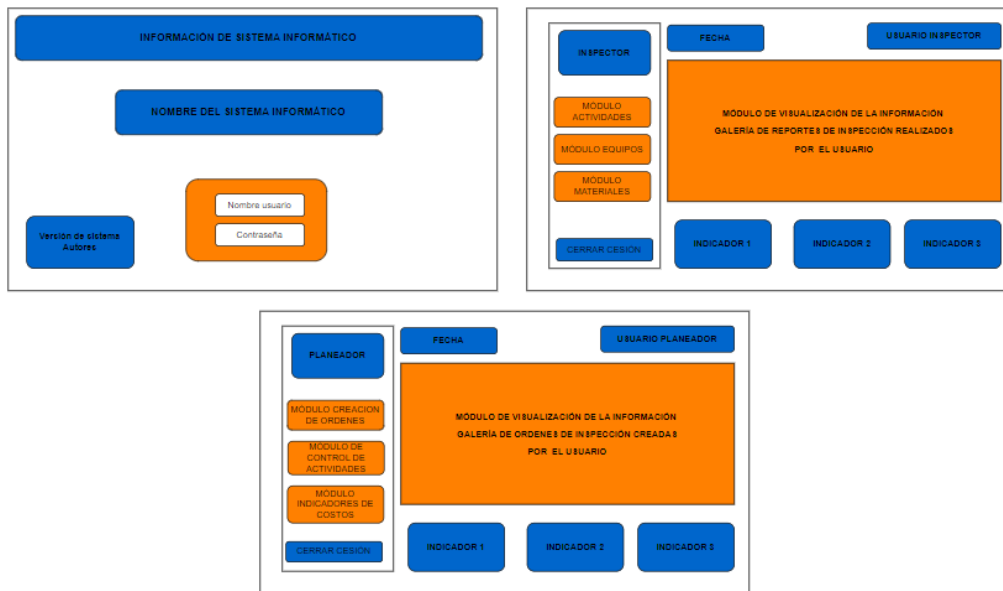
requerimientos del diseño, cada módulo tiene funcionalidades particulares, que al unirse permitieron dar solución a las necesidades del cliente. Como resultado se obtuvieron once módulos principales, los cuales se definen brevemente a continuación:

- **Módulo usuarios:** direcciona al usuario hacia las características del sistema, a las cuales tiene acceso según sus credenciales (Planeador o Inspector)
- **Módulo de planeador:** en este módulo se encuentran todas las funciones que ejecuta el planeador, tiene acceso a los reportes de actividades y al registro de órdenes y nuevos clientes.
- **Módulo Inspector:** en este módulo se encuentran todas las características a la que puede acceder un usuario inspector.
- **Módulo reporte actividades:** permite visualizar la ordenes de inspección vigente, y enlazar reporte de actividades realizadas a la orden de inspección seleccionada, además de enlazar con el módulo de reporte de hallazgos, posee otros submódulos como: submódulo de condiciones climáticas, registro fotográfico y archivos adjuntos.
- **Módulo gestión de equipo:** proporciona información de los equipos que están asignados al usuario, además cuenta con submódulos que permiten ingreso de preoperacionales, reporte de daños, notificaciones de calibración o revisiones programadas.
- **Módulo gestión de materiales:** permite el registro de compras asociadas a los trabajos de inspección.
- **Módulo de evaluación de hallazgos:** está integrado al módulo de reportes diarios, y posee características que permiten el ingreso de datos específicos de cada hallazgo particular, los cuales deben ser clasificados según las opciones establecidas en el sistema

(perdida de material y daños mecánicos), los criterios empleados para realizar estas evaluaciones se especifican en la secciones 2.4 Evaluación de la corrosión y 2.5

- **Módulo de creación de ordenes:** permite el ingreso de datos necesarios para la creación de una orden de inspección, además de establecer fecha y prioridad de la ejecución.
- **Módulo de indicadores de costo:** estima los costos en términos de materiales, equipos y mano de obra asociado a una orden de inspección.
- **Módulo de control actividades:** está integrado al módulo del planeador, permite filtrar información asociada a los reportes de actividades, como cantidades, registro fotográfico, observaciones, paradas por condición climática, estado de la inspección y archivos de inspección.
- **Módulo de gestión de datos:** este módulo está integrado a cada uno de uno de los módulos anteriores, y permiten recopilar, organizar y almacenar los datos y archivos de cada proceso en formato de lista y biblioteca de manera estructurada.
- **Módulo de notificaciones:** este módulo se encarga de generar alertas automáticas por medio de correo electrónico, para los diferentes roles de usuario cada vez que se cree un evento crítico.

Por último, cada módulo específicamente tiene la capacidad de intercambiar información con el usuario, esto se logra mediante la creación de diferentes interfaces de usuario, lo cual como se mencionó anteriormente es un requerimiento importante por parte del usuario, por lo tanto, es intuitiva y proporciona un entorno amigable al usuario. Además, da un acceso de manera ágil a cada uno de los módulos propuestos. Por lo que, se eligió el diseño de tres interfases principales, la cuales se pueden observar en la Figura 13, y que se explicarán en detalle en la sección 3.4.

Figura 13*Diseño de interfaz de usuario*

Nota. En la imagen se pueden observar la tres principales interfaces. Interfaz de usuario (izquierda superior), Interfaz de inspector (superior derecha) y por último interfaz de planeador (abajo centrada)

3.4 Diseño en detalle

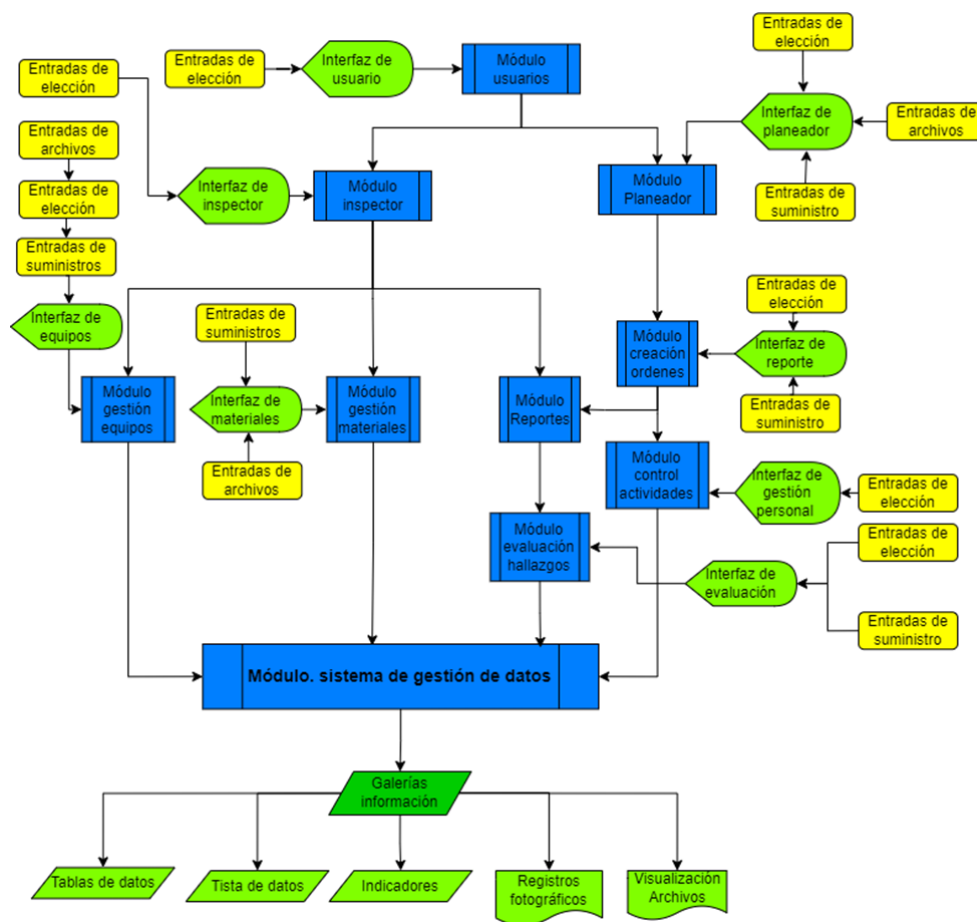
En este apartado, se retoman los requerimientos mencionados en la sección 3.2, y el diseño propuesto en la etapa anterior. Se pasa del diseño conceptual al diseño final, detallando cada uno de los atributos, comportamientos y operaciones de los componentes. Considerando aspectos como: interacción con el usuario, tiempos de espera, tratamiento de los datos y consumo de recursos. Este diseño se divide en dos partes, primero una etapa de diseño de los flujos de datos y la interacción con los módulos, y una segunda etapa con el desarrollo de la interfaz gráfica.

3.4.1 *Diseño de flujo de datos y módulos*

Para esta fase, se analizó de forma detallada cada uno de los componentes que conforma el sistema, creando su estructura y funcionamiento, de tal forma que, se describa el proceso que realiza y toda lógica que emplea para suministrar las funcionalidades requeridas. Además, se estableció el flujo de datos que ocurre entre los módulos y la interfaz de usuario, especificando los valores y clases de entrada y salida de cada uno de los módulos. En la Figura 14 se modela el flujo de datos entre los módulos en general de todo el sistema informático para la gestión de información.

Figura 14

Flujo de datos y módulo en general del sistema

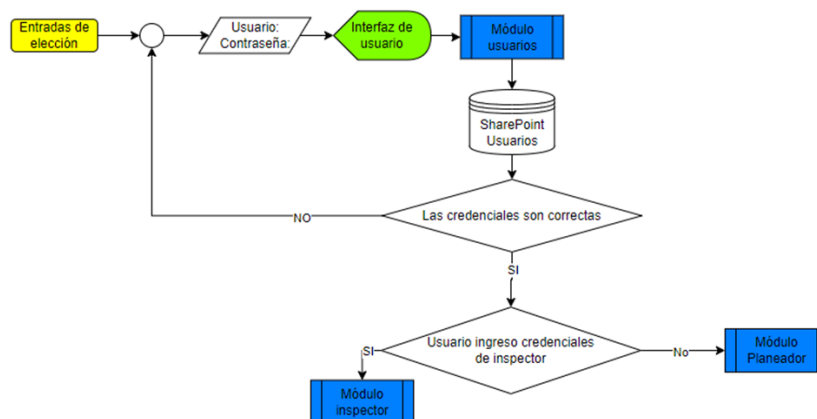


3.4.1.1 Módulo de usuario. Es el primer nivel de seguridad del sistema, en este se realiza la verificación de credenciales del usuario, las cuales deben estar registradas previamente en la base de datos para ser reconocidas. Además, cumple la función de reconocer el tipo de usuario que está ingresando al sistema, el flujo de este módulo se puede observar en la Figura 15. Esta herramienta se desarrolló considerando dos clases de usuarios:

- Planeadores
- Inspectores

Figura 15

Flujo de módulo usuario



Al reconocer el tipo de usuario, se habilita el acceso a los módulos y procesos asociados al rol ingresado. Si las credenciales ingresadas, no son correctas el sistema no permite el acceso. Este es el módulo de inicio del sistema informático SOMIT.

3.4.1.2 Módulo Planeador. Es el núcleo para el usuario con el rol de planeador, proporciona acceso a las funciones esenciales como se puede observar en la Figura 16. Los componentes claves dentro de esta interfaz son:

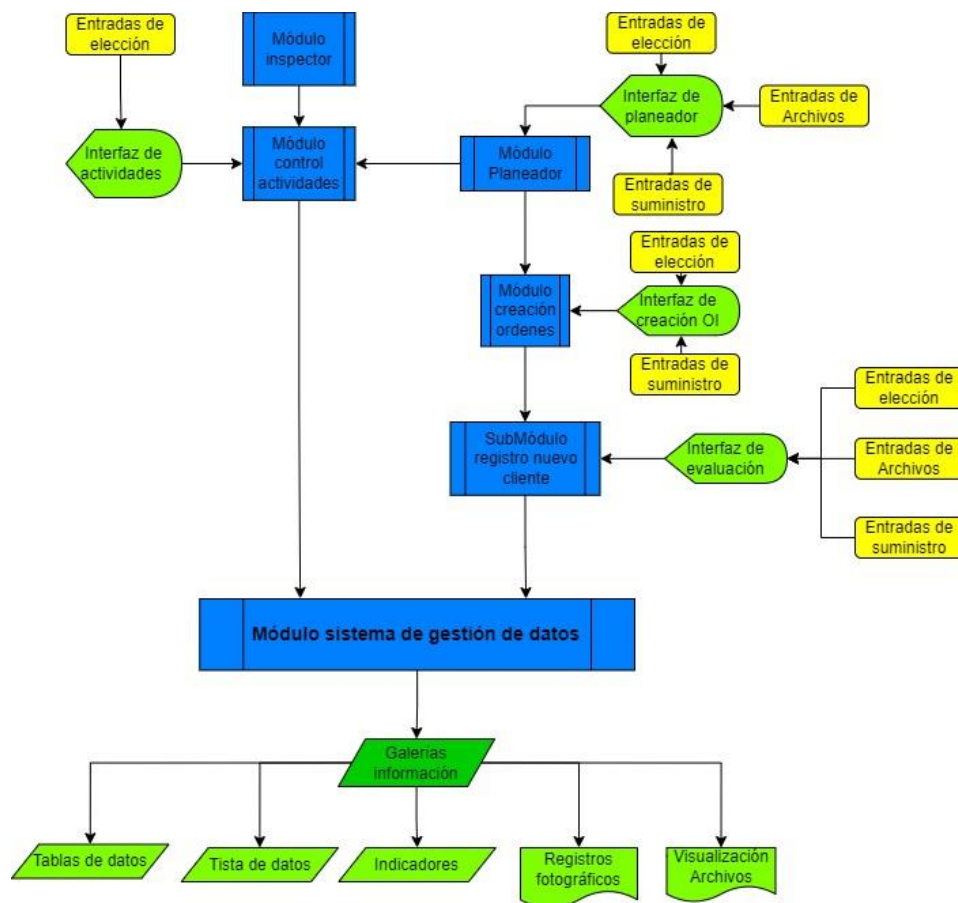
- Módulo de crear orden de inspección

- Módulo de control de actividades
- Submódulo de registro de nuevos clientes

Como se puede observar en la figura 16, el rol de planeador lleva a cabo una tarea muy importante que es registrar las nuevas órdenes de inspección este es el origen de todo el flujo de datos, esto permite brindarle al inspector la información necesaria para la correcta ejecución de las actividades. Así mismo, tiene control sobre el módulo de actividades el cual permite la visualización de todas las ordenes de inspección en ejecución, pendientes y completas y el registro de los reportes diarios.

Figura 16

Flujo rol de planeador

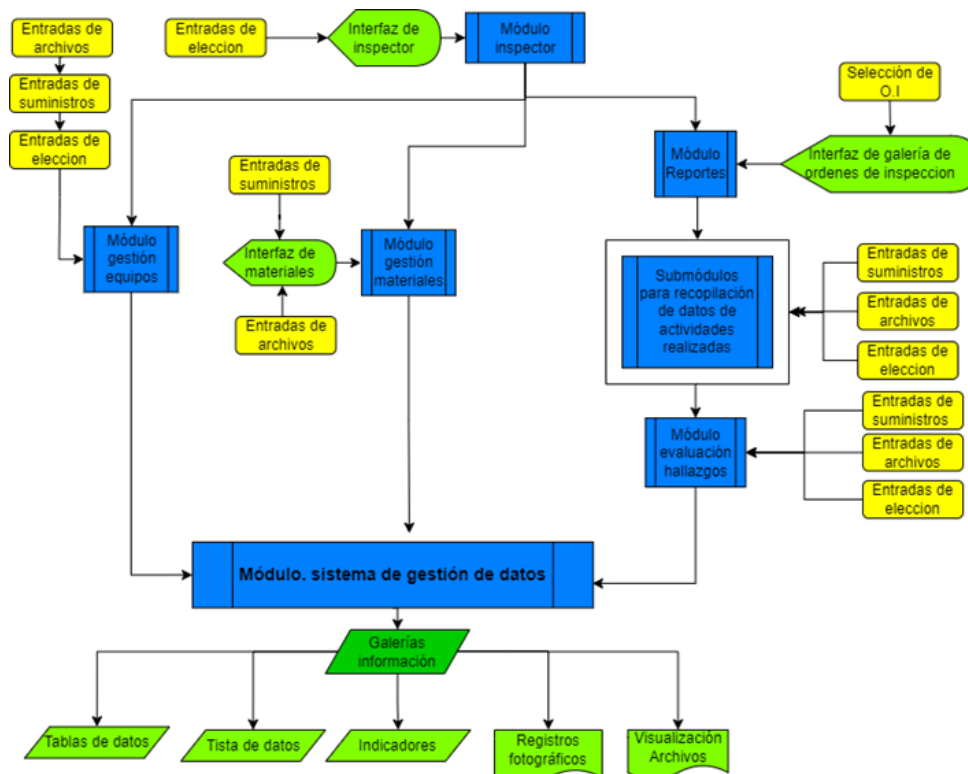


3.4.1.3 Módulo Inspector. Es el núcleo para los usuarios con el rol de inspector, proporciona acceso a las funciones esenciales como se puede observar en la Figura 17. Este módulo se desglosa en tres componentes clave:

- Módulo de gestión de equipo.
- Módulo gestión de materiales.
- Módulo de reporte diarios de inspección.

Figura 17

Ejemplo de tabla de registro de actividades de inspección



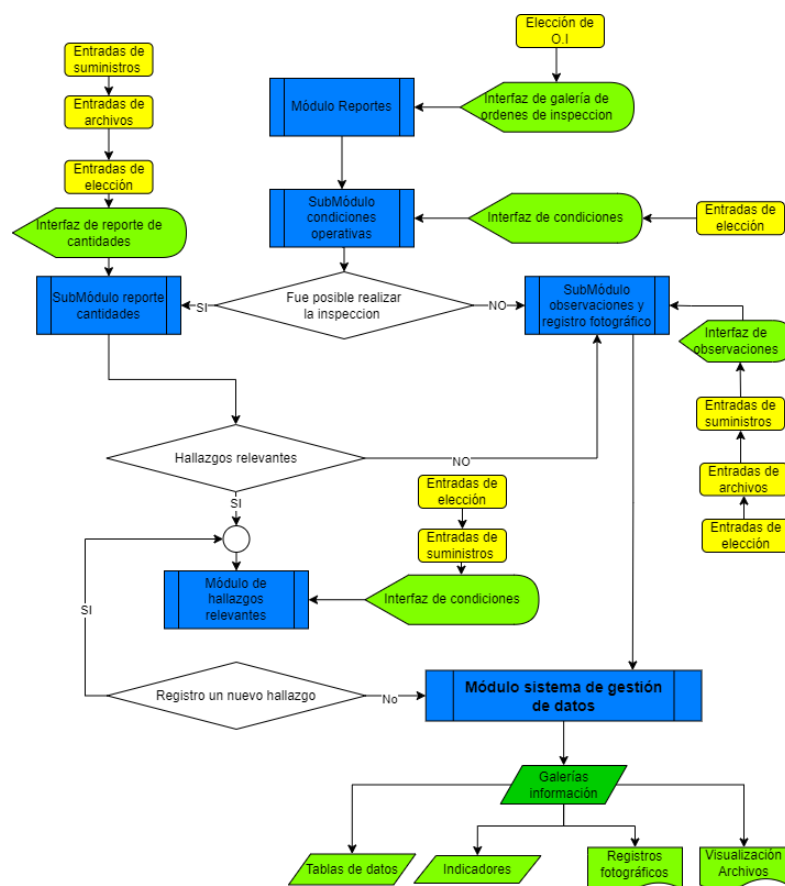
Cada uno de los tres módulos principales desempeña un papel crucial en proporcionar al inspector las funcionalidades mínimas para llevar a cabo sus tareas de manera integral. En conjunto, este enfoque modular no solo agiliza las tareas diarias del inspector, sino que también ayuda a la toma de decisiones debido a la visión integral de la información clave.

En el flujo de datos entre los módulos, se prevé la entrada de archivos y registros fotográficos, utilizando sistemas que facilitan la carga y asociación de documentos visuales a las órdenes de inspección. Esta flexibilidad en las entradas y salidas del sistema garantiza una experiencia de usuario intuitiva y completa, permitiendo una interacción eficiente y la recopilación detallada de información relevante.

3.4.1.4 Módulo de reporte de actividades. Permite al usuario con rol de inspector registrar las actividades diarias relacionadas con una orden de inspección específica. Incluye submódulos para detallar las condiciones climáticas, el estado de inspección, registro fotográfico, el reporte de hallazgos relevantes y poder adjuntar archivos.

Figura 18

Flujo módulo reporte actividades



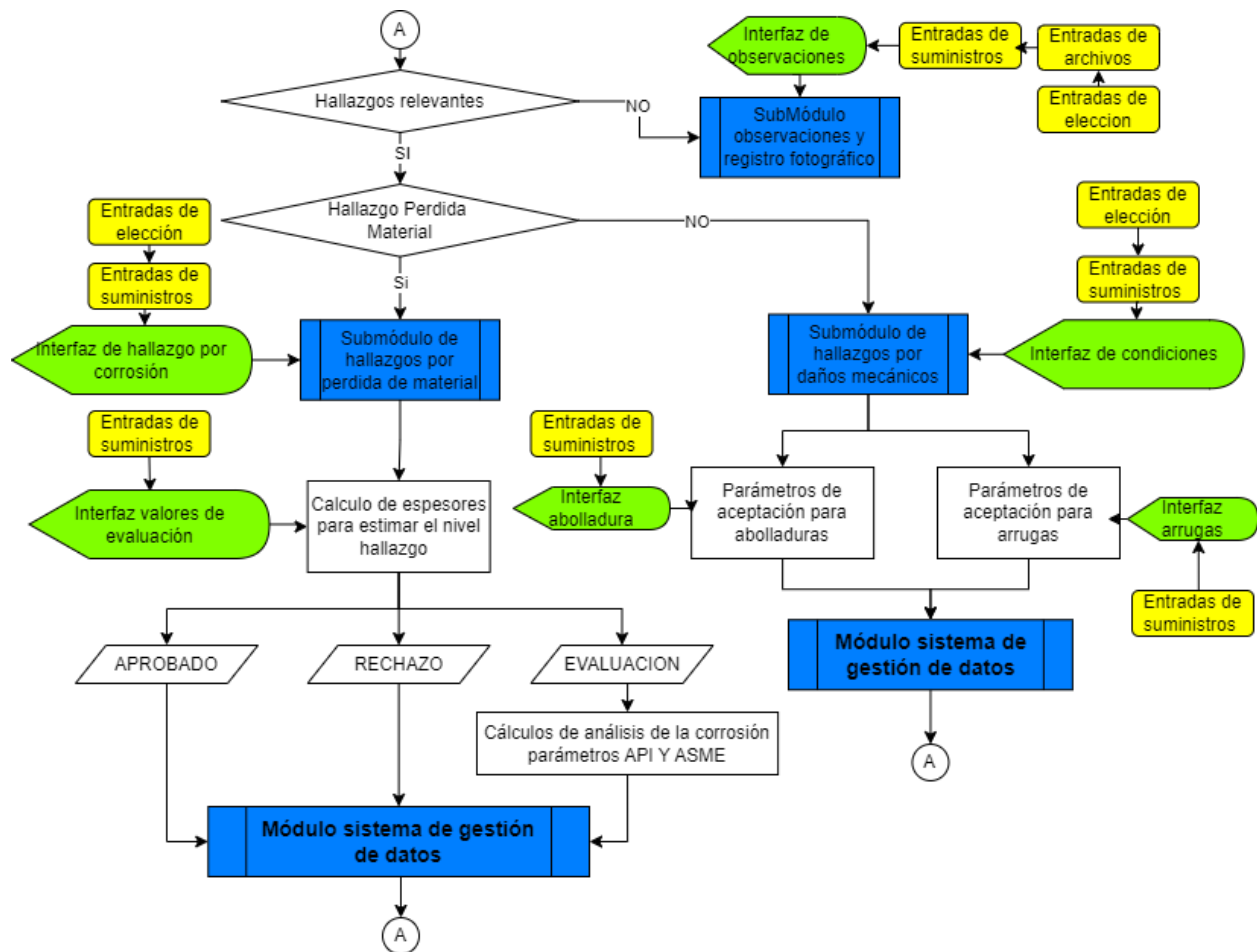
Como se evidencia en la figura 18, el flujo de datos comienza con una entrada elección, relacionada con la selección de la orden de inspección a la que se desea realizar el reporte de actividades, al elegir la orden el sistema almacena las principales características de la misma (ubicación, diámetro, tipo línea, nombre entre otras), y se redirige al submódulo de condiciones operativas, este submódulo tiene entradas de elección como los son la fecha de realización de la inspección, condiciones climáticas y si fue posible la realización de la inspección, si la respuesta es negativa el sistema lo traslada al submódulo de observaciones donde tendrá acceso al ingreso de diferente entradas, como observaciones y registro fotográfico, este sería el flujo de datos para realizar un reporte para una orden de inspección que debió ser suspendida o que no pudo ser iniciada, si por el contrario la inspección se pudo realizar, el sistema los traslada al submódulo de reporte de cantidades, el flujo de datos en submódulo cuenta con entrada de tipo suministro donde podrá registrar las cantidades numéricas realizadas de los diversos END (el sistema esta provisto con los principales END empleados en la inspección de redes de tuberías), una vez todos los datos sean ingresados, el sistema le permite elegir si desea realizar un registro de hallazgo relevante asociado a su reporte de actividades, de no ser así lo redirige al submódulo de observaciones, si es lo opuesto, el sistema lo traslada al módulo de hallazgos relevantes en el cual debe ingresar los tipos de hallazgos encontrados, el sistema permite subir una cantidad de diez registros por tipo de hallazgo, este módulo se explicará con detalle en la siguiente sección, por último todo el flujo de datos converge al módulo de gestión de datos para su tratamiento, y su posterior utilización en galerías informativas.

3.4.1.5 Módulo de evaluación hallazgos relevantes. El proceso comienza con el inspector accediendo al módulo de evaluación de hallazgos desde el módulo de reporte diarios. Aquí, ingresa datos específicos sobre cada hallazgo identificado durante las inspecciones. Esta información

incluye entradas suministro y elección sobre la ubicación del hallazgo, datos operación, características y registros de inspecciones previas.

Figura 19

Flujo de módulo de evaluación de hallazgos



Como se observa en la Figura 19, el flujo de datos comienza a partir de un reporte de hallazgos, el sistema permite la evaluación de dos clases de hallazgos que son: pérdida de material y daños mecánicos, cada uno de estos hallazgos tiene procesos de entradas de datos particulares, y de igual manera con sus procesos de evaluación. Para el caso de pérdida de material, en un primer de nivel de evaluación el sistema determina la gravedad del hallazgo bajo parámetros de diseño ingresado por el usuario, y lo clasifica como: aprobado, rechazado o para evaluación, si la

clasificación es esta última el sistema redirige a una interfaz donde se visualizan los diferentes criterios de evaluación empleados para tener una mejor valoración de ese hallazgo, si el usuario está satisfecho con estos resultados podrá guardar los datos mediante el módulo de gestión de datos, y continuar en el módulo de evaluación de hallazgos, permitiendo ingresar un nuevo hallazgo o finalizando el reporte con el submódulo de observaciones y registros fotográficos, este último sucede de la misma forma en la cual el hallazgo es rechazado o aprobado. Si el caso es un reporte de hallazgos por daños mecánicos, este submódulo da acceso a dos tipos: abolladura y arrugas, dependiendo de la elección de usuario se redirige a una nueva interfaz, donde cada respectivo daño mecánico tiene sus procesos para evaluar la aceptación o el rechazo del mismo, al finalizar este proceso se podrá de igual forma agregar un nuevo hallazgo o redirigirse al submódulo de observaciones y registros fotográfico, para dar finalización al reporte de actividades.

3.4.1.6 Módulo de gestión de equipos. Proporciona información detallada sobre los equipos asignados al inspector para la ejecución de la orden de inspección, desde los equipos especializados para procesos de realización de END, hasta los vehículos utilizados para el desplazamiento a las áreas de inspección. Por tanto, este módulo permite el ingreso de informes preoperacionales, reportes de daños, notificaciones de calibración y notificaciones de mantenimientos preventivos de los equipos. De tal manera que el flujo de datos de este módulo tiene entradas tipo suministro, con formularios predefinidos para el reporte de daños, preoperacionales, calibración, entrada tipo archivos, para añadir el registro fotográfico como evidencia de cada una de estas acciones, y entradas de elección, ya que cada uno de estos equipos debe contar con registro único en la base datos, por lo que estará predefinidos en el módulo.

3.4.1.7 Módulo de gestión de materiales. Facilita el registro de compras de materiales asociados a los trabajos de inspección. Con lo cual se realiza un seguimiento detallado de los recursos utilizados en cada orden de inspección, lo que junto con el módulo de costos permite estimar el rendimiento económico de las actividades de inspección. El flujo de datos se da a partir de registro por parte del usuario, de cualquier gasto asociado al trabajo de inspección, mediante detalles de la compra, como nombre del elemento comprado, su valor y evidencia fotográfica de del elemento y su factura. Esto no solo contribuye a una mejor planificación logística, sino que también garantiza la disponibilidad oportuna de los materiales requeridos para la ejecución de las inspecciones.

3.4.1.8 Módulo de creación de ordenes de inspección. El proceso inicia cuando el usuario ingresa bajo el rol de planificador al sistema, con lo cual puede acceder al módulo de creación de ordenes de inspección desde la interfaz del módulo principal de planeador. Este módulo ofrece un formulario con entradas de suministro y elección, de manera que es muy intuitivo y facilita el inicio de la creación de nuevas órdenes de inspección. El usuario ingresa datos esenciales como la ubicación específica de dónde se va a realizar la inspección, el tipo de inspección a realizar y detalles adicionales relevantes. Además, establece fechas de ejecución y asigna prioridades según considere la importancia de la inspección.

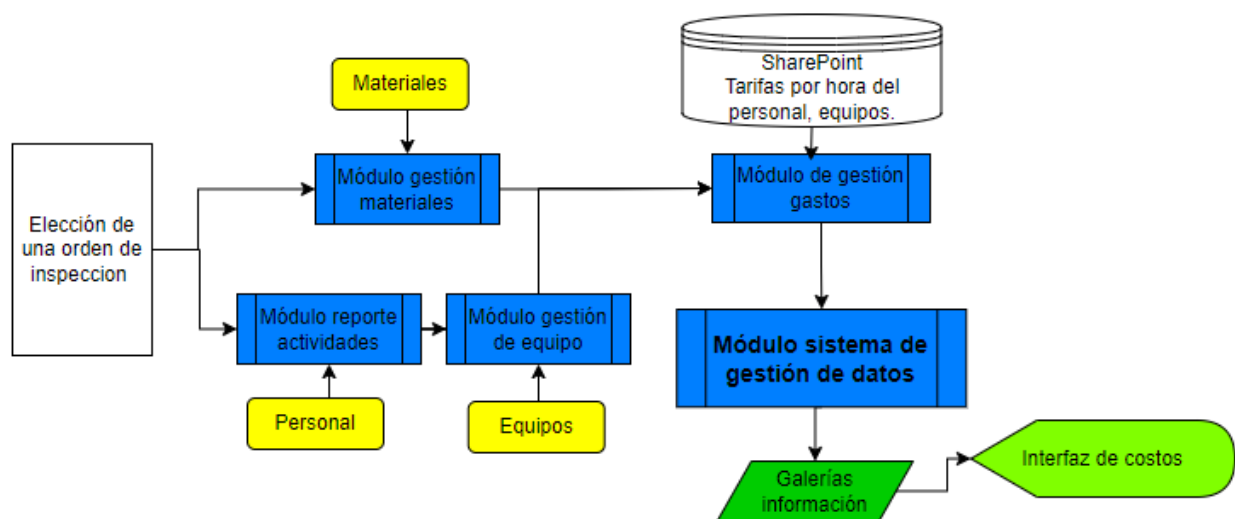
Antes de confirmar la creación de la orden de inspección, el usuario debe revisar todos los detalles ingresados y realizar ajustes si es necesario, asegurando la precisión y coherencia de la información, el sistema permite crear una nueva orden, si no cuenta con los datos obligatorios. La orden de inspección creada se integra automáticamente con otros módulos, como el módulo de reporte de actividades y el módulo de evaluación de hallazgos, proporcionando una gestión

eficiente y una trazabilidad continua de la información a lo largo de la finalización de la orden de inspección.

3.4.1.9 Módulo de indicadores de costo. Este módulo permite la estimación de gastos asociados a cada orden de inspección, desde materiales hasta mano de obra. El proceso de flujo de datos no tiene entradas manuales por parte del usuario, los datos se recopilan de la interacción con otros módulos, y valores predefinidos por el usuario, como el valor de la mano de obra. Este módulo es de gran importancia para estimar la asignación de recursos y la rentabilidad de las operaciones.

Figura 20

Flujo indicador de costos



3.4.1.10 Módulo de control actividades. Este módulo proporciona una visión completa y detallada de todas las actividades relacionadas con las órdenes de inspección. La principal funcionalidad de este módulo es su capacidad para filtrar la información. El planeador puede aplicar diversos criterios, desde el estado de la inspección hasta el inspector que realizó la

inspección, para agrupar la visualización de datos. Una vez aplicados los filtros, el sistema presenta una lista detallada de actividades asociadas a las órdenes de inspección seleccionadas.

3.4.1.11 Módulo de gestión de datos. Este módulo es parte central de todo el sistema informático para la gestión de información en trabajos de inspección, ya que se integra con cada uno de los módulos permitiendo la gestión de los datos, mediante flujos automatizados en Power Automate, que permite el almacenamiento y organización de los datos en listas preestablecidas en SharePoint, y además gestiona el contenido multimedia (archivos y fotografías) de forma tal que se puedan acceder a ellos de una forma ágil. Es decir, permite que los datos ingresados al sistema se conviertan en información para el usuario.

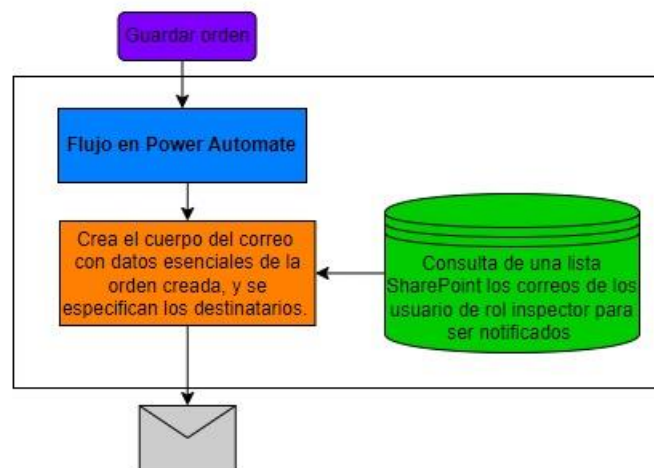
3.4.1.12 Módulo de notificaciones. El módulo de notificaciones es esencial en el sistema de gestión de información SOMIT para inspección de redes de tuberías, proporcionando una herramienta eficiente para mantener a los usuarios actualizados sobre eventos críticos. Su función principal es enviar notificaciones automáticas mediante correos electrónicos informando sobre la creación de nuevas órdenes de inspección, la finalización de inspecciones, reporte de hallazgos, reporte de inspecciones suspendidas y la generación de reportes de actividades.

Para comprender el flujo de datos de este módulo se utiliza como ejemplo la generación de una notificación al usuario inspector cada vez que se cree una nueva orden de inspección por parte del usuario planeador. El flujo de datos comienza con un desencadenador que se origina desde la interacción con la interfaz de usuario en Power Apps, para esta situación cuando el usuario oprima el botón (guardar orden), se ejecuta un flujo en Power Automate que contiene parametrizado el cuerpo de correo para añadir la información con los datos de la orden, y que a su vez recorre una lista de SharePoint de donde extrae los correo electrónicos de los usuarios con rol de inspector para agregarlos como destinatarios del correo electrónico, con lo cual, la salida de este módulo es

un correo electrónico, donde se informa a los usuarios con rol de inspector que sea ha creado una nueva orden de inspección.

Figura 21

Ejemplo de notificación de una nueva orden creada



3.4.2 Diseño de interfaz gráfica de usuario

Esta es una parte importante del desarrollo ya que está encargada de la interacción entre el usuario y el sistema informático SOMIT, por lo que el éxito del sistema consiste en tener una excelente usabilidad, que es la medición cualitativa de la facilidad y eficiencia que tiene el usuario para emplear las funcionalidades y características del sistema informático desarrollado. Una interfaz bien diseñada, posee mecanismos que permiten que el usuario se sumerja de manera suave y en forma intuitiva por el sistema, realizando su trabajo sin mayor esfuerzo. Bajo esta idea, y siguiendo las premisas de las tres reglas doradas del diseño de interfaces de usuario acuñadas por Pressman (2010), que son: “Dejar el control en el usuario, reducir la carga de memoria del usuario y hacer que la interfaz sea consistente” (p.266).

En esta sección se desarrollaron las diferentes interfaces de usuario que componen el sistema y se hizo indispensable tener presente los tipos de entradas y salidas con las que cuenta el

sistema informático, en cuanto a las entradas fue relevante tener presente que la herramienta permite el ingreso de datos tipo numérico, texto, archivo y fotográfico, por lo que, fue relevante diseñar un método que permita la captación de esta variedad de datos de la mejor forma posible, por ejemplo, para la realización de un reporte de actividades se requiere el ingreso de un gran grupo de información, por lo que no es posible diseñar una sola interfaz para la recolección de todos los datos, por esta razón el sistema se estructura de tal manera que permita el flujo por diferentes interfaces donde se van recopilando los datos de manera sistemática, empezando por información básica de actividades como la fecha de la inspección y las condiciones climáticas, hasta el reporte de hallazgos relevantes, el cual requiere de un volumen más alto de entradas. Para estas y otras entradas al sistema informático SOMIT se consideraron las siguientes premisas:

- Evitar entradas redundantes.
- Incluir información para la recolección de los datos.
- Generar notificaciones por errores de digitalización o entradas en blanco.

Figura 22

Ejemplo de entradas datos para la evaluación de hallazgo.

REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13			
DATOS UBICACIÓN		DATOS OPERACIÓN	
TIPO DE HALLAZGO	CORROSIÓN INTERNA [CI]	PRESION DE DISEÑO	1500 (Psi)
TIPO DE LINEA	(ASME B31.4)	SCHEDULE TUBERIA	40 (sch)
CML	89	MATERIAL TUBERIA	API 5L A 25
DISTANCIA J.A	9 (m)	DIAMETRO (NPS)	2 (in)
ABSCISA	165 (m)	PRESION OPERACION	1200 (Psi)
POSICION HORARIA	8	DIAMETRO EXTERNO:	2,375 (in)
		T NOMINAL:	3,91 (mm)
CARACTERIZACIÓN HALLAZGO		REGISTRO HALLAZGO	
ESPOSOR MINIMO (tmin)	2,8 (mm) 28,39 %	FECHA INSTALACION	1 diciembre 2003
LONGITUD	65 (mm)	FECHA INSP. ACTUAL	22 enero 2024
ANCHO	19 (mm)	FECHA INSP. PREVIA	8 febrero 2018
SCAN REALIZADO	SCAN A	ESP. MIN-INSP. PREVIA	3,3 (mm)

Frecuentemente cuando se introducen datos suelen cometerse errores de digitación y olvidar el llenado de espacios relevantes para los demás procesos del sistema informático, por ello, se estipularon acciones sobre los datos de entrada para asegurar la exactitud de estos, como

consecuencia se generaron salidas adicionales para notificar al usuario de errores en el suministro de datos. Como un control adicional para evitar errores en el proceso, se diseñaron partes de la interfaz que solo se habilitan cuando la estructura de datos suministrada en las entradas anteriores es correcta, evitando así continuar con el proceso.

Considerando la naturaleza técnica de la información manejada, se ha establecido que las salidas se presentarán principalmente en formatos visuales, tales como tablas, galerías con imágenes y archivos. Este enfoque se adopta para optimizar la claridad y evitar la saturación de información en forma de texto, lo cual podría dificultar la interpretación.

Figura 23

Ejemplo de tabla de registro de actividades de inspección

Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abscisado	Scan A	Scan B	Creado
ROGER MARTINEZ	8 enero 2024	5	345 m	0 m	0 m	0 Puntos	0 m2	7 enero 2024 7:36
ROGER MARTINEZ	8 enero 2024	8	1000 m	60 m	0 m	0 Puntos	0 m2	9 enero 2024 16:00
KEVIN CASTELLANOS	8 enero 2024	6	1 m	1 m	1 m	1 Puntos	1 m2	9 enero 2024 16:21

En este sistema, la interfaz de usuario se concibe como una herramienta que facilita la comprensión rápida y precisa de los datos relacionados con las órdenes de inspección. La estructura y formato de las salidas se diseñó meticulosamente para ofrecer una representación visual efectiva, contribuyendo así a la toma de decisiones informadas por parte de los usuarios finales, ya sean inspectores, planificadores u otros actores involucrados. En la Figura 22 se observa

que los datos están estructurados en tablas, lo que facilita su rápida comprensión, además de que la interfaz provee de funcionalidades que facilitan su manipulación.

4. Validación del sistema informático

Una vez terminado el desarrollo del sistema informático y después de pasar por una serie de pruebas de funcionamiento por parte de los desarrolladores, se procedió con la validación, para esto se realizó una simulación de una situación real con la finalidad de garantizar el cumplimiento de los requerimientos establecidos previamente.

La situación se planteó lo más real posible, es decir, es situaciones normalmente encontradas por los inspectores y los planeadores de las inspecciones de redes de tuberías. Como ECOPETROL es el principal operador de campos de producción de hidrocarburos en nuestro país, se asumió como la organización que contrató la inspección de una red de tuberías. La información del cliente, los servicios contratados y de la red de tuberías son los siguientes:

El planeador se encargó de crear la orden de inspección con los datos provistos por el cliente, y de asignar los equipos necesarios para cumplir los servicios contratados.

Tabla 4

Datos del cliente

Información del cliente	
Nombre del cliente:	ECOPETROL S.A.
Nombre del representante:	Roger Toloza
Correo Electrónico:	rogertoloza@ecopetrol.com
Numero de contacto:	3167331534

Tabla 5*Servicios contratados por el cliente*

Servicios contratados	
Fecha de ejecución de la orden de inspección	24 de enero de 2024
Tipo de ensayo	Inspección visual
	Tintas penetrantes
	EMAT
	Registro fotográfico
	Ultrasonido [SCAN A – SCAN B]

Tabla 6*Detalles de la tubería*

Detalles de la tubería	
Tipo de línea:	ASME B31.4
Material de la línea:	API 5L A 25
Schedule de la tubería:	40
Presión de diseño	1500 [psi]
Ubicación geográfica:	Campo Jazmín
Longitud de la línea:	1050[m]
Diámetro de la tubería:	2 [in]

El planeador se encargó de ingresar la información al sistema informático, creando la orden de inspección.

Figura 24*Creación orden de inspección*

El inspector accedió a la información de la orden y procedió a su ejecución. En campo realizaron las siguientes actividades y las registró en el sistema informático. Los reportes realizados son los siguientes:

4.1 Reporte diario 1

El primero día el inspector realizó los siguientes trabajos de inspección especificados en la orden. Al finalizar el día registró el reporte de actividades y hallazgos relevantes.

Figura 25*Registro de condición climática*

Figura 26

Inspección realizada

REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13

Ubicación: CAMPO JAZMIN	Tipo de línea: (ASME B31.4)
Longitud: 1050 m	Equipos asignados: DMS Go / EMT / GPS / CAMARA / TINTAS PENETRANTES
Diámetro: 2 in	TAG Línea: Línea de producción J098

Fue posible realizar la inspección

Sí

No

Figura 27

Reporte de actividades

REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13

REPORTE DE CANTIDADES

EMAT	358	(m)
Inspección visual	432	(m)
Tintas penetrantes	0	(m2)
Abscisado	500	(m)
SCAN A	4	(Puntos)
SCAN B	1,8	(m2)

HALLAZGOS RELEVANTES

No

Sí

Figura 28

Hallazgo de perdida de material

REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13

Ubicación: CAMPO JAZMIN	Longitud: 1050 m	Diámetro: 2 in	Tipo de línea: (ASME B31.4)
Técnicas de inspección: EMAT / INSPECCIÓN VISUAL / TINTAS PENETRANTES / REGISTRO FOTOGRAFICO / ULTRASONIDO (SCAN A - SCAN B)			Equipos asignados: DMS Go / EMT / GPS / CAMARA / TINTAS PENETRANTES
Observaciones: Línea de producción J098			

TIPO DE HALLAZGO

INSPECCIÓN VISUAL

PERDIDA MATERIAL +

Grabar inspección

Figura 29

Hallazgo relevante 1

REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13

DATOS UBICACIÓN		DATOS OPERACIÓN	
TIPO DE HALLAZGO	CORROSIÓN INTERNA [CI]	PRESION DE DISEÑO	1500 (Psi)
TIPO DE LINEA	(ASME B31.4)	SCHEDULE TUBERIA	40 (sch)
CML	14	MATERIAL TUBERIA	API 5L A 25
DISTANCIA J.A	3 (m)	DIAMETRO (NPS)	2 (in)
ABSCISA	165 (m)	PRESION OPERACION	1200 (Psi)
POSICION HORARIA	12	DIAMETRO EXTERNO:	2,375 (in)
		T NOMINAL:	3,91 (mm)
CARACTERIZACIÓN HALLAZGO		REGISTRO HALLAZGO	
ESPOSOR MINIMO (tmin)	3,11 (mm) 20,46 %	FECHA INSTALACION	1 diciembre 2003
LONGITUD	22 (mm)	FECHA INSP. ACTUAL	21 enero 2024
ANCHO	35 (mm)	FECHA INSP. PREVIA	8 febrero 2018
SCAN REALIZADO	SCAN A	ESP. MIN-INSP. PREVIA	3,53 (mm)

Figura 30

Evaluación de hallazgo 1

REGISTRO DE HALLAZGO - ORDEN 13

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	
Factor Diseño	0,72
Factor Soldadura	1
Factor Temperatura	
ESPESORES REQUERIDOS	
ASME B31.G:	0,782 (mm)
API RP 574:	1,8 (mm)
ASME B31.G - NIVEL 1:	3,11 (mm)
EVALUACION HALLAZGO	
CONTINUAR	

Figura 31

Valoración del hallazgo 1

VALORACIÓN HALLAZGO ORDEN No 13

API 570	CORROSIÓN INTERNA [CI]	ASME B31.G - NIVEL 1
Tiempo servivio: 20,2 (Años)	Profundida (d): 0,8 (mm)	Factor Z: 2,05
Tiempo Ult. Insp.: 6 (Años)	Factor (B): 2,536	Factor M: 1,507
Tcl: 0,04 (mm/Año)	Longitud Max: 43,62 (mm)	Presion Falla(Pf): 4237,64 (Psi)
Tcc: 0,07 (mm/Año)		Esfuerzo falla(Sf): 32690 (Psi)
VR: 32,75 (Años)		(Sf/So): 3,53
MAOP: 1855,95 (Psi)		(Pf/Pd): 2,83
VENTANA OPERATIVA SEGURA	EVALUACIÓN NIVEL 0 APROBADO	EVALUACIÓN NIVEL 1 APROBADO
PROPIEDADES DEL MATERIAL	PROYECCIÓN DE LA CORROSIÓN PI 570	PERDIDA DE MATERIAL
SMYS: 25000 (Psi)	Prox. Intervalo insp.: 5	
S(Adm): 18000 (Psi)	Espesor Proyectoado: 2,41 (mm)	
S(flow): 35000 (Psi)	MAWP: 1438,21 (Psi)	
So: 9257,03 (Psi)[zona sana]		
So: 11638,26 (Psi)[zona afectada]		
VENTANA OPERATIVA SEGURA	VENTANA OPERATIVA SEGURA	

Figura 32*Observaciones***Figura 33***Guardar orden*

El sistema informático evaluó el hallazgo mediante las normas y códigos establecidos en la sección 2.4 y dio como resultado que el hallazgo no era relevante.

4.2 Reporte diario 2

El segundo día el inspector realizó los siguientes trabajos de inspección especificados en la orden. Al finalizar el día registró el reporte de actividades y hallazgos relevantes, este día registró lluvias en parte de la mañana.

Figura 34

Condición climática reporte diario 2

The screenshot shows the 'REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13' interface. At the top, there is a header with a home icon and the title. Below the header, the inspection details are listed: Ubicación: CAMPO JAZMIN, Longitud: 1050 m, Diámetro: 2 in, Tipo de línea: (ASME B31.4), Equipos asignados: DMS Go / EMT / GPS / CAMARA / TINTAS PENETRANTES, and TAG Línea: Línea de producción J098. Below the details, there are two main sections. The first is 'Fecha de realización de actividades' with a date picker set to 22/01/2024. The second is 'Condición climática' with two buttons: 'Normal' (green) and 'Lluvia' (red, highlighted with a red border).

Figura 35

Intervalos de lluvia

The screenshot shows the 'REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13' interface with a checkmark in the top right corner. The inspection details are the same as in Figure 34. Below the details, there is a section titled 'Agregar hora intervalo de interrupción por lluvia'. It contains two rows of time pickers: 'Hora inicial' and 'Hora final', each with a dropdown for hours (set to 23) and minutes (set to 06). Below the pickers is a blue button labeled 'Agregar intervalo'. Underneath this section is a summary box titled 'Total paradas: 00:40' containing a table with columns 'Inicio', 'Fin', and 'Tiempo'. The table has one row with values: 09:10, 09:50, and 00:40.

Figura 36

Actividades realizadas

The screenshot shows the 'REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13' interface with a home icon in the top left. The main section is titled 'REPORTE DE CANTIDADES' and contains a list of activities with input fields and units: EMAT (692 m), Inspección visual (618 m), Tintas penetrantes (4 m2), Abscisado (550 m), SCAN A (6 Puntos), and SCAN B (1,2 m2). Below this list is a section titled 'HALLAZGOS RELEVANTES' with two buttons: 'No' (green) and 'Sí' (red).

Figura 37

Registro de hallazgo

DATOS UBICACIÓN		DATOS OPERACIÓN	
TIPO DE HALLAZGO	CORROSIÓN INTERNA (CI)	PRESION DE DISEÑO	1500 (Psi)
TIPO DE LINEA	(ASME B31.4)	SCHEDULE TUBERIA	40 (sch)
CML	89	MATERIAL TUBERIA	API 5L A 25
DISTANCIA J.A	9 (m)	DIAMETRO (NPS)	2 (in)
ABSCISA	165 (m)	PRESION OPERACION	1200 (Psi)
POSICION HORARIA	8	DIAMETRO EXTERNO:	2,375 (in)
		T NOMINAL:	3,91 (mm)
CARACTERIZACIÓN HALLAZGO		REGISTRO HALLAZGO	
ESPESOR MINIMO (tmin)	2,8 (mm) 28,39 %	FECHA INSTALACION	1 diciembre 2003
LONGITUD	65 (mm)	FECHA INSP. ACTUAL	22 enero 2024
ANCHO	19 (mm)	FECHA INSP. PREVIA	8 febrero 2018
SCAN REALIZADO	SCAN A	ESP. MIN-INSP. PREVIA	3,3 (mm)

Figura 38

Primer nivel de evaluación

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	
Factor Diseño :	0,72
Factor Soldadura :	1
Factor Temperatura:	
ESPESOSES REQUERIDOS	
ASME B31.G:	0,782 (mm)
API RP 574:	1,8 (mm)
ASME B31.3:	0,214 (mm)

EVALUACION HALLAZGO

CONTINUAR

Figura 39

Segundo nivel de evaluación

VALORACIÓN HALLAZGO ORDEN No 13		
API 570 Tiempo servicio: 20,2 (Años) Tiempo Ult. Insp.: 6 (Años) TcI: 0,055 (mm/Año) Tcc: 0,083 (mm/Año) VR: 18,18 (Años) MAOP: 1670,95 (Psi)	CORROSIÓN INTERNA (CI) ASME B31.G - NIVEL 0 Profundida (d): 1,11 (mm) Factor (B): 1,435 Longitud Max: 24,68 (mm)	ASME B31.G - NIVEL 1 Factor Z: 17,91 Factor M: 3,34 Presion Falla(Pf): 3711,34 (Psi) Esfuerzo falla(Sf): 28630 (Psi) (Sf/So): 3,09 (Pf/Pd): 2,47
VENTANA OPERATIVA SEGURA	EVALUACIÓN NIVEL 0 RECHAZADA	EVALUACIÓN NIVEL 1 APROBADO
PROPIEDADES DEL MATERIAL SMYS: 25000 (Psi) S(Adm): 18000 (Psi) S(flow): 35000 (Psi) So: 9257,03 (Psi)[zona sana] So: 12926,79 (Psi)[zona afectada]	PROYECCIÓN DE LA CORROSIÓN PI 570 Prox. Intervalo Insp.: 5 Espesor Proyectado: 1,97 (mm) MAWP: 1175,63 (Psi)	PERDIDA DE MATERIAL
VENTANA OPERATIVA SEGURA	RESTABLECER VENTANA OPERATIVA	

La evaluación de pérdida de material para el hallazgo encontrado el día 2, se visualizó que fue un hallazgo crítico que no cumple con la evaluación nivel 0 de la ASME B31.G ya que la longitud medida del hallazgo excede la longitud máxima establecida por la norma. Así mismo, la máxima presión permisible proyectada a 5 años es inferior a la presión de diseño y a la presión de operación, por tanto, se recomienda reestablecer las ventanas operativas con el fin de garantizar la integridad mecánica de la red de tuberías.

Figura 40

Registro fotográfico hallazgo relevante

The screenshot displays the 'REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13' interface. At the top, there is a header with a home icon, the title 'REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 13', and a checkmark. Below the header, the inspection details are listed in two columns: 'Ubicación: CAMPO JAZMIN', 'Longitud: 1050 m', and 'Diámetro: 2 in' on the left; and 'Tipo de línea: (ASME B31.4)', 'Equipos asignados: DMS Go / EMT / GPS / CAMARA / TINTAS PENETRANTES', and 'TAG Línea: Línea de producción J098' on the right. A section titled 'Observaciones' contains the text 'Hallazgo crítico, reparación de la línea'. Below this, there is a photo gallery showing a close-up of a pipe with a defect, and a button labeled 'Agregar imagen'.

Figura 41

Culminación de inspección

The screenshot displays the 'REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 3' interface. At the top, there is a header with a home icon, the title 'REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 3', and a checkmark. Below the header, the inspection details are listed in two columns: 'Ubicación: CAMPO JAZMIN', 'Longitud: 970 m', and 'Diámetro: 4 in' on the left; and 'Tipo de línea: (ASME B31.4)', 'Equipos asignados: DMS Go / EMT / GPS / CAMARA / TINTAS PENETRANTES' on the right. Below this, there are sections for 'Técnicas de inspección' (INSPECCION VISUAL / EMT / TINTAS PENETRANTES / REGISTRO FOTOGRAFICO / ULTRASONIDO (SCAN A - SCAN B)) and 'Observaciones: Línea de pozos TR...'. A central dialog box asks '¿Desea culminar su reporte diario?' with a checked checkbox 'Orden Inspeccion Culminada' and two buttons: 'Sí' (green) and 'No' (red).

Se adjunta el informe final realizado por el inspector y se da por culminada las labores de inspección.

Figura 42

Registro de informe final de inspección



En la interfaz de inicio del inspector se evidencian los reportes diarios realizados en la orden numero 13

Figura 43

Módulo ordenes de inspección realizadas

The screenshot shows the inspector's dashboard. On the left is a sidebar with the title 'INSPECTOR' and buttons for 'Nuevo R.I.', 'Materiales', 'Equipos', 'O.I. Completadas', 'O.I. por vencer', and 'Cerrar sesión'. At the top right, there are two input fields: '21 Enero 2024' and 'KEVIN CASTELLANOS'. The main area contains a table titled 'Reporte de cantidades'.

Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abscisado	Scan A	Scan B
KEVIN CASTELLANOS	21 enero 2024	13	358 m	432 m	500 m	4 Puntos	1,8 m2
KEVIN CASTELLANOS	22 enero 2024	13	692 m	618 m	550 m	6 Puntos	1,2 m2
KEVIN CASTELLANOS	12 enero 2024	3	302 m	338 m	0 m	4 Puntos	1,9 m2
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	89 m	20 m	10 Puntos	15 m2
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	96 m	1558 m	5 Puntos	120 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	601 m	601 m	601 m	12 Puntos	3,1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	290 m	340 m	270 m	4 Puntos	2 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	9	150 m	150 m	150 m	3 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	1	100 m	50 m	63 m	1 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	22 marzo 2024	5	260 m	0 m	260 m	5 Puntos	3 m2

En este módulo se observa el registro de cantidades totales por parte del inspector.

Figura 44

Registro de cantidades totales

Inspector	Finalización O.I.	No Orden	EMAT	Visual	Abscisado	Scan A	Scan B	Creado
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	590 m	601 m	601 m	8 Puntos	2,8 m2	18 enero 2024 16:51
KEVIN CASTELLANOS	19 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m2	18 enero 2024 16:57
KEVIN CASTELLANOS	22 enero 2024	13	1050 m	1050 m	1050 m	10 Puntos	3 m2	18 enero 2024 17:00

Cabe resaltar que el rol de planeador tiene acceso a todos los reportes diarios de ordenes de inspección realizadas como se evidencia en la figura 44. Así mismo el planeador al dar clic sobre un reporte de inspección diario puede visualizar el registro de las actividades realizadas y el registro fotográfico como se ve en la figura 45.

Figura 45

Reportes diarios

Orden	Fecha Inspección	Inspector	Condición Climática	Hallazgos relevantes	Inspección Realizada	Observaciones	Reporte Creado
11	18 enero 2024	ROGER MARTINEZ	Normal	No	Si	La inspeccion se culmino exitosamente	2024-01-18
10	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ninguna	2024-01-18
10	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Se culmino exitosamente	2024-01-18
9	18 enero 2024	MICHAEL GOMEZ	Lluvia	No	Si	Se culmino exitosamente	2024-01-18
1	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ninguno	2024-01-18
5	22 marzo 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ningun hallazgo relevante	2024-01-18
4	20 enero 2024	ROGER MARTINEZ	Normal	Si	Si	Inspección en condiciones normales	2024-01-20
4	21 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	No real	2024-01-21
4	21 enero 2024	MICHAEL GOMEZ	Normal	Si	Si		2024-01-21
13	21 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	Si	Si	No fue un hallazgo relevante	2024-01-21
13	22 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	LLUVIA	Si	Si	Fue un hallazgo relevante, se recomienda reparación	2024-01-21

Figura 46*Información asociada a el reporte diario*

REGISTROS DE REPORTE DIARIOS							
Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abcisado	Scan A	Scan B
KEVIN CASTELLANOS	22 enero 2024	13	692 m	618 m	550 m	6 Puntos	1,2

Paradas por lluvia		
Hora inicio	Hora final	Total
24-01-22-09:10	24-01-22-09:50	0:40



Así mismo, el sistema informático SOMIT, se encarga de notificar los hallazgos relevantes al planeador, esto se realiza por medio de un correo electrónico. En la figura 46 se observa el flujo de Power Automate que se encarga de generar el correo automáticamente. En la figura 47 se observa el correo recibido por el usuario planeador.

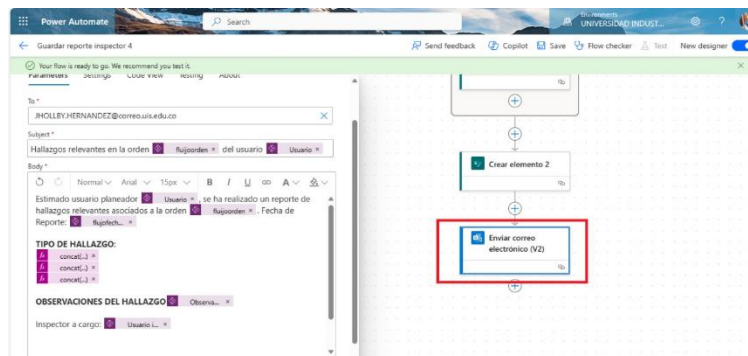
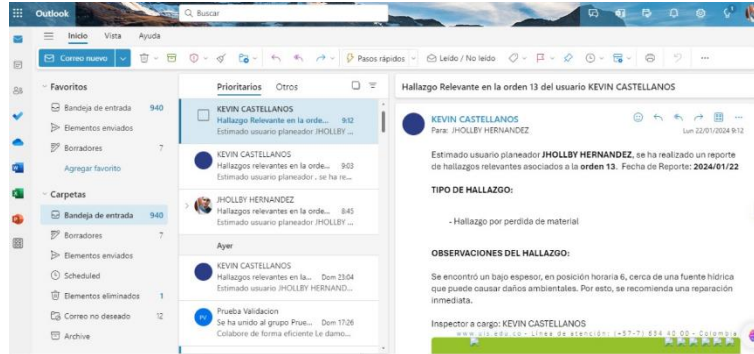
Figura 47*Flujo de notificación de hallazgo relevante*

Figura 48*Evidencia de notificación*

5. Conclusiones

Una vez desarrollada la investigación plasmada en este trabajo de grado se obtuvieron las siguientes conclusiones que condensan las actividades ejecutadas.

- Se desarrollo un sistema informático para la gestión de información en inspecciones de tuberías, cuyo fin es proporcionar una solución integral y eficiente a los problemas en la gestión de datos relacionados a las actividades de inspección, esto mediante la implementación de herramientas de Microsoft 365, como SharePoint, Power Apps y Power Automate, que proporcionan una base sólida para un sistema modular que optimiza la interacción de los usuarios y la automatización de los procesos de gestión de información.
- Se logro el desarrollo de un sistema informático con módulos definidos por rol de usuario, los cuales cuentan con módulos de reporte de actividades, gestión de equipos, gestión de materiales, evaluación de hallazgos y módulo de notificaciones. La integración de los flujos de datos entre los módulos se origina de una manera fluida lo cual permite garantizar una mejor gestión de la información generada por los trabajos de inspección en tuberías.
- Se realizo un marco teórico donde se profundizó en las normativas relevantes asociadas a la integridad mecánica de las redes de tuberías. Lo cual permitió comprender los fundamentos claves como mecanismos de deterioro, ensayos no destructivos y criterios de diseño estableciendo los parámetros de evaluación aplicables a la inspección de redes de tuberías.
- Se logró una centralización de la información mediante la implementación de la herramienta SharePoint, la cual almacena en listas y bibliotecas los datos provenientes del sistema informático. Así mismo, el sistema permite la notificación de manera dinámica del estado de las tareas de inspección, generando alertas automáticas y la realización reportes

diarios de actividades, de esta manera proporcionar una visión en tiempo real del progreso de las inspecciones, identificando tareas terminadas, inconclusas y no realizadas.

- Se obtiene una funcionalidad que permite asignar niveles de prioridad de los trabajos de inspección por medio de la evaluación hallazgos relevantes en las redes de tuberías. Este enfoque jerárquico facilita la atención inmediata a los problemas críticos hallados durante las inspecciones.
- El planteamiento de una situación real permitió comprobar y validar el sistema informático desarrollado, y al mismo tiempo, la detección y eliminación de posibles errores asociados al desarrollo, garantizando la fiabilidad del sistema en condiciones de uso real.
- Se creo un manual de operación detallado del sistema informático que proporciona una guía clara sobre el funcionamiento y de cada uno de sus módulos del sistema para el usuario final. Este recurso no solo facilita el manejo de la solución desarrollada, si no que da pautas claras para el uso de las herramientas SharePoint, Power App y Power Automate, por lo tanto, el manual puede ser utilizado de forma externa a la herramienta desarrollada, contribuyendo al uso adecuado de estas herramientas de uso empresariales.

6. Recomendaciones

La implementación de sistemas informáticos desarrollados en plataformas de poco código es un área con un gran campo de acción, permitiendo generar soluciones específicas de gran impacto para cualquier industria, por tanto, los autores de esta investigación recomiendan seguir con esta línea de investigación, teniendo en cuenta las siguientes sugerencias:

- Implementación gradual del sistema informático en las actividades de inspección de manera que permita identificar posibles adiciones o modificaciones al sistema.
- La implementación de otras herramientas como bases de datos que permitan la gestión de volúmenes masivos de información.
- La vinculación de otras herramientas de la plataforma Microsoft que potencialicen las funcionalidades del sistema informático desarrollado.
- El desarrollo de nuevos módulos que permitan ampliar el alcance de los activos cubiertos en el desarrollo de este proyecto, por ejemplo, redes de tuberías dentro de estaciones y refinerías.
- La creación de un nuevo rol de usuario que tenga las funciones de gestionar la creación de usuarios, el control de equipos, el control de vehículos y la asignación de recursos desde la interfaz de SOMIT

El desarrollo de estas sugerencias puede llevar al desarrollo de posteriores trabajos de investigación.

Referencias bibliográficas

- Alcamí, R. L., Carañana, C. D., & Herrando, J. G. (2021). *Introducción a la gestión de sistemas de información en las empresas*. En Universitat Jaume I eBooks. <https://doi.org/10.6035/sapientia178>
- American Association of Mechanical Engineers. (2012). *Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines* (ASME B31.G)
- American Association of Mechanical Engineers. (2022). *Gas Transmission & Distribution Piping Systems* (ASME B31.8)
- American Association of Mechanical Engineers. (2022). *Pipeline Transportation Systems for Liquid and Slurries* (ASME B31.4)
- American Petroleum Institute. (2016). *Inspection Practices for Piping System Components* (API RP 574)
- American Petroleum Institute. (2016). *Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Repair, and Alteration of Piping Systems* (API 570)
- American Petroleum Institute. (2020). *Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry* (API RP 571)
- American Society for Testing and Materials. (2019). *Standard Practice for Ultrasonic Surface Testing Using Electromagnetic Acoustic Transducer (EMAT) Techniques* (ASTM E1962-19)

American Society for Testing and Materials. (2021). Standard Guide for Magnetic Particle Testing (ASTM E709-21)

American Society for Testing and Materials. (2022). *Standard Guide for Radiographic Examination Using Industrial Radiographic Film*. (ASTM E94/E94M)

Bernardi, S., & Dranca, L. (2020). *Sistemas de información para la Dirección: Un enfoque guiado por un caso de estudio*. En Centro Universitario de la Defensa eBooks. <https://doi.org/10.26754/uz.978-84-940583-5-6>

Böck, A., & Frank, U. (2021). Low-Code platform. *Business & Information Systems Engineering*, 63(6), 733-740. <https://doi.org/10.1007/s12599-021-00726-8>

Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2002). Sistemas de mantenimiento: planeación y control. LIMUSA.

ECCA. (2014). Conceptos básicos de la corrosión [Grafica]. Obtenido de ECCAprepaintedmetal.eu: https://prepaintedmetal.eu/publications/technical_papers, Obra de dominio público.

ECOPETROL. (2020). Nuestra Historia. Obtenido de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/QuienesSomos/NuestraHistoria>

EVIDENT, & OLYMPUS. (2023). *Tutorial sobre el ultrasonido multielemento (Phased Array): Índice de contenido*. <https://www.olympus-ims.com/es/ndt-tutorials/instrumentation/phased-array-scans/>

Fabris, N., & Lopez, R. D. (2016). *Materials and Processes for NDT Technology* (2nd ed.). The American Society for Nondestructive Testing.

Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento: Manual práctico para la implantación de Sistemas de Gestión Avanzados de Mantenimiento industrial*. Díaz de Santos.

Gupta, M., Khan, M. A., Butola, R., & Singari, R. M. (2021). *Advances in applications of Non-Destructive Testing (NDT): A review. Advances in Materials and Processing Technologies*, 8(2), 2286–2307. <https://doi.org/10.1080/2374068x.2021.1909332>

Hellier, C. (2017). *Handbook of Nondestructive Evaluation* (2nd ed.). Lightning Source UK Ltd.

Hernández-Trasobares, A. (2003). Los sistemas de información: evolución y desarrollo. Proyecto social: Revista de relaciones laborales, 149-165.

Javaherdashti, R. (2008) *Microbiologically Influenced Corrosion “An Engineering Insight”*. Springer, 1-35

Jiménez, J. R. P. (2010). El impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico de Colombia. Obtenido de Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4945615>

Joyanes Aguilar, L. (2008). *Fundamentos de programación: Algoritmos, estructura de datos y objetos* (4a. ed). Madrid: McGraw-Hill.

- Jumbo, E. L. (2005). *Sistema de gestión de la integridad mecánica del ducto esmeraldas-Quito* (Tesis de maestría). Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito, Ecuador.
- Kennedy, J. (1993). *OIL AND GAS PIPELINE FUNDAMENTALS, SECOND EDITION*. PennWell Publishing Co. <https://trid.trb.org/view/421727>
- Laudon, K.C. and Laudon, J.P. (2019) *Essentials of management information systems: Jane Laudon, Kennet C. Laudon*. Harlow etc.: Pearson Education Limited.
- Monterrubio, H. E. (2023). Componentes de un sistema informático. *Con-Ciencia Serrana Boletín Científico De La Escuela Preparatoria Ixtlahuaco*, 5(9), 25-27. Recuperado a partir de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ixtlahuaco/article/view/10403>
- Pérez, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Universidad Santo Tomás.
- Pressman, Roger S. (2010). *Ingeniería del software un enfoque práctico*.
- Raz, N. (10 de Noviembre de 2016). *Steel Pipe Radiography [Radiografía computarizada]*. Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/pipe-inspection-niki-raz/>
- Salazar-Jiménez, J. A. (2015). *Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica)*. Tecnología en Marcha, 28(3), 127. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i3.2417>
- Shridhar, S. (2021). Analysis of Low Code-No Code development platforms in comparison with traditional development methodologies. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(12), 508-513. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.39328>

Apéndices

Apéndice A Tablas de propiedades

Tabla A1

Esfuerzo limite fluencia (SMYS)

MATERIAL	SMYS	S /100- 200°F Ed. 2010- 2012	S /100- 200°F Ed. 2016	S /100- 200°F Ed. 2002	S /100- 200°F Ed. Antes del 1998	S /100- 200°F Ed. Desde 1999	S /300°F Ed. 2010- 2012	S /300°F Ed. 2016	S /300°F Ed. 2002	S /100- 300°F Ed. Antes del 1998
API 5L A 25	25000	15000	15000	15000			14700	14700	14500	
API 5L A	30000	18000	18000	18000			16000	16000	16000	
API 5L Gr B	35000	20000	20000	20000			20000	20000	20000	
API5LX42	42000	20000	20000	20000			20000	20000	20000	
API5LX46	46000	21000	21000	21000			21000	21000	21000	
API5LX52	52000	22000	22000	22000			22000	22000	22000	
API5LX56	56000	23700	23700	23700			23700	23700	23700	
API5LX60	60000	25000	25000	25000			25000	25000	25000	
API5LX65	65000	25700	25700	25700			25700	25700	25700	
API5LX70	70000	27300	27300	27300			27300	27300	27300	
API5LX80	80000	30000	30000	30000			30000	30000	30000	
A106 Gr A	30000	18000	18000	18000	12000	13700	16000	16000	16000	12000
A106 Gr B	35000	20000	20000	20000	15000	17100	20000	20000	20000	15000
A 106 GR C	40000	23300	23300	23300	17500	20000	23300	23300	23300	17500
A 333 GR 6		25200		20000					20000	
A234WPB	35000	20000	20000	20000	15000	17100	20000	20000	20000	15000
A234WPC	40000	23300	23300	23300	17500	20000	23300	23300	23300	
A350 LF1	30000	20000- 18300	20000- 18300	20000- 18300			17700	17700	17700	
A420 WPL6	35000	20000	20000				20000	20000		
A 53 Gr B	30000	25200		18000	15000	17100			16000	15000
A860 WPHY 42	42000									
A860 WPHY 46	46000									
A860 WPHY 52	52000									
A860 WPHY 65	65000									
A860 WPHY 70	70000									

Nota. ASME B31.3 (2022)

Tabla A2*Factor eficiencia (E)*

MATERIAL	GRADO	FACTOR UNION SOLDADA, E
Seamless		
API 5L A25	through X80Q/M	1.00
ASTM A53	ALL	1.00
ASTM A106	ALL	1.00
ASTM A333	6	1.00
ASTM A524	ALL	1.00
Furnace Butt Welded, Continuous Welded		
ASTM A53	Type F, Grade A	0.60
API 5L	A25	0.60
Electric Resistance Welded and Electric Flash Welded		
API 5L A25	through X80Q/M	1.00
ASTM A53	ALL	1.00
ASTM A135	ALL	
ASTM A333	6	
Electric Fusion Welded		
ASTM A134		0.80
ASTM A139		0.80
ASTM A671		1.00
ASTM A671		0.70
ASTM A672		1.00
ASTM A672		0.80
Submerged Arc Welded		
API 5L	A25 through X120M	1.00
ASTM A381	Y35 through Y65	1.00

Nota. ASME B31.4 (2022)

Tabla A3*Factor de diseño (F)*

Table 841.1.6-1 Basic Design Factor, F	
Location Class	Design Factor, F
Location Class 1, División 1	0,8
Location Class 1, División 2	0,72
Location Class 2	0,6
Location Class 3	0,5
Location Class 4	0,4

Nota. ASME B31.8 (2022).**Tabla A4***Tipos de locaciones*

Tipo de locaciones	Definición
Locacion Clase 1	Una clase de ubicación 1 es cualquier sección de 1,6km que tiene menos de 10 edificios destinados a la ocupación humana. Áreas tales como terrenos baldíos, desiertos, montañas, tierras de pastoreo, tierras de cultivo y áreas escasamente pobladas.
(a) Clase 1, División 1.	This Division is a Location Class 1 where the design factor of the pipe is greater than 0.72 but equal to or less than 0.80.
(b) Clase 1, División 2.	This Division is a Location Class 1 where the design factor of the pipe is equal to or less than 0.72.
Locacion Clase 2	Una clase de ubicación 1 es cualquier sección de 1,6km que tiene menos de 46 edificios destinados a la ocupación humana. Áreas donde el grado de población es intermedio entre la clase de ubicación 1 la clase de ubicación 3, tales como áreas marginales alrededor de ciudades y pueblos, industrial Áreas, haciendas o haciendas, etc.
Locacion Clase 3	Una clase de ubicación 3 es cualquier sección de 1,6km que tiene 46 edificios o más destinados a la ocupación humana excepto cuando prevalece una clase de ubicación 4. Áreas con desarrollos de viviendas suburbanas, centros comerciales, residenciales. Áreas, áreas industriales, y otras áreas pobladas. no cumple con los requisitos de clase de ubicación 4.
Locacion Clase 4	Ubicación clase 4 incluye áreas donde prevalecen los edificios de varios pisos, donde el tráfico es pesado o denso, y donde puede haber otros servicios públicos subterráneos. Multistory significa cuatro o Más pisos sobre rasante incluyendo el primero o el suelo. piso. La profundidad de los sótanos o el número de sótanos. Los pisos son inmateriales.

Nota. ASME B31.8 (2022)

Tabla A5*Espesores nominales y diámetros externo*

NPS	EXTERIOR	5	10	20	30	STD	40	60	XS	80	100	120	140	160
1/8	0,405		1,240		1,450	1,730	1,730		2,410	2,410				
1/4	0,540		1,650		1,850	2,240	2,240		3,020	3,020				
3/8	0,675		1,650		1,850	2,310	2,310		3,200	3,200				
1/2	0,840	1,650	2,110		2,410	2,770	2,770		3,730	3,730				4,780
3/4	1,050	1,650	2,110		2,410	2,870	2,870		3,910	3,910				5,560
1	1,315	1,650	2,770		2,900	3,380	3,380		4,550	4,550				6,350
1 1/4	1,660	1,650	2,770		2,970	3,560	3,560		4,850	4,850				6,350
1 1/2	1,900	1,650	2,770		3,180	3,680	3,680		5,080	5,080				7,140
2	2,375	1,650	2,770		3,180	3,910	3,910		5,540	5,540				8,740
2 1/2	2,875	2,110	3,050		4,780	5,160	5,160		7,010	7,010				9,530
3	3,500	2,110	3,050		4,780	5,490	5,490		7,620	7,620				11,13
3 1/2	4,000	2,110	3,050		4,780	5,740	5,740		8,080	8,080				
4	4,500	2,110	3,050		4,780	6,020	6,020		8,560	8,560		11,13		13,49
5	5,563	2,770	3,400			6,550	6,550		9,530	9,530		12,70		15,88
6	6,625	2,770	3,400			7,110	7,110		10,97	10,97		14,27		18,26
8	8,625	2,770	3,760	6,350	7,040	8,180	8,180	10,31	12,70	12,70	15,09	18,26	20,62	23,01
10	10,750	3,400	4,190	6,350	7,800	9,270	9,270	12,70	12,70	15,09	18,26	21,44	25,40	28,58
12	12,750	3,960	4,570	6,350	8,380	9,530	10,31	14,27	12,70	17,48	21,44	25,40	28,58	33,32
14	14,000	3,960	6,350	7,920	9,530	9,530	11,13	15,09	12,70	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71
16	16,000	4,190	6,350	7,920	9,530	9,530	12,70	16,66	12,70	21,44	26,19	30,96	36,56	40,49
18	18,000	4,190	6,350	7,920	11,13	9,530	14,27	19,05	12,70	23,83	29,36	34,93	39,67	45,24
20	20,000	4,780	6,350	9,530	12,70	9,530	15,09	20,62	12,70	26,19	32,54	38,10	44,45	50,01
22	22,000	4,780	6,350	9,530	12,70	9,530		22,23	12,70	28,58	34,93	41,28	47,63	53,98
24	24,000	5,540	6,350	9,530	14,27	9,530	17,48	24,61	12,70	30,96	38,89	46,02	52,37	59,54
26	26,000		7,920	12,70		9,530			12,70					
28	28,000		7,920	12,70	15,88	9,530			12,70					
30	30,000	6,350	7,920	12,70	15,88	9,530			12,70					
32	32,000		7,920	12,70	15,88	9,530	17,48		12,70					
34	34,000		7,920	12,70	15,88	9,530	17,48		12,70					
36	36,000		7,920	12,70	15,88	9,530	19,05		12,70					
38	38,000					9,530			12,70					
40	40,000					9,530			12,70					
42	42,000					9,530			12,70					
44	44,000					9,530			12,70					
46	46,000					9,530			12,70					
48	48,000					9,530			12,70					

Nota. ASME B31.3 (2022)

Tabla A6*Espesores estructurales de retiro y alerta*

NPS	Default Minimum Structural Thickness for	
	Temperatures < 400 °F (205 °C) in. (mm)	Temperatures < 400 °F (205 °C) in. (mm)
1/2 a 1	0,07 (1,8)	0,08 (2,0)
1 1/2	0,07 (1,8)	0,08 (2,0)
2	0,07 (1,8)	0,1 (2,5)
3	0,08 (2,0)	0,11 (2,8)
4	0,09 (2,3)	0,12 (3,1)
6 a 18	0,11 (2,8)	0,13 (3,3)
20	0,12 (3,1)	0,14 (3,6)
24	0,12 (3,1)	0,14 (3,6)

Nota. API RP 574 (2016)**Tabla A7***Altura máxima de arruga*

Máximo Esfuerzo circunferencial (S)	$\left(\frac{h}{d}\right) \times 100$
≤20.000 psi (138 Mpa)	2.0
>20.000 psi (138 Mpa), ≤ 30.000 psi (207 Mpa)	$\frac{30.000 - S}{10.000} + 1$
>30.000 psi (207 Mpa), ≤ 47.000 psi (324 Mpa)	$\frac{47.000 - S}{17.000} + 0.5$
>47.000 psi (324 Mpa)	0.5

Nota. ASME B31.4 (2022)**Tabla A8***Factor de temperatura (T)*

Temperatura, °F (°C)	Temperatura Factor, T
121 o más bajo	1
149	0,697
177	0,933
204	0,9
232	0,867

Apéndice B Encuesta

Con el fin de identificar problemas y establecer los requerimientos para el desarrollo de un sistema informático para la gestión de información generada en trabajos de inspección según código API 570 y la práctica recomendada API RP 574 en redes de tubería de transporte de hidrocarburos se realizó una encuesta a 15 personas que desempeñan trabajos de inspección o relacionados en la industria de los hidrocarburos. Para lograr obtener la información se crearon una serie de preguntas que fueron plasmadas en un formulario de Google.

La encuesta se dividió en tres secciones:

- 1. Datos personales:** En esta sección se busca saber que nivel de estudios, donde desarrollaron sus estudios y que función y cargo cumplen en su trabajo.
- 2. Transmisión de la información y datos:** En esta sección se busca saber por medio de que canales se transmite la información dentro de las organizaciones donde laboran, si cuentan con sistemas informáticos o de información y a que información de las inspecciones tienen acceso.
- 3. Sistema Informático:** En esta sección se busca saber si cuentan con sistema informático que le permita realizar la evaluación y registro de hallazgos, si su organización cuenta con alertas o notificaciones, reportes diarios, uso de un sistema informático y las características relevantes.

De la sección 1 se observa que todos los encuestados son profesionales de las áreas de metalúrgica e ingeniería mecánica, entre estos el 80% son egresados de la Universidad Industrial de Santander. Las funciones que desempeñan comprenden: la inspección de tuberías, diseño de tuberías, mantenimiento de tuberías y creador de informes de diagnóstico de integridad mecánica

en tuberías por corrosión. Lo cual permite asumir que son profesionales calificados y con experiencia, lo que nos da fidelidad de sus respuestas a la encuesta.

De la sección 2 se analiza que al estar en campo no siempre se cuenta con una conexión a internet estable. El canal más usado para transmitir la información, enviar alertas o mensajes de emergencias es la aplicación de mensajería WhatsApp. Se evidencia que en muchos no es clara la información proporcionada antes de realizar las rutinas de inspección (diámetro de las tuberías, presión de trabajo, tipo de fluido, etc.). Con un 66,7% se observa que las organizaciones donde laboran no cuentan con una base de datos o registro de las inspecciones. Un dato relevante es que el 73,3% han presenciado pérdida de información por falla en los canales de comunicación.

De la sección 3, se observa que el 73,3%, 53,3% y 53,3% de las organizaciones no cuentan con un sistema informático que le permita ingresar los datos obtenidos de las Inspecciones de tuberías, realizar la evaluación y registro de hallazgos y reportar los hallazgos relevantes encontrados dentro de la inspección. El 60% de las organizaciones no cuentan con un sistema de notificación o alertas para los inspectores. Un dato relevante es que el 93,3% de las organizaciones realizan reportes diarios de avances de actividades de inspección que está ejecutando. Finalmente se evidencia que un 100% de los entrevistados usarían un sistema informático que permite realizar la evaluación de los hallazgos y que las principales características serían: la facilidad de uso, control de actividades, gestión de archivos y gestión de las inspecciones.

Todas estas respuestas serán analizadas para determinar las necesidades del cliente con el fin de desarrollar un sistema informático para la gestión de información generada en trabajos de inspección según código API 570 y la práctica recomendada API RP 574 en redes de tubería de transporte de hidrocarburos.

• Encuesta y resultados

Sistema Informático



Sistema Informático
15 respuestas

[Publicar datos de análisis](#)

¿Acepta los términos y condiciones? [Copiar](#)
15 respuestas

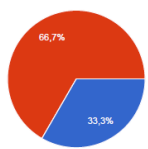


Datos

¿Cuál es su título profesional? [Copiar](#)
15 respuestas



¿En su organización cuentan con un sistema informático que le permita realizar la evaluación y registro de hallazgos (Ejemplo: Áreas con pérdidas de material)? [Copiar](#)
15 respuestas



¿En su organización cuentan con un sistema informático que le permita realizar reportes diarios de las inspecciones? [Copiar](#)
15 respuestas



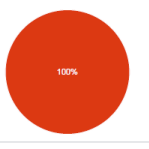
¿En su organización cuentan con un sistema informático que le permita reportar los hallazgos relevantes encontrados dentro de la inspección? [Copiar](#)
15 respuestas



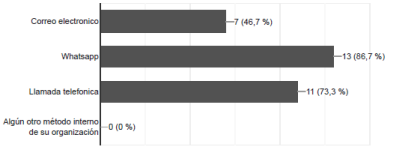
¿Qué funciones cumple dentro de su organización?
15 respuestas

Inspección y diagnóstico de integridad	Realización de END, e informes de integridad
Inspector de calidad en normas API	Inspector de tuberías API y ASME
Diseñar tuberías bajo norma B31.4 y B31.8	Inspeccionar equipos estáticos
Inspeccionar redes de tuberías	Inspeccionar tuberías para determinar su integridad
Inspección de equipos estáticos	Inspección de tuberías
Inspección por ensayos no destructivos	Inspeccionar tuberías diseñadas con normas API y ASME
Inspector API de tuberías	Inspeccionar redes de tuberías por normas API y ASME
Inspector de tubería de transporte de hidrocarburos	

¿Cuenta usted siempre con conexión a internet en el lugar donde realiza las inspecciones? [Copiar](#)
15 respuestas



¿Qué medio se emplea en su organización para transmitir la información referente a las actividades que debe realizar? [Copiar](#)
15 respuestas



¿Antes de realizar cualquier actividad de inspección, su organización realiza una asignación de recursos (personal, equipos, materiales)? [Copiar](#)
15 respuestas

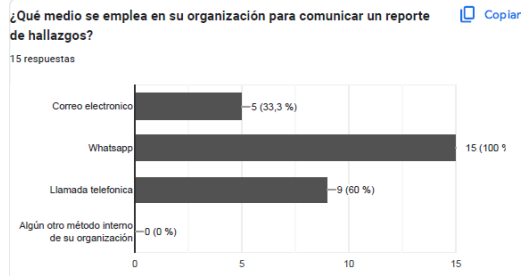
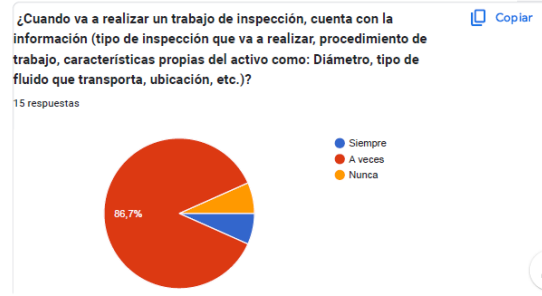
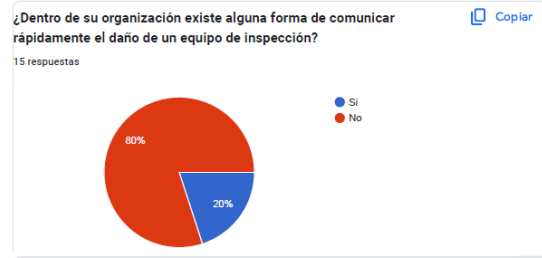
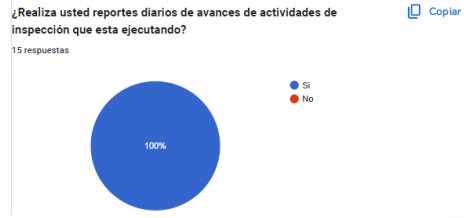


¿Qué características serían relevantes para usted en una aplicación para la gestión de la información generada por las inspecciones? [Copiar](#)
15 respuestas





Sistema informático



Apéndice C Manual de usuario



A. Requerimientos del sistema

1. Sistemas operativos compatibles

Sistema operativo	Versiones compatibles	Tipo de aplicación
Ventanas	Windows 10 o posterior	Aplicaciones basadas en modelos, aplicaciones de lienzos, diseñadores de aplicaciones y componentes ¹ .
macOS	10.13 o posterior	Aplicaciones basadas en modelos, aplicaciones de lienzos, diseñadores de aplicaciones y componentes ¹ .
iOS	iOS 13 o posterior	Aplicaciones basadas en modelos ² y aplicaciones de lienzo.
Android	10 o posterior	Aplicaciones basadas en modelos ² y aplicaciones de lienzo.

2. Hardware

RAM	Mínimo:	4 GB
	Recomendado:	8 GB
Gráficos	Mínimo:	No requerido
Almacenamiento en la nube	Mínimo:	25 MB
	Recomendado:	200 GB

3. Plataformas compatibles

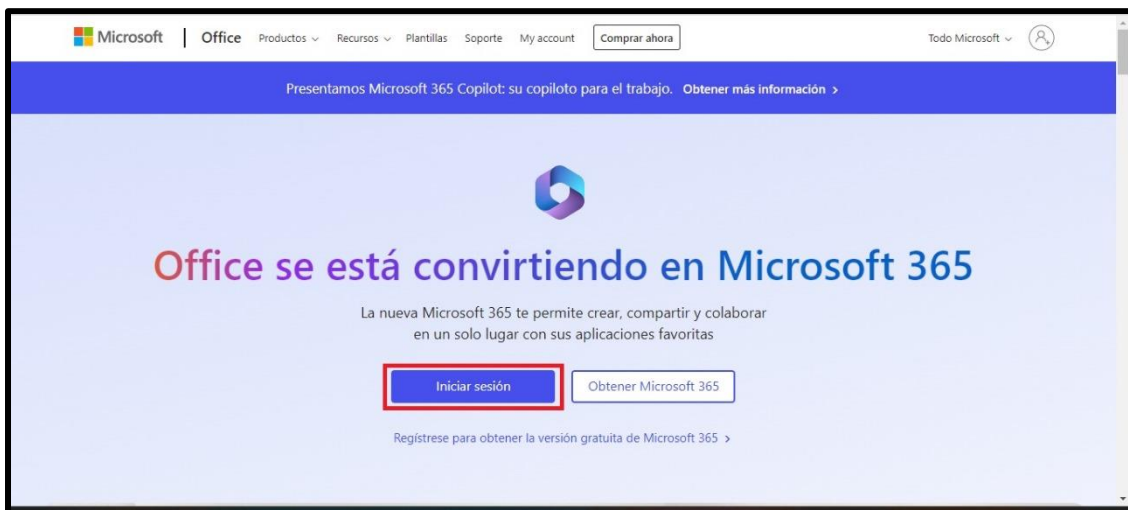
Explorador	Versiones compatibles	Tipo de aplicación
Google Chrome	Últimas tres versiones principales	Aplicaciones basadas en modelos, aplicaciones de lienzos, diseñadores de aplicaciones y componentes.
Microsoft Edge	Últimas tres versiones principales	Aplicaciones basadas en modelos, aplicaciones de lienzos, diseñadores de aplicaciones y componentes.
Mozilla Firefox	Últimas tres versiones principales	Aplicaciones basadas en modelos y aplicaciones de lienzo.
Apple Safari	13 y versiones posteriores	Aplicaciones basadas en modelos y aplicaciones de lienzo.

B. Power Apps

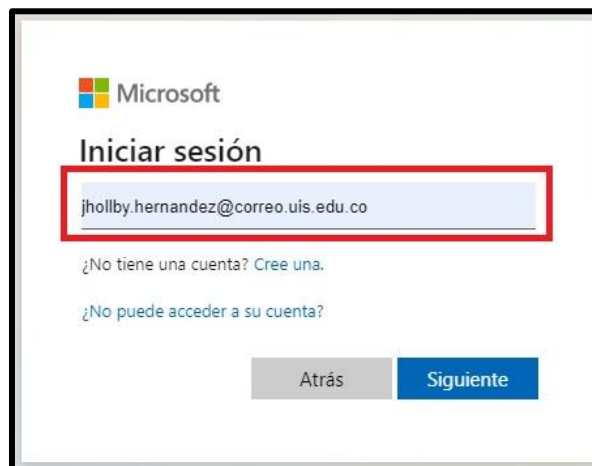
Acceso al sistema informático

Versión web

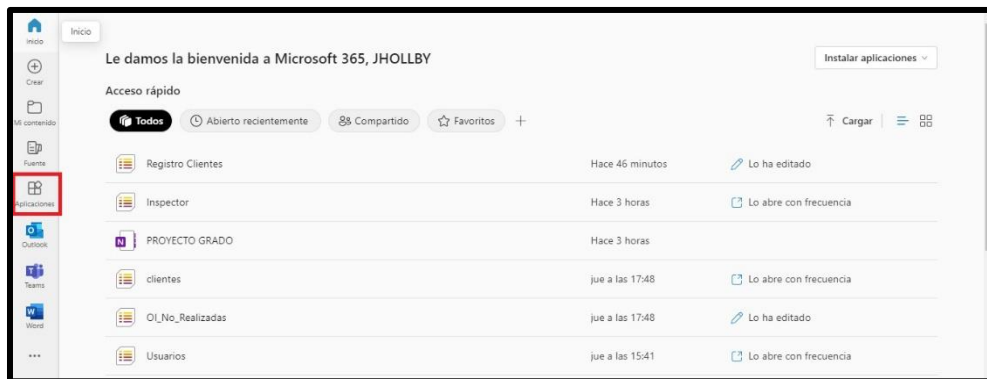
1. Ingrese a <https://www.office.com/> y proceda a dar clic en “Iniciar sesión”.



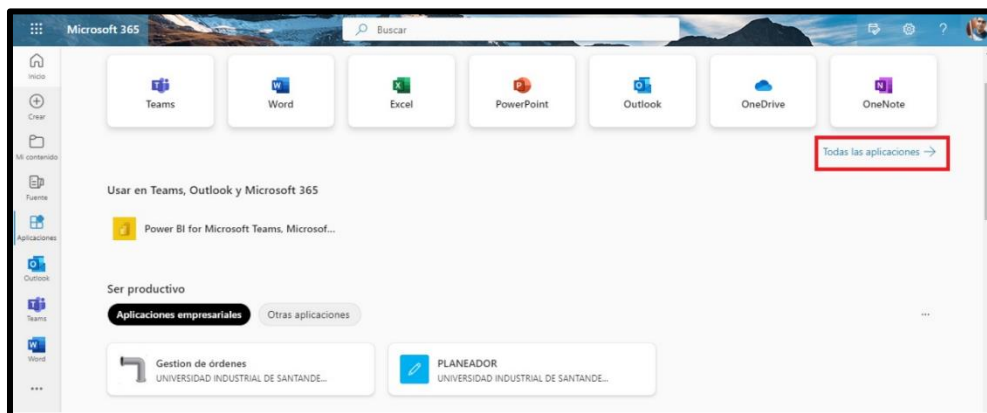
2. Inicie sesión con las credenciales de su organización.



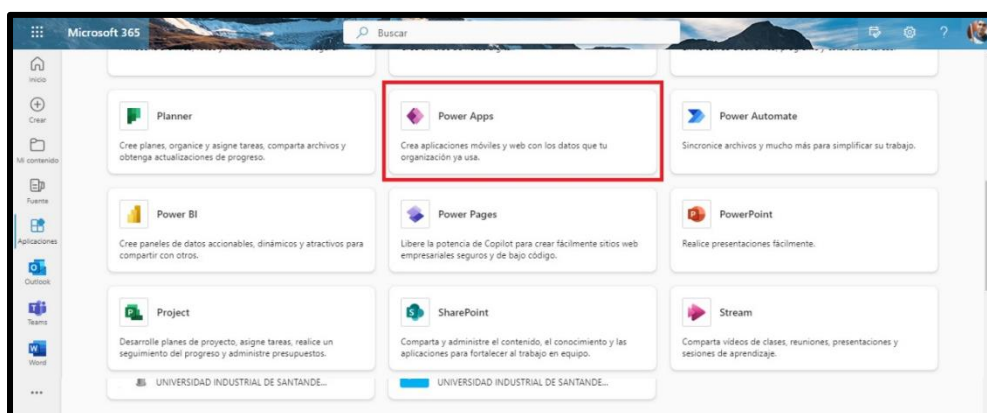
3. En la interfaz de Microsoft 365, ingrese a **“Aplicaciones”** en el panel de la izquierda.



4. Ingrese a **“Todas las aplicaciones”**.



5. Ingrese a la aplicación **“Power Apps”**.

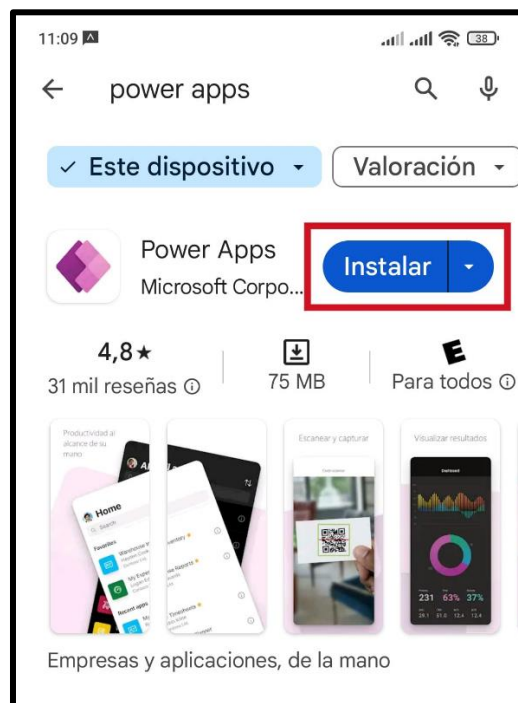
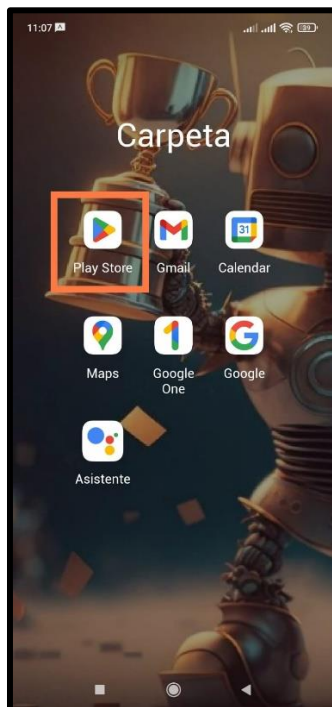


6. Ingrese su “Usuario” y su “CONTRASEÑA”.

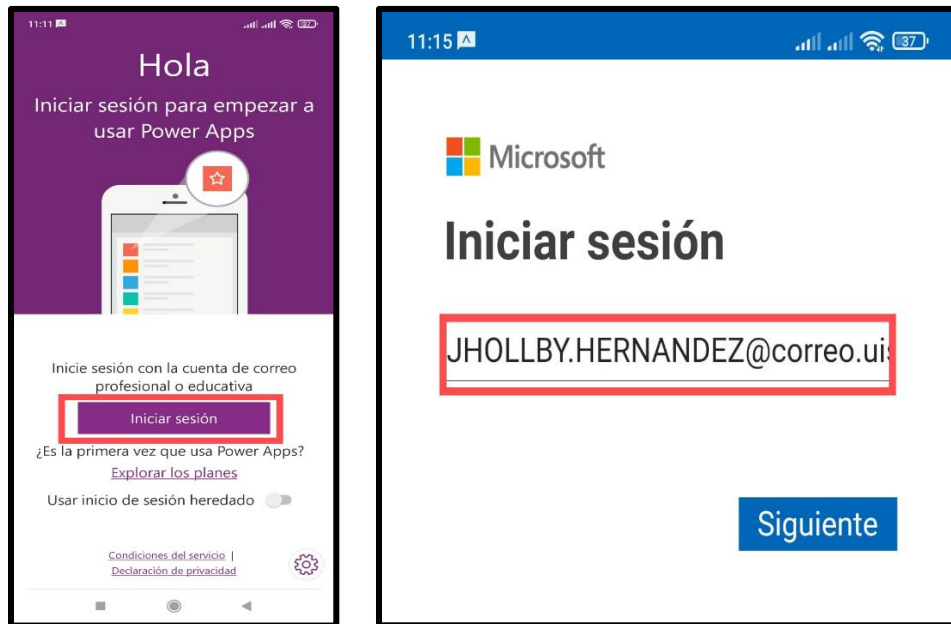


Aplicativo móvil

1. Diríjase a la Play Store en su dispositivo móvil e instale la aplicación.



2. En la aplicación **inicie sesión** e ingrese con las credenciales de su organización.



3. Ingrese su “**Usuario**” y su “**CONTRASEÑA**”.



ROL DE PLANEADOR

Nota. Ingrese al sistema con sus credenciales de rol de planeador.

Interfaz planeador

En la parte superior se encuentra el nombre del usuario y la fecha actual.

The screenshot shows the 'PLANEADOR' interface. At the top, it displays the date '20 Enero 2024' and the user name 'JHOLLY HERNANDEZ'. Below this is a table titled 'Ordenes de inspección creadas' with the following data:

Cliente	Representante	Email	Telefono	Orden	TAGLinea	Long
ECOPETROL	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	1	Linea de pozo K1...	1500
ECOPETROL	Roger tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	2	Linea de pozo T9...	970
GeoPark	Andrés Cuellar	ing.andrescuellar...	3175981047	3	Linea de pozo T78	689
ECOPETROL	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	4	Linea T8791	2002
Frontera Energy	Raul Paez	raulpaez@fronte...	3102574896	6	Linea E147	1411
SierraCol	Carlos Ballesteros	carlosballesteros...	3201570964	7	Linea C450	1000
SierraCol	Carlos Ballesteros	carlosballesteros...	3201570964	8	Linea A147	998
ECOPETROL	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	9	Linea G1459	150
ECOPETROL	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	10	Linea de produc...	490
GeoPark	Andrés Cuellar	ing.andrescuellar...	3175981047	11	Linea de gas N15	601

At the bottom of the interface, there are three summary boxes: 'Ordenes de inspección creadas' with the value 13, 'Ordenes de inspección completadas' with the value 5, and 'Porcentaje de cumplimiento' with the value 38,46%.

En el panel izquierdo se tienen las funciones principales relacionadas con el rol de planeador.

This screenshot is identical to the previous one, but with a red box highlighting the sidebar navigation menu on the left. The menu items are: 'Crear O.I', 'Clientes', 'O.I Pendientes', 'O.I Completadas', 'R.D Realizados', 'R.D Cantidades', and 'Cerrar sesión'.

En el panel del medio se pueden visualizar todas las ordenes creadas por el planeador con su respectiva información.

This screenshot is identical to the previous ones, but with a red box highlighting the table of inspection orders in the center of the interface.

En la parte inferior se observan algunos indicadores de rendimiento.



Funciones del planeador

A. Creación De Clientes

1. Al ingresar a la interfaz de planeador, en el panel izquierdo ingrese a las opciones “Clientes”.



2. En el panel izquierdo se visualizan el registro de clientes. En el panel de la derecha, puede ingresar los datos del cliente y el logo de la organización. Para guardar la información digitada haga clic en “Guardar Registro”.

B. Creación de una orden de inspección

1. En la interfaz del planeador, en el panel izquierdo ingrese a la opción “Crear OI”.

Cliente	Representante	Email	Teléfono	Orden	TAG/Línea	Longitud
ECOPELROL	Roger Toloza	rogetorloza@eco...	3167331534	1	Línea de pozo K1...	1500
ECOPELROL	Roger Toloza	rogetorloza@eco...	3167331534	2	Línea de pozo T9...	970
GeoPark	Andrés Cuellar	ing_andrescuellar...	3175981047	3	Línea de pozo T78	689
ECOPELROL	Roger Toloza	rogetorloza@eco...	3167331534	4	Línea T8791	2005
Frontera Energy	Raul Paez	raulpaez@fronter...	3102574896	5	Línea E10	6638
Frontera Energy	Raul Paez	raulpaez@fronter...	3102574896	6	Línea E147	1414
SierraCol	Carlos Ballesteros	carlosballesteros...	3201578964	7	Línea C450	1000
SierraCol	Carlos Ballesteros	carlosballesteros...	3201578964	8	Línea A147	998
ECOPELROL	Roger Toloza	rogetorloza@eco...	3167331534	9	Línea G1459	150
ECOPELROL	Roger Toloza	rogetorloza@eco...	3167331534	10	Línea de producc...	490
GeoPark	Andrés Cuellar	ing_andrescuellar...	3175981047	11	Línea de inspecc...	601

2. Para crear una nueva orden de inspección, seleccione el nombre del cliente (**Si el cliente es nuevo, diríjase a “CREACION DE CLIENTES”**), aquí se completará automáticamente la información del cliente. Llene el resto de información concerniente a los ensayos a aplicar, cronograma de actividades, detalles de tubería y equipos asignados. Para guardar la orden de inspección pulse registrar

Visualización de la información

A. Ordenes de inspección pendientes (OI pendientes)

1. En la interfaz del planeador haga clic en el botón “OI pendientes”.

Ordenes de inspección creadas						
Ciudad	Representante	Email	Teléfono	Orden	TAGLinea	Longi
ECCPETROL	Roger Toloza	rogertoza@eco...	3167331534	1	Linea de pozo K1...	1500
ECCPETROL	Roger Toloza	rogertoza@eco...	3167331534	2	Linea de pozo T9...	970
GeoPark	Andrés Cuelar	ing.andrescuelar...	3175981047	3	Linea de pozo T78	689
ECCPETROL	Roger Toloza	rogertoza@eco...	3167331534	4	Linea T8791	2005
Frontera Energy	Raúl Paez	raulpaez@fronter...	3102574806	6	Linea E147	1411
SierraCol	Carlos Ballesteros	carlosballesteros...	3201578964	7	Linea C430	1000
SierraCol	Carlos Ballesteros	carlosballesteros...	3201578964	8	Linea A147	998
ECCPETROL	Roger Toloza	rogertoza@eco...	3167331534	9	Linea G1459	150
ECCPETROL	Roger Toloza	rogertoza@eco...	3167331534	10	Linea de produc...	490
GeoPark	Andrés Cuelar	ing.andrescuelar...	3175981047	11	Linea de gas N15	601

Ordenes de inspección creadas: 13

Ordenes de inspección completadas: 3

Porcentaje de cumplimiento: 23,08%

En esta interfaz se encuentra el registro de ordenes de inspección pendientes, en ella se visualizan datos como el inspector que realizo el reporte, la fecha del reporte y observaciones. Así mismo, permite filtrar las ordenes por fecha o nombre del inspector.

Inspector	Fecha reporte	No Orden	Estado de O.I.	Observaciones	Creado
KEVIN CASTELLANOS	2024-01-18	11	NO REALIZADA	No fue posible realizar la inspección por lluvia torrencial	2024-01-18
ROGER MARTINEZ	2024-01-17	5	NO REALIZADA	No fue posible realizar la inspección, no cuenta con rotores	2024-01-20
ROGER MARTINEZ	2024-01-05	1	NO REALIZADA	LA LINEA SE ENCUENTRA DESMANTELADA.	2024-01-20

B. Ordenes de inspección completadas (OI Completadas)

1. En la interfaz de planeador haga clic “OI Completadas”.

The screenshot shows the 'PLANEADOR' interface for the date 20 Enero 2024, user JHOLLY HERNANDEZ. It features a sidebar with navigation buttons: 'Crear O.I.', 'Clientes', 'O.I. Pendientes', 'O.I. Completadas' (highlighted with a red box), 'R.D. Realizados', and 'R.D. Cantidades'. A 'Cerrar sesión' button is at the bottom. The main area displays a table of 'Ordenes de inspección creadas' with columns: Cliente, Representante, Email, Telefono, Orden, TAGLinea, and Longi. Below the table are three summary boxes: 'Ordenes de inspección creadas' (13), 'Ordenes de inspección completadas' (3), and 'Porcentaje de cumplimiento' (23,08%).

Cliente	Representante	Email	Telefono	Orden	TAGLinea	Longi
ECOPETROL	Roger toloza	rogertoloz@eco...	3167331534	2	Linea de pozo T9...	970
GeoPark	Andrés Cuellar	ing_andrescuellar...	3175981047	3	Linea de pozo T78	689
ECOPETROL	Roger Toloza	rogertoloz@eco...	3167331534	4	Linea T8791	2005
Frontera Energy	Raul Paez	raulpaez@fronte...	3102574896	6	Linea E147	1414
SierraCol	Carlos Ballesteros	carlosballesteros...	3201578964	7	Linea C450	1000
SierraCol	Carlos Ballesteros	carlosballesteros...	3201578964	8	Linea A147	998
ECOPETROL	Roger Toloza	rogertoloz@eco...	3167331534	9	Linea G1459	150
ECOPETROL	Roger Toloza	rogertoloz@eco...	3167331534	10	Linea de produc...	490
GeoPark	Andrés Cuellar	ing_andrescuellar...	3175981047	11	Linea de gas N15	601
ECOPETROL S.A.	Roger Toloza	rogertoloz@eco...	3167331534	13	Linea de produc...	1050

En esta interfaz el planeador tiene acceso a las ordenes de inspección completadas, y al registro de las cantidades totales realizadas de END por cada orden de inspección. Así mismo, permite filtrar las ordenes por fecha, nombre del inspector y el número de orden.

The screenshot shows the 'REGISTROS DE CANTIDADES TOTALES O.I.' interface. It includes a search bar for 'Filtro por fecha' and 'Borrar filtro', and a search field for 'Busqueda por Inspector / No Orden'. The table below lists inspection records with columns: Inspector, Finalización O.I., No Orden, EMAT, Visual, Abocinado, Scan A, Scan B, and Creado.

Inspector	Finalización O.I.	No Orden	EMAT	Visual	Abocinado	Scan A	Scan B	Creado
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	590 m	601 m	601 m	8 Puntos	2,8 m2	18 enero 2024 16:51
KEVIN CASTELLANOS	19 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m2	18 enero 2024 16:57
KEVIN CASTELLANOS	20 enero 2024	9	142 m	150 m	150 m	4 Puntos	1,2 m2	18 enero 2024 17:00

C. Registro de reportes diarios realizados “RD realizados”

En la interfaz de planeador haga clic en “RD realizados”.

This screenshot is identical to the first one, showing the 'PLANEADOR' interface. The 'R.D. Realizados' button in the sidebar is highlighted with a red box, indicating the next step in the process.

Aquí se visualizan todos los reportes diarios realizados por los inspectores, en este se encuentran datos relevantes como el nombre del inspector que lo realizo, la fecha, la condición climática, si hubo hallazgos relevantes y observaciones. Así mismo, permite filtrar las ordenes por fecha, condición climática, el número de orden e ID del reporte.

Orden	Fecha Inspección	Inspector	Condición Climática	Hallazgos relevantes	Inspección Realizada	Observaciones	Reporte Creado
11	18 enero 2024	ROGER MARTINEZ	Normal	No	Si	La inspeccion se culmino exitosamente	2024-01-18
10	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ninguna	2024-01-18
10	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Se culmino exitosamente	2024-01-18
9	18 enero 2024	MICHAEL GOMEZ	Lluvia	No	Si	Se culmino exitosamente	2024-01-18
1	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ninguno	2024-01-18
5	22 marzo 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ningun hallazgo relevante	2024-01-18

Para visualizar toda la información relacionada con el reporte diario, se da clic en un reporte diario.

Orden	Fecha Inspección	Inspector	Condición Climática	Hallazgos relevantes	Inspección Realizada	Observaciones	Reporte Creado
11	18 enero 2024	ROGER MARTINEZ	Normal	No	Si	La inspeccion se culmino exitosamente	2024-01-18
10	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ninguna	2024-01-18
10	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Se culmino exitosamente	2024-01-18
9	18 enero 2024	MICHAEL GOMEZ	Lluvia	No	Si	Se culmino exitosamente	2024-01-18
1	18 enero 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ninguno	2024-01-18
5	22 marzo 2024	KEVIN CASTELLANOS	Normal	No	Si	Ningun hallazgo relevante	2024-01-18

Aquí se visualiza información importante del registro diario de actividades como: Cantidades de END, intervalo de paradas por lluvia y registro fotográfico

Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abascado	Scan A	Scan B
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	9	150 m	150 m	150 m	3 Puntos	1

Paradas por lluvia		
Hora Inicio	Hora Final	Total
24-01-18-16:59	24-01-18-18:00	1:01

D. Registro de cantidades reportadas (RD Cantidades)

En la interfaz de Planeador se da clic en el botón de “RD cantidades”.

The screenshot shows the 'PLANEADOR' interface. On the left sidebar, the 'RD Cantidades' button is highlighted with a red box. The main area displays a table titled 'Ordenes de inspección creadas' with the following data:

Cliente	Representante	Email	Teléfono	Orden	TAG/Línea	Longi
ECOPETROL	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	2	Línea de pozo T9	970
GeoPak	Andrés Cueljar	ing_andrescueljar...	3175981047	3	Línea de pozo T78	689
ECOPETROL	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	4	Línea T8791	2005
Frontiera Energy	Raul Paz	raulpaz@frontier...	3102574886	6	Línea E147	1414
SierraCol	Carlos Ballesteros	carloballesteros...	3201578964	7	Línea C450	1000
SierraCol	Carlos Ballesteros	carloballesteros...	3201578964	8	Línea A147	998
ECOPETROL	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	9	Línea G1459	150
ECOPETROL	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	10	Línea de produc...	490
GeoPak	Andrés Cueljar	ing_andrescueljar...	3175981047	11	Línea de gas N15	601
ECOPETROL S.A.	Roger Tolosa	rogetolosa@eco...	3167331534	13	Línea de produc...	1050

Below the table, there are three summary boxes: 'Ordenes de inspección creadas' (13), 'Ordenes de inspección completadas' (3), and 'Porcentaje de cumplimiento' (23,08%).

Aquí se visualizan todas las cantidades de END realizados en los reportes diarios. Así mismo, permite filtrar las ordenes por fecha, por inspector y el número de orden.

The screenshot shows the 'REGISTROS DE CANTIDADES REPORTADAS' interface. It features a table with the following data:

Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abicicado	Scan A	Scan B	Creado
KEVIN CASTELLANOS	10 enero 2024	3	358 m	432 m	400 m	4 Puntos	1,8 m2	17 enero 2024 9:47
KEVIN CASTELLANOS	11 enero 2024	3	310 m	200 m	470 m	0 Puntos	2 m2	17 enero 2024 9:51
ROGER MARTINEZ	17 enero 2024	3	0 m	0 m	0 m	0 Puntos	0 m2	17 enero 2024 9:51
KEVIN CASTELLANOS	12 enero 2024	3	302 m	338 m	0 m	4 Puntos	1,9 m2	17 enero 2024 9:52
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	89 m	20 m	10 Puntos	15 m2	17 enero 2024 11:33
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	96 m	1558 m	5 Puntos	120 m2	17 enero 2024 11:37
MICHAEL GOMEZ	17 enero 2024	5	897 m	650 m	1200 m	15 Puntos	6 m2	17 enero 2024 11:56
MICHAEL GOMEZ	17 enero 2024	3	489 m	169 m	699 m	3 Puntos	2 m2	17 enero 2024 11:58
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	601 m	601 m	601 m	12 Puntos	3,1 m2	18 enero 2024 16:51
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m2	18 enero 2024 16:54
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	290 m	340 m	270 m	4 Puntos	2 m2	18 enero 2024 16:57
MICHAEL GOMEZ	18 enero 2024	0	150 m	150 m	150 m	3 Puntos	3 m2	18 enero 2024 16:59

ROL DE INSPECTOR

Nota. Ingrese al sistema con sus credenciales de rol de inspector.

Interfaz del inspector

En la parte superior se visualiza el nombre del inspector y la fecha.

The screenshot shows the top part of the inspector interface. At the top, there are two input fields: '20 Enero 2024' and 'KEVIN CASTELLANOS'. Below these is a table titled 'Reporte de cantidades' with the following data:

Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abcísado	Scan A	Scan B
KEVIN CASTELLANOS	10 enero 2024	3	358 m	432 m	400 m	4 Puntos	1,8 m ²
KEVIN CASTELLANOS	11 enero 2024	3	310 m	200 m	470 m	0 Puntos	2 m ²
KEVIN CASTELLANOS	12 enero 2024	3	302 m	338 m	0 m	4 Puntos	1,9 m ²
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	89 m	20 m	10 Puntos	15 m ²
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	96 m	1558 m	5 Puntos	120 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	601 m	601 m	601 m	12 Puntos	3,1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	290 m	340 m	270 m	4 Puntos	2 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	9	150 m	150 m	150 m	3 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	1	100 m	50 m	63 m	1 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	22 marzo 2024	5	260 m	0 m	260 m	5 Puntos	3 m ²

En el panel central se visualiza todas las actividades de inspección realizadas por el inspector.

This screenshot is identical to the previous one, showing the central table of inspection activities for the inspector KEVIN CASTELLANOS on 20 Enero 2024.

En el panel de la izquierda se encuentran las funciones a las cuales el inspector tiene acceso.

This screenshot highlights the left sidebar of the inspector interface. It contains the following buttons from top to bottom: 'Nuevo R.I.', 'Materiales', 'Equipos', 'O.I. Completadas', 'O.I. por vencer', and 'Cerrar sesión'. The rest of the interface, including the top navigation and the central table, is visible in the background.

Funciones del Inspector

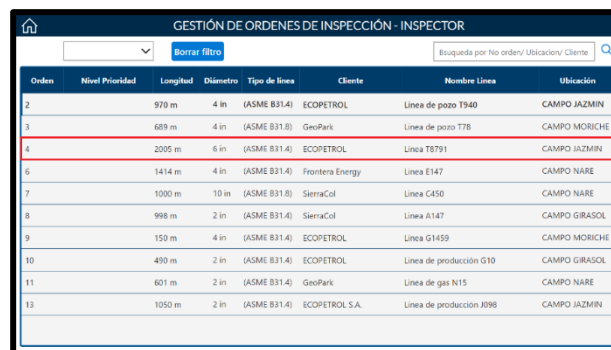
A. Registro de reportes diarios

Para crear un reporte de actividades diarias, vaya al panel izquierdo y seleccione el botón de “Nuevo RI”.



Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Absciado	Scan A	Scan B
KEVIN CASTELLANOS	10 enero 2024	3	358 m	432 m	400 m	4 Puntos	1,8 m ²
KEVIN CASTELLANOS	11 enero 2024	3	310 m	200 m	470 m	0 Puntos	2 m ²
KEVIN CASTELLANOS	12 enero 2024	3	302 m	338 m	0 m	4 Puntos	1,9 m ²
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	89 m	20 m	10 Puntos	15 m ²
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	96 m	1558 m	5 Puntos	120 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	601 m	601 m	601 m	12 Puntos	3,1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	290 m	340 m	270 m	4 Puntos	2 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	9	150 m	150 m	150 m	3 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	1	100 m	50 m	63 m	1 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	22 marzo 2024	5	260 m	0 m	260 m	5 Puntos	3 m ²

Seleccione la orden de inspección a la cual desea realizar el reporte diario de actividades y proceda a dar clic sobre ella.



Orden	Nivel Prioridad	Longitud	Diámetro	Tipo de línea	Cliente	Nombre Línea	Ubicación
2		970 m	4 in	(ASME B31.4) ECOPETROL	ECOPETROL	Línea de pozo T940	CAMPO JAZMIN
3		689 m	4 in	(ASME B31.8) GeoPark	GeoPark	Línea de pozo T78	CAMPO MORICHE
4		2005 m	6 in	(ASME B31.4) ECOPETROL	ECOPETROL	Línea T8791	CAMPO JAZMIN
6		1414 m	4 in	(ASME B31.4) Frontera Energy	Frontera Energy	Línea E147	CAMPO NARE
7		1000 m	10 in	(ASME B31.8) SierraCol	SierraCol	Línea C450	CAMPO NARE
8		998 m	2 in	(ASME B31.4) SierraCol	SierraCol	Línea A147	CAMPO GIRASOL
9		150 m	4 in	(ASME B31.4) ECOPETROL	ECOPETROL	Línea G1459	CAMPO MORICHE
10		490 m	2 in	(ASME B31.4) ECOPETROL	ECOPETROL	Línea de producción G10	CAMPO GIRASOL
11		601 m	2 in	(ASME B31.4) GeoPark	GeoPark	Línea de gas N15	CAMPO NARE
13		1050 m	2 in	(ASME B31.4) ECOPETROL S.A	ECOPETROL S.A	Línea de producción J998	CAMPO JAZMIN

Ingrese la “Fecha de la realización de actividades” que es la fecha en la que se realizó la inspección.

Ahora registre la condición climática durante la inspección, en este se puede seleccionar entre normal y lluvia.

a)

b)

Si su elección fue “Normal” (a), siga en el numeral 6. Si su elección fue “Lluvia” (b), ingrese el intervalo en el cual la inspección estuvo suspendida por lluvia. Agregue todos los intervalos de tiempo que requiera. Para finalizar seleccione el botón de “check”.

Inicio	Fin	Tiempo
07:54	08:26	00:32

Seleccione si fue posible realizar la inspección. Si su elección fue “No” (b) siga al numeral 7. Si su elección fue “Si” (a) salte al numeral 8.

a)

b)

Si seleccionó “No”, registre las observaciones, agregue el registro fotográfico y pulse “check”, lo que abrirá el cuadro (b), si desea culminar el registro de la inspección seleccione “Si” lo que guardara la información del registro de inspección diaria. Si necesita modificar el registro fotográfico o las observaciones seleccione “No”. Modifíquelo y proceda a pulsar “check”, lo que guardara la información del registro de inspección diaria. De esta forma se creará un registro de orden de inspección pendiente. **Nota. El sumistro de observaciones y registro fotográfico es obligatorio.**

a)

b)

Si seleccionó “**Si**”, registre los datos de las actividades de END realizados.

Posteriormente seleccione “**Si**” (**b**) o “**No**” (**a**) dependiendo de si encontró un hallazgo relevante. Si seleccionó (**b**) salte al numeral 11. Si seleccionó (**a**) siga al numeral 9.

REPORTE DE CANTIDADES	
EMAT	450 (m)
Inspección visual	290 (m)
Tintas penetrantes	0 (m2)
Abscisado	600 (m)
SCAN A	5 (Puntos)
SCAN B	1 (m2)

HALLAZGOS RELEVANTES

a)

REPORTE DE CANTIDADES	
EMAT	450 (m)
Inspección visual	290 (m)
Tintas penetrantes	0 (m2)
Abscisado	600 (m)
SCAN A	5 (Puntos)
SCAN B	1 (m2)

HALLAZGOS RELEVANTES

b)

Si seleccionó “**No**”. Registre las observaciones, agregue el registro fotográfico y pulse “**check**” (**a**) para guardar el registro diario de la inspección, lo que habilitará el cuadro “(**b**)”, Si ha culminado la totalidad de la orden de inspección seleccione la casilla “**Orden de inspección culminada**”, lo cual después se dar clic en el botón “**Si**” guardara la información de la orden de inspección en “**ordenes de inspección completadas**” de ser así, siga al numeral 10. Si desea culminar el registro de la inspección diaria seleccione solamente “**Si**” lo que guardara la información del registro de inspección diaria. Si necesita modificar el registro fotográfico o las observaciones seleccione “**No**”. Modifíquelo y proceda a pulsar “**check**”, y culmine el registro de inspección diaria. De esta forma se creará un registro de orden de inspección pendiente.



REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 4

Ubicación: CAMPO JAZMIN Longitud: 2005 m Diámetro: 6 in Tipo de línea: (ASME B31.4)
Técnicos de Inspección: EMAT / INSPECCION VISUAL Equipos asignados: CAMARA / GPS / EMI / DMS Go
Observaciones: Línea T8791

OBSERVACIONES

Subir Imagen

a)



REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 4

Ubicación: CAMPO JAZMIN Longitud: 2005 m Diámetro: 6 in Tipo de línea: (ASME B31.4)
Técnicos de Inspección: EMAT / INSPECCION VISUAL Equipos asignados: CAMARA / GPS / EMI / DMS Go
Observaciones: Línea T8791

¿Desea culminar su reporte diario?

Orden Inspección Culminada

Si No

b)

Proceda a adjuntar los archivos de datos relacionados con la inspección finalizada. **Nota.**

De este modo se da por culminada una orden de inspección.



REGISTRO DATOS DE INSPECCIÓN - ORDEN No 4

Archivos de inspección

No hay nada adjunto.

Adjuntar un archivo

GUARDAR

Seleccione el tipo de hallazgo encontrado.



REGISTRO DE INSPECCIÓN - ORDEN 4

Ubicación: CAMPO JAZMIN Longitud: 2005 m Diámetro: 6 in Tipo de línea: (ASME B31.4)
Técnicos de Inspección: EMAT / INSPECCION VISUAL Equipos asignados: CAMARA / GPS / EMI / DMS Go
Observaciones: Línea T8791

TIPO DE HALLAZGO

INSPECCIÓN VISUAL

PERDIDA MATERIAL

Grabar inspección

Si el hallazgo encontrado es por inspección visual, seleccione la casilla **“Inspección Visual” (a)** y siga en el numeral 13. Si el hallazgo encontrado es por pérdida de material, seleccione la casilla **“Pérdida de material” (b)** y siga en el numeral 18, para ambos casos se visualizará un check frente a la casilla, luego proceda a dar clic al botón de **“+”** para agregar el hallazgo.

a)

b)

Registre aquí el hallazgo encontrado por inspección visual (a). El sistema permite seleccionar entre **“Abolladura” (b)** y **“Arruga” (c)**. Independiente de su elección digite los datos de ubicación del hallazgo y de clic en el botón **“Registrar”**. Si su elección fue **“Abolladura” (b)** siga al numeral 14. Si su elección fue **“Arruga” (c)** siga al numeral 16.

a)

b)

c)

Ingrese los datos relacionados con el hallazgo tipo **“Abolladura”** y proceda a seleccionar el botón **“check”** para guardar los datos del hallazgo relevante encontrado. **Nota. Los**

critérios de evaluación empleados para el hallazgo de “Abolladura” se encuentran en la sección 2.5.1. de la tesis titulada “Desarrollo de un Sistema Informático para la Gestión de Información Generada en Trabajos de Inspección Según Normas API570 y API 574 en Redes de Tubería de Transporte de Gas e Hidrocarburos”

a)

b)

Ahora registre las observaciones y el registro fotográfico relacionados con el hallazgo, y proceda a seleccionar el botón de “**check**” para guardar la información (a). Si desea culminar el registro del hallazgo seleccione “**Si**” lo que guardara la información. Si necesita modificar el registro fotográfico o las observaciones seleccione “**No**” (b). Modifíquelo y proceda a pulsar “**check**” (a) y proceda a culminar el registro del hallazgo. El sistema lo redireccionara al numeral 22.

a)

b)

Ingrese los datos relacionados con el hallazgo “**Arruga**” y proceda a seleccionar el botón “**check**” para guardar los datos del hallazgo relevante encontrado. **Nota. Los criterios de evaluación empleados para el hallazgo de “Arruga” se encuentran en la sección 2.5.2. de la tesis titulada “Desarrollo de un Sistema Informático para la Gestión de Información Generada en Trabajos de Inspección Según Normas API570 y API 574 en Redes de Tubería de Transporte de Gas e Hidrocarburos”**

a)

b)

A continuación, siga los procesos descritos en el numeral 15.

Seleccione el tipo de hallazgo a) **Corrosión interna (CI)** o b) **Corrosión externa**, y procesa a ingresar los datos de ubicación, caracterización del hallazgo, datos de operación y datos de registros. Luego de clic en el botón de “**check**” para guardar la información del hallazgo relevante.

a)

b)

Aquí el sistema realiza la evaluación del hallazgo relevante encontrado. Si el hallazgo es de tipo “**Aprobado**” siga al numeral 21. Si el hallazgo es de tipo “**Evaluacion** ” siga al numeral 20. Si el hallazgo es de tipo “**Rechazado**” siga al numeral 21. **Nota. Los criterios de evaluación empleados para los hallazgos se encuentran en la sección 2.4 de la tesis titulada “Desarrollo de un Sistema Informático para la Gestión de Información Generada en Trabajos de Inspección Según Normas API570 y API 574 en Redes de Tubería de Transporte de Gas e Hidrocarburos”**

REGISTRO DE HALLAZGO - ORDEN 4

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Factor Diseño : 1.0
Factor Soldadura : 1
Factor Temperatura :

ESPORES REQUERIDOS

Norma	Valor	Unidad
ASME B31.4	0.000	(INCH)
ASME B31.4	0.000	(INCH)
ASME B31.4	0.000	(INCH)

HALLAZGO APROBADO

CONTINUAR

a)

REGISTRO DE HALLAZGO - ORDEN 4

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Factor Diseño : 1.0
Factor Soldadura : 1
Factor Temperatura :

ESPORES REQUERIDOS

Norma	Valor	Unidad
ASME B31.4	0.000	(INCH)
ASME B31.4	0.000	(INCH)
ASME B31.4	0.000	(INCH)

EVALUACION HALLAZGO

CONTINUAR

b)

REGISTRO DE HALLAZGO - ORDEN 4

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Factor Diseño : 1.0
Factor Soldadura : 1
Factor Temperatura :

ESPORES REQUERIDOS

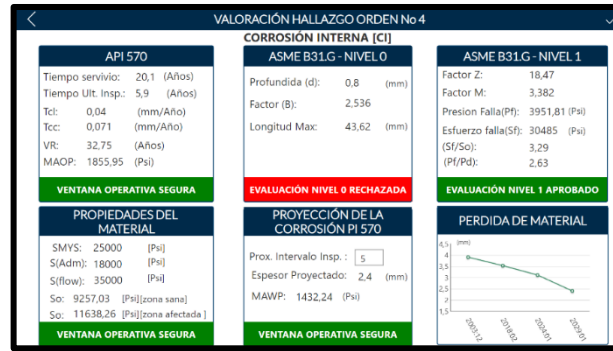
Norma	Valor	Unidad
ASME B31.4	0.000	(INCH)
ASME B31.4	0.000	(INCH)
ASME B31.4	0.000	(INCH)

HALLAZGO RECHAZADO

CONTINUAR

c)

El sistema realiza la valoración del hallazgo y permite visualizar si está cumpliendo con los criterios establecidos. Así mismo permite evaluar las propiedades del material e ingresando los años de la próxima inspección proyectar la tasa de corrosión a largo plazo que se ve reflejada en el gráfico. **Nota. Los criterios de evaluación empleados para los hallazgos se encuentran en la sección 2.4 de la tesis titulada “Desarrollo de un Sistema Informático para la Gestión de Información Generada en Trabajos de Inspección Según Normas API570 y API 574 en Redes de Tubería de Transporte de Gas e Hidrocarburos”**



Para finalizar ingrese las observaciones, el registro fotográfico y proceda a seleccionar el botón “check” para guardar la inspección.



Si encontró otro hallazgo por selecciónelo, de no ser así, de clic en el botón “Grabar inspección”.



Si desea culminar la inspección seleccione “Si” de ser contrario seleccione “No”. Esto guardara los datos del registro diario de inspección.



Registro de materiales

1. En el panel izquierdo de la interfaz de inspector, de clic en el botón **“Materiales”**.

Reporte de cantidades							
Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abscisado	Scan A	Scan B
KEVIN CASTELLANOS	10 enero 2024	3	358 m	432 m	400 m	4 Puntos	1,8 m2
KEVIN CASTELLANOS	11 enero 2024	3	310 m	200 m	470 m	0 Puntos	2 m2
KEVIN CASTELLANOS	12 enero 2024	3	302 m	338 m	0 m	4 Puntos	1,9 m2
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	89 m	20 m	10 Puntos	15 m2
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	96 m	1558 m	5 Puntos	120 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	601 m	601 m	601 m	12 Puntos	3,1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	290 m	340 m	270 m	4 Puntos	2 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	9	150 m	150 m	150 m	3 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	1	100 m	50 m	63 m	1 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	22 marzo 2024	5	260 m	0 m	260 m	5 Puntos	3 m2

2. Aquí podrá reportar la compra de materiales para la realización de las actividades de inspección. Ingrese los datos de: Fecha de compra del producto, tipo de elemento, Orden de inspección para la cual compro el elemento, unidades compradas, valor del elemento, descripción de la situación y un registro fotográfico de la factura de compra del elemento. Una vez todos los datos ingresados estén bien, de clic en el botón registrar.

Registro de equipos

Para realizar el control de equipos asignados, el inspector tiene dos tipos de panel: **a)** Equipos asignados y **b)** Vehículos Asignados. En esta interfaz se puede visualizar la información de los equipos asignados al inspector. El inspector debe registrar el operacional y de ser necesario el reporte de daños del equipo asignado. Así mismo debe registrar el operacional y de ser necesario el reporte de daños del vehículo asignado.

CONTROL DE EQUIPOS					
EQUIPOS ASIGNADOS					
Equipo	Serie	Próxima Calibración	Asignado	Operacional	Reporte Daño
DMS GO	DMSGO0001CT01	29 junio 2024	5 enero 2024	+	+
EMAT	EMAT00001CT01	25 mayo 2024	2 enero 2024	+	+

VEHÍCULOS ASIGNADOS					
Equipo	Marca	Recibida Km	Asignado	Operacional	Reporte Daño
KZ425	TOYOTA	15.200	10 enero 2024	+	+

a)

CONTROL DE EQUIPOS					
EQUIPOS ASIGNADOS					
Equipo	Serie	Próxima Calibración	Asignado	Operacional	Reporte Daño
DMS GO	DMSGO0001CT01	29 junio 2024	5 enero 2024	+	+
EMAT	EMAT00001CT01	25 mayo 2024	2 enero 2024	+	+

VEHÍCULOS ASIGNADOS					
Equipo	Marca	Recibida Km	Asignado	Operacional	Reporte Daño
KZ425	TOYOTA	15.200	10 enero 2024	+	+

b)

1. Identifique el equipo a realizar el operacional o el registro de daño y proceda a dar clic en el “+” bajo su columna. Si es un “**Equipo asignado**” siga al numeral 2. Si es un “**Vehículo asignado**” salte al numeral 3.

CONTROL DE EQUIPOS						
EQUIPOS ASIGNADOS						
Equipo	Serie	Próxima Calibración	Asignado	Operacional	Reporte Daño	
DMS GO	DMSG0001CT01	29 junio 2024	5 enero 2024	+	+	
EMAT	EMAT0001CT01	25 mayo 2024	2 enero 2024	+	+	
VEHÍCULOS ASIGNADOS						
Equipo	Marca	Recibida Km	Asignado	Operacional	Reporte Daño	
KF2425	TOYOTA	15.200	10 enero 2024	+	+	

2. Para registrar el “**Operacional**” de un equipo asignado (a), ingrese la fecha del operacional, los componentes que posee el equipo y evidencia fotográfica del equipo. Para registrar el “**Reporte de daños**” de un equipo (b), ingrese la fecha del incidente, tipo de daño, descripción de daño y evidencia fotográfica del daño en el equipo. Para ambos casos pulse el botón de “**registrar**” para guardar la información.

a)

b)

3. Para registrar el “**operacional**” de un vehículo asignado (a), ingrese la fecha del operacional, las fechas de los documentos del vehículo, los componentes que posee el vehículo y evidencia fotográfica del vehículo. Para registrar el “**reporte de daños**” de

un vehículo (b), ingrese la fecha del incidente, tipo de daño, descripción de daño y evidencia fotográfica del daño en el vehículo. Para ambos casos pulse el botón de “registrar” para guardar la información.

a)

b)

Visualización de la información

A. Ordenes de inspecciones completadas (OI Completadas)

1. En la interfaz principal del inspector haga clic “OI Completadas”.

INSPECTOR		21 Enero 2024		KEVIN CASTELLANOS			
Reporte de cantidades							
Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abciscado	Scan A	Scan B
KEVIN CASTELLANOS	10 enero 2024	3	358 m	432 m	400 m	4 Puntos	1,8 m ²
KEVIN CASTELLANOS	11 enero 2024	3	310 m	200 m	470 m	0 Puntos	2 m ²
KEVIN CASTELLANOS	12 enero 2024	3	302 m	338 m	0 m	4 Puntos	1,5 m ²
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	89 m	20 m	10 Puntos	15 m ²
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	98 m	1558 m	5 Puntos	120 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	601 m	601 m	601 m	12 Puntos	3,1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	290 m	340 m	270 m	4 Puntos	2 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	9	150 m	150 m	150 m	3 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	1	100 m	50 m	63 m	1 Puntos	1 m ²
KEVIN CASTELLANOS	22 marzo 2024	5	260 m	0 m	260 m	5 Puntos	3 m ²

En esta interfaz el inspector tiene acceso a las órdenes de inspecciones completadas por él, y al registro de las cantidades totales realizadas de END por cada orden de inspección. Así mismo, permite filtrar las ordenes por fecha y el número de orden.

Inspector	Finalización O.I.	No Orden	EMAT	Visual	Abcucado	Scan A	Scan B	Creado
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	590 m	601 m	601 m	8 Puntos	2,8 m2	18 enero 2024 16:51
KEVIN CASTELLANOS	19 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m2	18 enero 2024 16:57
KEVIN CASTELLANOS	20 enero 2024	9	142 m	150 m	150 m	4 Puntos	1,2 m2	18 enero 2024 17:00

B. Ordenes de inspección por vencer (OI por vencer)

1. En la interfaz principal del inspector haga clic “OI por vencer”.

Inspector	Fecha reporte	No Orden	EMAT	Visual	Abcucado	Scan A	Scan B
KEVIN CASTELLANOS	10 enero 2024	3	358 m	432 m	400 m	4 Puntos	1,8 m2
KEVIN CASTELLANOS	11 enero 2024	3	310 m	200 m	470 m	0 Puntos	2 m2
KEVIN CASTELLANOS	12 enero 2024	3	302 m	338 m	0 m	4 Puntos	1,9 m2
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	89 m	20 m	10 Puntos	15 m2
KEVIN CASTELLANOS	17 enero 2024	5	45 m	96 m	1558 m	5 Puntos	120 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	11	601 m	601 m	601 m	12 Puntos	3,1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	200 m	150 m	220 m	6 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	10	290 m	340 m	270 m	4 Puntos	2 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	9	150 m	150 m	150 m	3 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	18 enero 2024	1	100 m	50 m	63 m	1 Puntos	1 m2
KEVIN CASTELLANOS	22 marzo 2024	5	290 m	0 m	280 m	5 Puntos	3 m2

En esta interfaz el inspector tiene acceso a las órdenes de inspección cuya fecha esta próxima a vencer, esto con el fin de tener una visualización de las inspecciones que no se han realizado. Así mismo, permite filtrar las ordenes por ubicación, cliente y el número de orden.

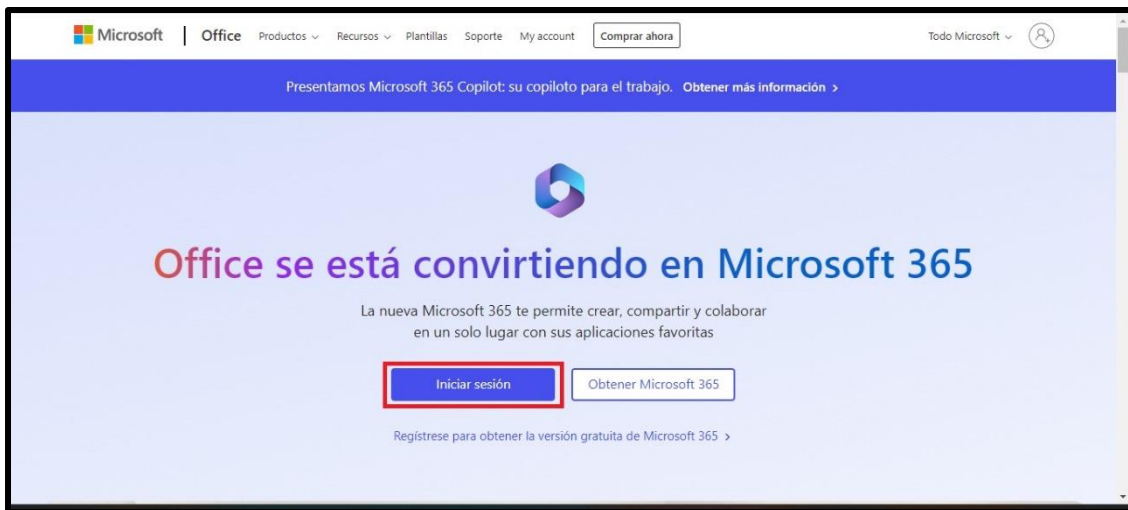
Orden	Fecha ejecución	Longitud	Diámetro	Tipo de línea	Cliente	Nombre Línea	Ubicación
4	31 enero 2024	2005 m	6 in	(ASME B31.4)	ECOPETROL	Línea T8791	CAMPO JAZMIN
9	31 enero 2024	150 m	4 in	(ASME B31.4)	ECOPETROL	Línea G1459	CAMPO MORICHE
11	22 enero 2024	601 m	2 in	(ASME B31.4)	GeoPark	Línea de gas N15	CAMPO NARE
13	24 enero 2024	1050 m	2 in	(ASME B31.4)	ECOPETROL S.A.	Línea de producción J098	CAMPO JAZMIN

C. SharePoint

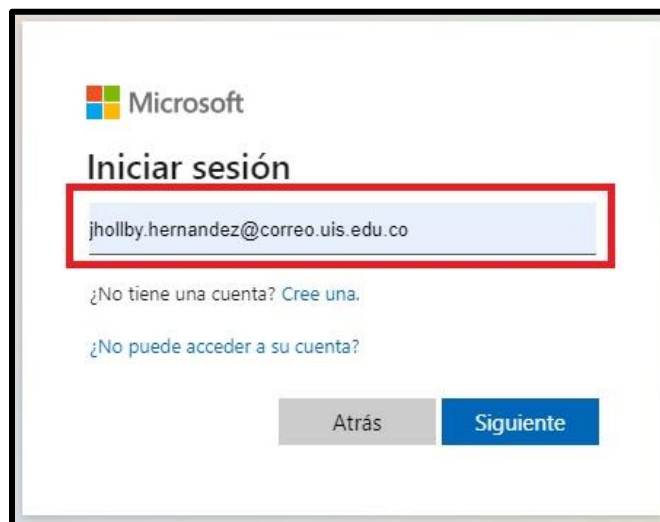
Acceso a la base de datos

Versión web

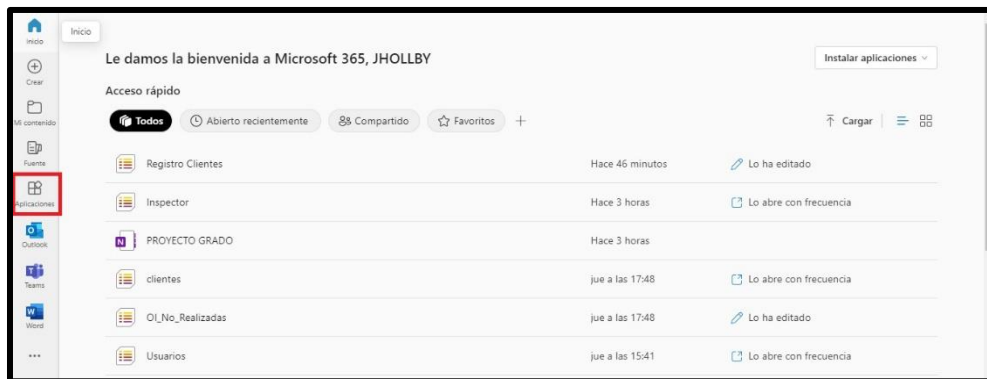
1. Ingrese a <https://www.office.com/> y proceda a dar clic en “Iniciar sesión”.



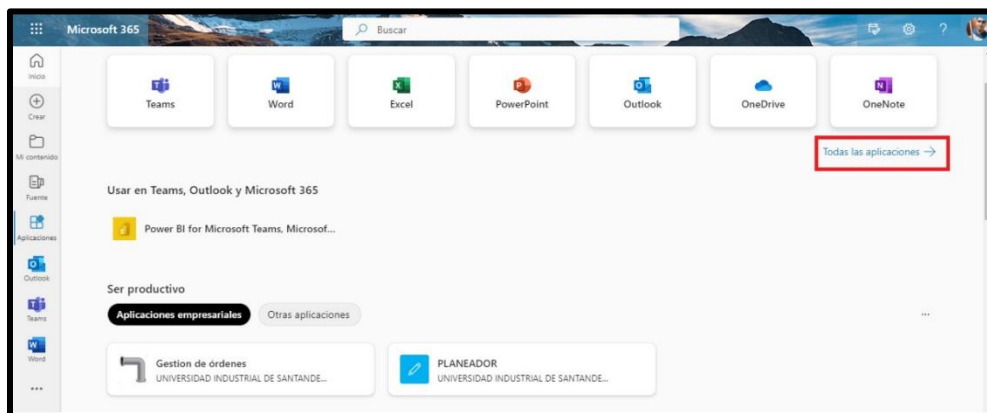
2. Inicie sesión con las credenciales de su organización.



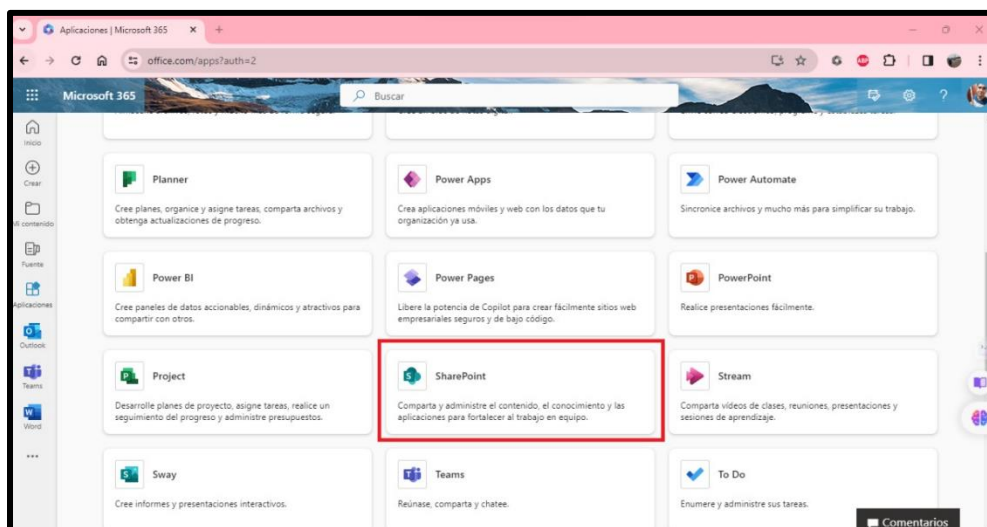
3. En la interfaz de Microsoft 365, ingrese a “Aplicaciones” en el panel de la izquierda.



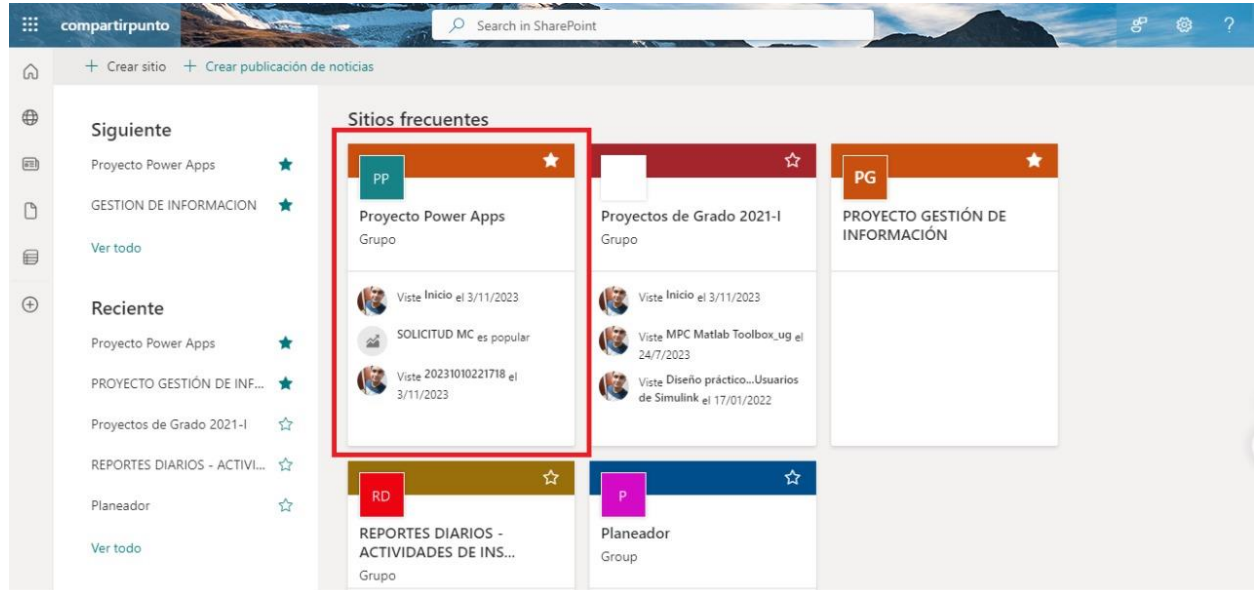
4. Ingrese a “Todas las aplicaciones”.



5. Ingrese a la aplicación “Sharepoint”.

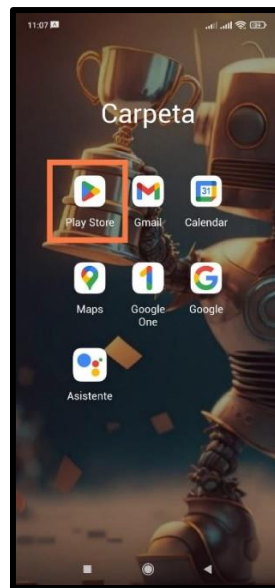


6. Seleccione el sitio creado como base de datos del sistema informático “**Proyecto Power Apps**”

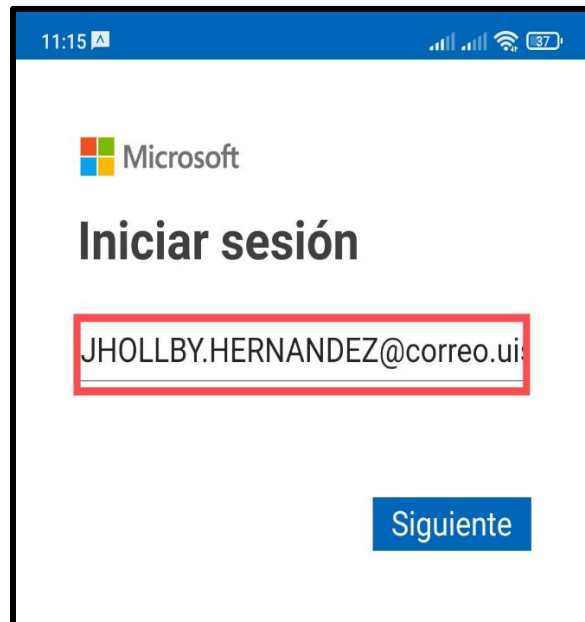


Aplicativo móvil

1. Diríjase a la Play Store en su dispositivo móvil e instale la aplicación “SharePoint”.

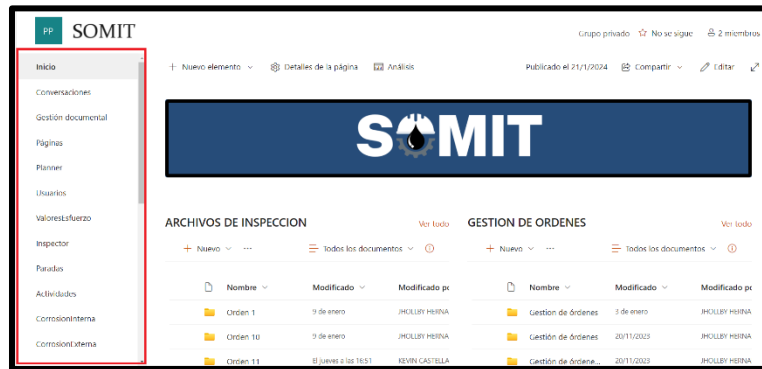


2. En la aplicación **inicie sesión** e ingrese con las credenciales de su organización.

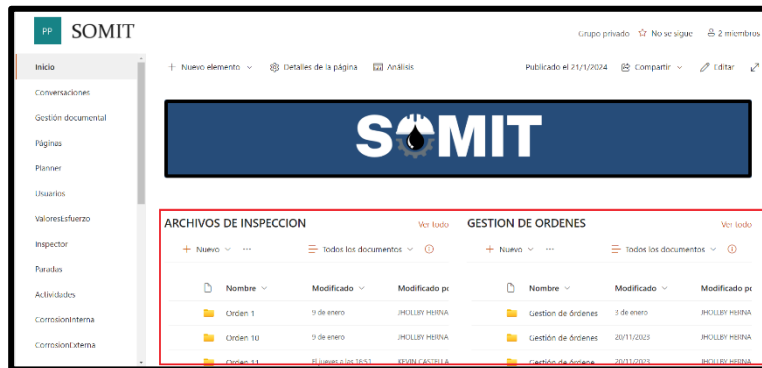


Interfaz de inicio de la base de datos

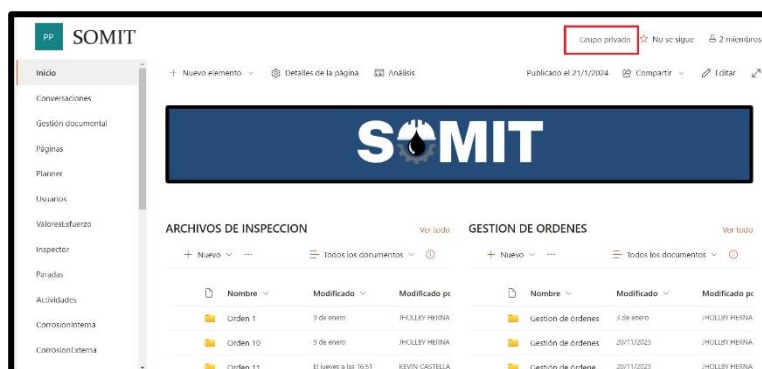
En el panel de la izquierda se ven las listas y las bibliotecas. En estas se encuentran almacenados todos los datos asociados a las órdenes de inspección.



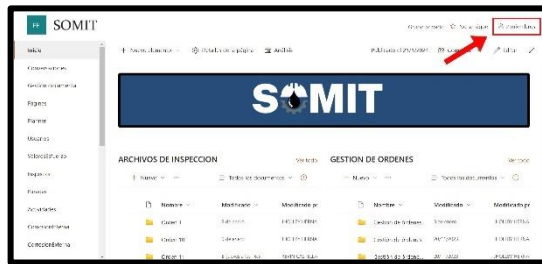
En el panel inferior se ven las bibliotecas con los archivos adjuntos de los trabajos de inspección.



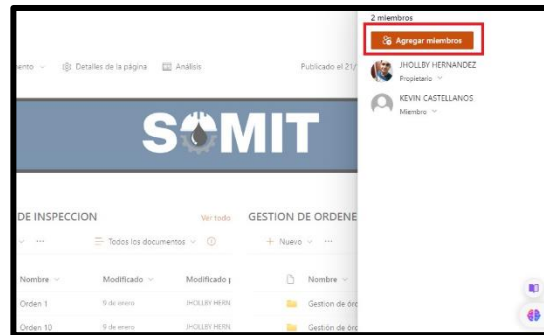
En la parte superior derecha se encuentra el tipo de grupo, el cual es un grupo privado con el fin de mantener la seguridad de la información almacenada en el Sharepoint.



En la parte superior derecha se encuentran los miembros (a), aquí se puede controlar quien tiene el acceso al SharePoint y los tipos de acceso de manera que el usuario pueda editar el sitio o solo visualizar la información (b).



a)



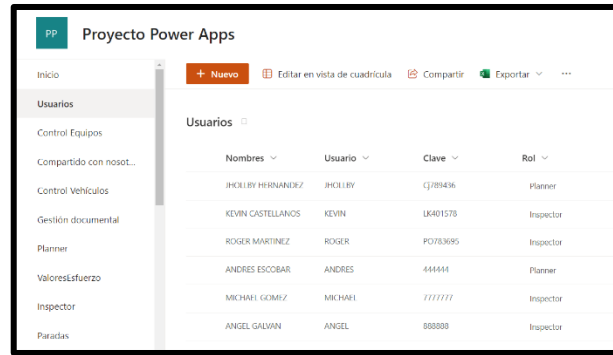
b)

En el panel izquierdo se encuentran tres listas, las cuales solo se pueden manipular desde la base de datos. Estas son la lista de usuarios, control de equipos y control de vehículos



Lista de usuarios

La lista de usuarios permite controlar el acceso al sistema informático (SOMIT), esto lo realiza mediante la creación y asignación de usuarios y contraseñas dependiendo del rol que cumplen dentro de la organización. **Nota. No es posible crear dos nombres de usuario iguales, ya que el sistema está configurado para valores únicos.**

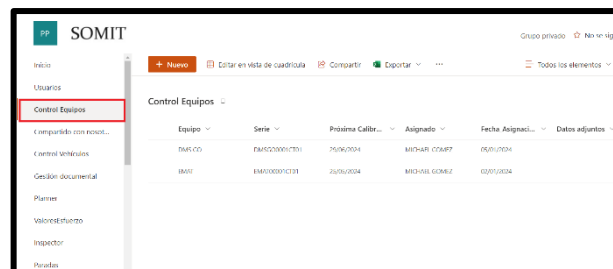


The screenshot shows the 'Proyecto Power Apps' interface. On the left is a navigation menu with options like 'Inicio', 'Usuarios', 'Control Equipos', 'Control Vehículos', 'Gestión documental', 'Planner', 'ValoresLsfuerzo', 'Inspector', and 'Paradas'. The main area displays a table of users with the following data:

Nombres	Usuario	Clave	Rol
JHOLLBY HERNANDEZ	JHOLLBY	CJ781436	Planner
KEVIN CASTELLANOS	KEVIN	UK401576	Inspector
ROGER MARTINEZ	ROGER	POF83695	Inspector
ANDRES ESCOBAR	ANDRES	444444	Planner
MICHAEL GOMEZ	MICHAEL	777777	Inspector
ANGEL GALVAN	ANGEL	888888	Inspector

Control de equipos

La lista de control de equipos permite llevar un registro de la asignación de los equipos usados por los inspectores en la realización de las tareas de inspección. En la columna de asignados se podrá elegir de los usuarios registrados en el sistema con el rol de inspector.

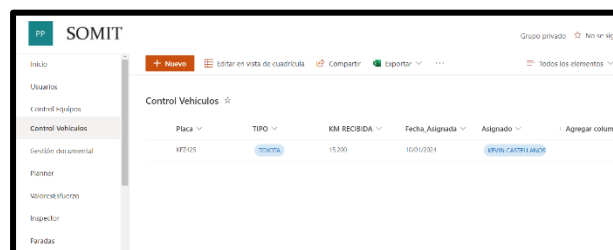


The screenshot shows the 'SOMIT' interface with the 'Control Equipos' menu item highlighted. The main area displays a table of equipment control records with the following data:

Equipo	Serie	Próxima Calib...	Asignado	Fecha Asignaci...	Datos adjuntos
DMR-00	DM5230001/001	26/06/2024	MICHAEL GOMEZ	05/01/2024	
BM07	BM000001/001	26/06/2024	MICHAEL GOMEZ	05/01/2024	

Control de vehículos

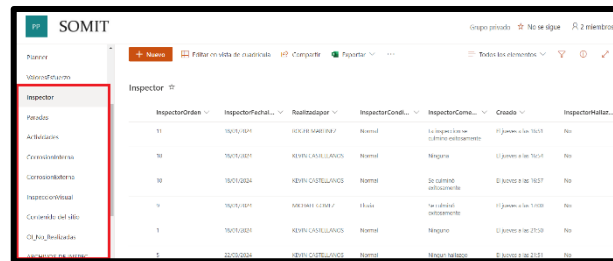
La lista de control de vehículos permite llevar un registro de la asignación de los vehículos usados por los inspectores en la realización de las tareas de inspección. En la columna de asignados se podrá elegir de los usuarios registrados en el sistema con el rol de inspector.



The screenshot shows the 'SOMIT' interface with the 'Control Vehículos' menu item highlighted. The main area displays a table of vehicle control records with the following data:

Placa	TIPO	KM RECIBIDA	Fecha Asignada	Asignado	Agregar columna
K2745	TRUCK	15300	16/01/2024	KEVIN CASTELLANOS	

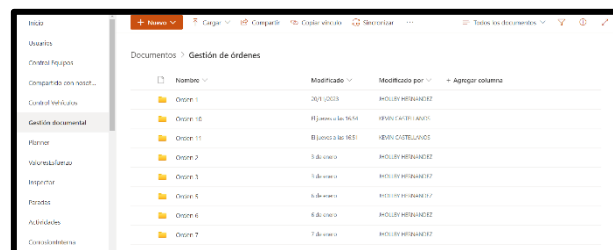
Así mismo se tiene acceso a las demás listas que almacenan toda la información suministrada desde el sistema informático (SOMIT) en Power APPS. Cada lista cuenta con diferentes características. Desde esta interfaz se puede buscar y filtrar información acorde a lo que se requiera, realizar sumatorias, interacción entre las columnas y descargar los datos en diferentes formatos.



The screenshot shows the SOMIT application interface. The left sidebar contains a navigation menu with items like 'Inicio', 'Inspección', 'Reportes', 'Configuración', 'Usuarios', 'Perfiles', 'Actividades', 'Consultas', 'Historial', 'Configuración de roles', 'Seguridad', and 'Ayuda'. The main area displays a table titled 'Inspector' with the following columns: InspectorOrden, InspectorFecha, Asaltatapar, InspectorComa, InspectorComa, Creado, and InspectorMater. The table contains several rows of data.

InspectorOrden	InspectorFecha	Asaltatapar	InspectorComa	InspectorComa	Creado	InspectorMater
11	10/01/2021	ICELAB SANTIAGO	Normal	Se ingresó en el sistema de control de calidad	11/01/2021 10:15	No
10	10/01/2021	KEVIN CASTELLANOS	Normal	Normal	11/01/2021 10:15	No
10	10/01/2021	KEVIN CASTELLANOS	Normal	Se ingresó en el sistema de control de calidad	11/01/2021 10:15	No
9	10/01/2021	KEVIN CASTELLANOS	Normal	Se ingresó en el sistema de control de calidad	11/01/2021 10:15	No
1	10/01/2021	KEVIN CASTELLANOS	Normal	Normal	11/01/2021 10:15	No
1	10/01/2021	KEVIN CASTELLANOS	Normal	Normal	11/01/2021 10:15	No

También se puede acceder a la gestión documental la cual almacena el registro fotográfico y los archivos adjuntos de cada orden de inspección cargados por el inspector en el sistema informático (SOMIT) en Power Apps.



The screenshot shows the SOMIT application interface for document management. The left sidebar contains a navigation menu with items like 'Inicio', 'Inspección', 'Reportes', 'Configuración', 'Usuarios', 'Perfiles', 'Actividades', 'Consultas', 'Historial', 'Configuración de roles', 'Seguridad', and 'Ayuda'. The main area displays a table titled 'Gestión de órdenes' with the following columns: Nombre, Modificado, Modificado por, and Agregar columna. The table contains several rows of data.

Nombre	Modificado	Modificado por	Agregar columna
Orden 1	20/1/2021	JOLINE HERNANDEZ	
Orden 10	11/01/2021 10:15	JOLINE HERNANDEZ	
Orden 11	11/01/2021 10:15	JOLINE HERNANDEZ	
Orden 2	11/01/2021 10:15	JOLINE HERNANDEZ	
Orden 3	11/01/2021 10:15	JOLINE HERNANDEZ	
Orden 4	11/01/2021 10:15	JOLINE HERNANDEZ	
Orden 6	11/01/2021 10:15	JOLINE HERNANDEZ	
Orden 7	11/01/2021 10:15	JOLINE HERNANDEZ	