09 DE DICIEMBRE DE 2019

PROPUESTA DE UN SISTEMA INFORMATICO DE TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS TUBULARES PARA EL AREA DE INSPECCION DE LA EMPRESA CSP TUBO 360 LTDA

GUILLERMO MALDONADO
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DEL SOFTWARE
2019

RESUMEN

El objetivo de la trazabilidad es vigilar los procesos de producción asegurando la calidad y el buen estado de los productos, para esto es necesario saber su origen y todas las etapas o estaciones por las que ha pasado el producto hasta llegar a su destino final, las fechas qué ha sufrido inspecciones y modificaciones, las condiciones con las que fue elaborado, todo esto es necesario para asegurar la calidad de un producto, todo debe de estar debidamente registrado para asegurar el control de producción, calidad y trazabilidad

Este trabajo tiene como fin la elaboración de una propuesta de un sistema informático de trazabilidad de productos tubulares en la empresa CSP Tubo 360 para el área de inspección; para la realización de éste se tuvo en cuenta la información de las estaciones de trabajo del área ya mencionada y e información obtenida mediante consulta bibliográfica.

PALABRAS CLAVES

Trazabilidad, rastrear, codificación, lote, registros, controles, ensayos no destructivos, prueba hidrostática, orden de fabricación.

CONTENIDO

RESUMEN 1
PALABRAS CLAVES 1
1. INTRODUCCION 5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6
3. OBJETIVOS 7
4. REVISIÓN DE LITERATURA 8
5. METODOLOGIA 10
6. MODELADO DE PROPUESTA DE SISTEMA DE TRAZABILIDAD 11
7. CONCLUSIONES 22
Bibliografía 23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de actividades de codificación 11

Figura 2. Diagrama de actividades de prueba hidrostática 11

Figura 3. Diagrama de actividades de pase de mandril 11

Figura 4. Diagrama de actividades de inspección de partículas magnéticas 11

Figura 5. Diagrama de actividades de inspección electromagnética 12

Figura 6. Diagrama de actividades de inspección por ultrasonido 12

Figura 7. Diagrama de clases 15

Figura 8. Diagrama de caso de estación de codificación 16

Figura 9. Diagrama de caso de Uso de Prueba hidrostática 16

Figura 10. Diagrama de casos de usos de estación de pase de mandril 17

Figure 11. Diagrama de casos de uso de prueba con partículas magnéticas 17

Figura 12. Diagrama de casos de uso de inspección electromagnética. 18

Figura 13. Diagrama de casos de uso de inspección de ultrasonido 18

Figura 14. Diagrama de paquetes para el sistema de trazabilidad 19

Figura 15. Modelo de Base De datos 19

Figura 16.Prototipo de estación de codificación 20

Figura 17. Prototipo de prueba hidrostática 21

Figura 18. Prototipo de estación de pase de mandril 21

Figure 19. Prototipo de Estación de partículas Magnéticas 22

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 .Requisitos funcionales de estación de codificación 12

Tabla 2.Requisitos funcionales de estación de prueba hidrostática 13

Tabla 3. Requisitos funcionales de estación de mandril 13

Tabla 4. Requisitos funcionales de estación de partículas magnéticas 13

Tabla 5. Requisitos funcionales de estación de inspección electromagnética 14

Tabla 6. requisitos funcionales de estación de ultrasonido 14

Tabla 7. Requisitos no funcionales del sistema 14

1. INTRODUCCION

La trazabilidad puede entenderse como la posibilidad de rastrear un producto en cualquier estación de la cadena productiva, la inspección y el estado con base en la orden de fabricación a la cual pertenece.

La trazabilidad de los productos se fundamenta en dos factores claves: la correcta codificación de las juntas (tubos) de los lotes de producción, y el correcto diligenciamiento de los registros de producción y control de calidad de cada orden de fabricación.

En cuanto a la codificación de las juntas, la clave está en delimitarlos por su orden de producción, la delimitación de las juntas depende también de un correcto seguimiento a lo largo del proceso productivo.

Con relación a los registros de producción y control de calidad, en estos debe consignar la información de manera que pueda identificarse que registros corresponden a qué orden de producción pertenece. Un buen sistema de trazabilidad ayuda a la empresa para saber las condiciones en las que fue inspeccionado la orden de fabricación, incluyendo las características de las inspecciones ejecutadas.

De esta manera en caso de presentarse alguna dificultad, el sistema de trazabilidad permite revisar con toda la confianza las condiciones de producción y calidad, y con ello establecer si el error ocurrió por fallas en el proceso o si fue por el manejo del cliente que pudo alterar el producto final.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CSP Tubo 360, es una empresa fabricadora de tubería para la industria del petróleo y gas (OCTG), Debido a la alta competitividad del mercado petrolero, CSP está altamente comprometido con la mejora continua de sus procesos y el cumplimiento de los niveles de calidad exigidos por los estándares internacionales y el mercado.

Cuenta con un área de terminación de tubería OCTG, conformada por una línea de inspección de la tubería; la cual es el foco de interés en este proyecto; en esta los tubos se inspeccionan con el uso de ensayos no destructivos (NDE), para revisar su integridad física.

Actualmente el área cuenta con un sistema de trazabilidad en el cual se usan formularios físicos para registrar la identificación de los tubos a inspeccionar, de las estaciones del proceso productivo en solo 1 se lleva un registro completo de todos los tubos inspeccionados de, las demás estaciones se lleva un registro de los tubos no conformes y no se mantiene ningún registro de los tubos que han aprobado una inspección, lo cual genera un vacío de información de trazabilidad de producto al no haber registro de esas inspecciones.

Se desea proponer un sistema informático de trazabilidad para solventar este vacío de información, con lo cual se tendría un registro de las juntas inspeccionada discriminándolas por su conformidad o no en la estación de proceso.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema de información de trazabilidad de tubos inspeccionados en el área de inspección, para mejorar la productividad, competitividad y crecimiento económico de la empresa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar las estaciones que intervienen en el proceso de inspección de los productos tubulares, con el fin de modelar el sistema de información.
2. Diseñar los modelos conceptuales apropiados para el sistema de trazabilidad a proponer.
3. Desarrollar los modelos conceptuales de acuerdo a las estaciones que intervienen el proceso.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

CSP TUBO 360 es una empresa de producción de tubos de acero y servicios de alta calidad para asesorías en perforación, terminación y producción de pozos de petróleo y gas.

La empresa tuvo sus inicios en Colombia en 2012 con la constitución de Steel City, el único fabricante de tubos de acero sin costura del atlántico. La empresa ofrece una amplia gama de tubería de acero sin costura, la cual se puede clasificar en 3 tipos:

Tubing: Tubería de extracción e inyección de fluidos dentro del pozo de petróleo. Se compone de tubería de poco diámetro que se introduce dentro de las tuberías de revestimiento para servir de conducto de flujo de gas o petróleo hacia la superficie. En CSP se fabrica desde 2 3/8” hasta 4 ½”.

Casing: Tubería de recubrimiento, su función es alinear las paredes del pozo perforado, evitar el paso de fluidos y mejorar la eficiencia de extracción del gas o petróleo en caso de que el pozo sea productivo. En CSP se fabrica desde 4 ½ hasta 7 ½”.

Line Pipe: Tubería de conducción, que se utiliza para transportar petróleo, gas natural, agua y otros fluidos. En CSP se fabrica de 4 ½.

A continuación, se explicarán cada uno de los procesos de producción por los que debe pasar la tubería:

TRATAMIENTOS TERMICOS

La tubería que se fabrica es tratada térmicamente, esto con el fin de modificar las propiedades mecánicas del acero y preparar la tubería para las posteriores aplicaciones. Los tratamientos térmicos que se le realizan son:

- Temple: Consiste en calentar el tubo a una temperatura de 900ºC y enfriarlo bruscamente a temperatura ambiente, con el fin de convertir la austenita en martensita, la cual tiene una estructura muy dura y frágil por lo cual se debe realizar un tratamiento térmico posterior.

- Revenido: En este tratamiento térmico se calienta el tubo a una temperatura entre 500ºC y 700ºC, reduciendo así la fragilidad del acero.

Luego de que la tubería pasa por los tratamientos térmicos, es enderezada por medio de rodillos con el fin de eliminar los defectos de rectitud y reducir la ovalidad y deflexión en el tubo.

INSPECCION

Esta es la fase de interés del proyecto, toda la tubería pasa por ensayos no destructivos con el fin de verificar que cumpla con las especificaciones y garantizar la integridad física en los productos que se procesan. Los ensayos o pruebas que se realizan a la tubería en su respectivo orden son:

• Prueba hidrostática: En esta prueba somete la tubería a distintas presiones de agua, según las especificaciones, buscado una hermeticidad y una prueba de sus propiedades mecánicas (API 5CT, 2018).

• Inspección de pase de Mandril: En el cual se introduce un objeto cilíndrico en el tubo con el fin de verificar el diámetro interno del mismo y que no tenga obstrucciones ni abolladuras que afecten el normal proceso del pase del mandril (API 5CT, 2018).

• Prueba por partículas magnéticas (MP): Es una prueba de magnetismo y un polvo magnético fluorescente donde se detectan defectos transversales y longitudinales en los extremos del tubo (ASTM E709, 2015).

• Inspección electromagnética (EMI): Similar a la prueba de partículas, se usa el magnetismo como principio de inspección donde la tubería se magnetiza longitudinal o circularmente, dependiendo del tipo de defecto que se quiera detectar y se usa maquina computarizada para hacer la inspección (ASTM E570, 2015).

• Prueba de ultrasonido: Utiliza energía acústica de alta frecuencia para llevar a cabo la verificación y realizar la medición del espesor de pared (ASTM E213, 2014).

TRAZABILIDAD

La trazabilidad está se utilizar para determinar los diversos pasos que recorre un producto, desde su nacimiento hasta su ubicación actual en la cadena de abasto.

En CSP Tubo 360, la trazabilidad nace con la identificación del tubo con una marcación específica, el número de fabricación un lote y un consecutivo, a continuación, se tiene a definición de eso términos:

- **Orden de fabricación:** es el control individualizado que se lleva a cada pedido o trabajo que se está elaborado.
- **Lote:** Conjunto de tubos que tienen características comunes y que se agrupan con un fin determinado.
- **Consecutivo:** posición en el orden procesamiento, que va en modo y espacio-tiempo a continuación.

5. METODOLOGIA

Este trabajo se desarrolló, realizando en primera instancia, un análisis del estado del campo de conocimiento y diversas fuentes de información respecto al uso de sistemas de información para el control de procesos de trazabilidad, principalmente en empresas dedicadas a la producción de tubería OCTG.

Con esto se establecieron los principales requerimientos funcionales y no funcionales que, en conjunto con lo experimentado en la planta de inspección, permitió elaborar los modelos conceptuales la metodología UP propuesta por Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh.

Primero se hará un estudio de actividades de las estaciones del área para revisar, los paso que siguen en la cadena de producción y su importancia

Luego ya con el análisis de actividades, se modelarán lo requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, cabe anotar que los requerimientos no funcionales se harán por estación de trabajo.

Se finalizar con el modelado UML del sistema de trazabilidad, se realizar un modelo de entidades de la base de datos del sistema y un modelo de prototipos no funcionales de lagunas estaciones.

6. MODELADO DE PROPUESTA DE SISTEMA DE TRAZABILIDAD

Se realizó el proceso de modelado utilizando UML, con el fin de realizar una descripción grafica de las características a implementar en el sistema de información, este proceso se analizan los requisitos con el fin de producir una descripción de la estructura interna del sistema que sirva como base para una futura construcción, se realizaron el modelo de clases, de actividades, de casos de uso, de entidades y relaciones, de paquetes y de despliegue.

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

Para este desarrollo se da un enfoque detallado al registro de los procesos, para ello, se llevó a cabo la realización de los diagramas de actividades originados con base en las etapas del proceso productivo de la nave de inspección, en función del caso de uso para generar trazabilidad.

Como se observa en las figuras 1 al 6, existen actividades específicas para cada etapa del proceso de inspección las cuales deben ser registradas en el sistema de información, para su posterior consulta.

Figura 1. Diagrama de actividades de codificación

Figura 2. Diagrama de actividades de prueba hidrostática

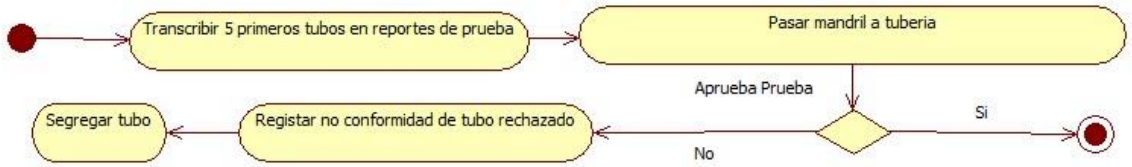

Figura 3. Diagrama de actividades de pase de mandril

Figura 4. Diagrama de actividades de inspección de partículas magnéticas

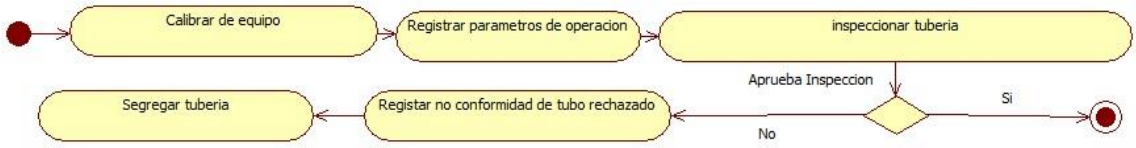

Figura 5. Diagrama de actividades de inspección electromagnética

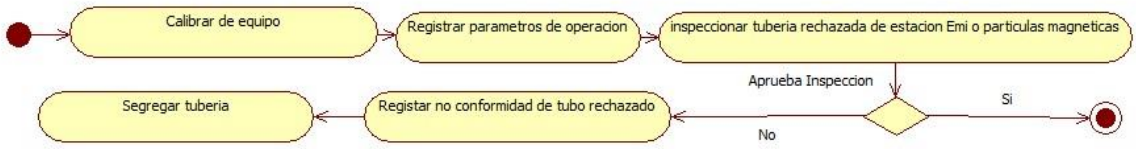

Figura 6. Diagrama de actividades de inspección por ultrasonido

MODELO DE REQUISITOS

Todos estos requisitos (funcionales y no funcionales) deben corresponder con tareas a desempeñar dentro de los procesos del ciclo de inspección.

ID	Requisitos Funcionales
RF01	El sistema ingresara los tubos codificados por el codificador
RF02	El sistema creara la orden de fabricación, A cada orden se le asignará un identificador único, que será utilizado para identificarla en todos los procesos subsecuentes que se realicen sobre esta.
RF03	El sistema debe generar un reporte de los tubos codificados por fecha y turno.
RF04	El sistema mantendrá el orden de ingreso de los tubos codificados.
RF05	El sistema ingresara el nombre del codificador, su cargo y la fecha en que realizo una codificación.
RF06	El sistema deberá poder buscar un tubo en específico, previamente codificado filtrado por orden de fabricación, fecha y turno.

Tabla 1 .Requisitos funcionales de estación de codificación

ID	Requisitos Funcionales
RF07	El sistema se conectará con la orden de fabricación que se esté inspeccionando.
RF08	El operador ingresara los rangos de presión a los que se someterá a prueba un tubo.
RF09	El operador ingresara La presión a la que han sido probados los tubos codificados.
RF10	El sistema determinara si un tubo está aprobado o no, teniendo en cuenta el rango de presiones ingresado, y la presión de prueba a la que fue sometido el tubo.

RF11	El sistema debe generar un reporte de los tubos probados.
RF12	El sistema ingresara el nombre del operador, su cargo y la fecha en que realizo una prueba.
RF13	La interfaz deberá poder buscar un tubo en específico, previamente probado.

Tabla 2.Requisitos funcionales de estación de prueba hidrostática

ID	Requisitos Funcionales
RF14	El sistema se conectará con la orden de fabricación que se esté inspeccionando.
RF15	El operador insertara en el sistema La No Conformidad de los tubos inspeccionado que han sido rechazados.
RF16	El sistema debe generar un reporte de los tubos inspeccionados.
RF17	El inspector ingresara en el sistema ingresara el nombre del inspector, su cargo.
RF18	El inspector deberá poder buscar un tubo en específico, previamente inspeccionado.
RF19	El sistema debe guarda los parámetros de las herramientas usada como el código del mandril, las zonas del mandril y las fechas de verificación de los instrumentos.

Tabla 3. Requisitos funcionales de estación de mandril

ID	Requisitos Funcionales
RF20	El sistema se conectará con la orden de fabricación que se esté inspeccionando.
RF21	El operador insertara en el sistema La No Conformidad de los tubos inspeccionado que han sido rechazados.
RF22	El sistema debe generar un reporte de los tubos inspeccionados.
RF23	El sistema ingresara el nombre del inspector, su cargo y la fecha en que realizo una inspección.
RF24	El inspector deberá poder buscar un tubo en específico, previamente inspeccionado.
RF25	El sistema debe guarda los parámetros de las herramientas usadas como el código de los instrumentos y fechas de calibración.
RF26	El sistema debe guarda los parámetros de proceso usados como la luz ambiente, luz UVA, concentración de partículas, etc.

Tabla 4. Requisitos funcionales de estación de partículas magnéticas

ID	Requisitos Funcionales
RF27	La interfaz se conectará con la orden de fabricación que se esté inspeccionando.

RF28	El operador insertara en el sistema La No Conformidad de los tubos inspeccionado que han sido rechazados.
RF29	El sistema debe generar un reporte de los tubos inspeccionados.
RF30	El inspector ingresara en el sistema su nombre, cargo y nivel.
RF31	El sistema deberá poder buscar un tubo no conforme en específico, previamente inspeccionado.
RF32	El sistema debe guarda los parámetros de las herramientas usada como las fuentes de magnetización, y los medidores de magnetismo residual etc.
RF33	El sistema debe guarda los parámetros de proceso usados como las ganancias de los sistemas de inspección.
RF34	El sistema debe guardar la hora y fecha en que se realiza un calibración y/o verificación.

Tabla 5. Requisitos funcionales de estación de inspección electromagnética

ID	Requisitos Funcionales
RF35	El sistema se conectará con la orden de fabricación que se esté inspeccionando.
RF36	El operador actualizara en el sistema La Conformidad o no conformidad de los tubos que ha inspeccionado.
RF37	El inspector ingresara en el sistema su nombre, cargo y nivel.
RF38	La interfaz debe generar un reporte de los tubos inspeccionados.
RF39	El sistema debe guardar la hora y fecha en que se realiza un calibración y/o verificación.
RF40	La interfaz ingresara el nombre del inspector.
RF41	La interfaz deberá poder buscar un tubo en específico, previamente inspeccionado y verificar su estado.
RF42	La interfaz debe guarda los parámetros de las herramientas usada como el tipo de zapata, Angulo de la zapata, tipo de acoplante, etc.

Tabla 6. requisitos funcionales de estación de ultrasonido

ID	Requisitos No Funcionales
RNF01	El sistema debe apegarse a los requisitos de la norma API 5CT.
RNF02	Se debe tener una computadora, con acceso a internet.
RFN03	El sistema debe proporcionar mensajes de error que sean informativos.
RNF04	La sistema correrá en versiones desde Windows 7 en adelante.

Tabla 7. Requisitos no funcionales del sistema

MODELO DE CLASES

El modelo de clases es representado mediante clases simbolizadas por medio de rectángulos, de los cuales, cada uno de estos contiene características que son, los atributos (describen propiedades de la clase) y los métodos (acciones a realizar por la clase), lo cual es característica básica de la programación orientada a objetos, tal como se muestra en la figura 1.

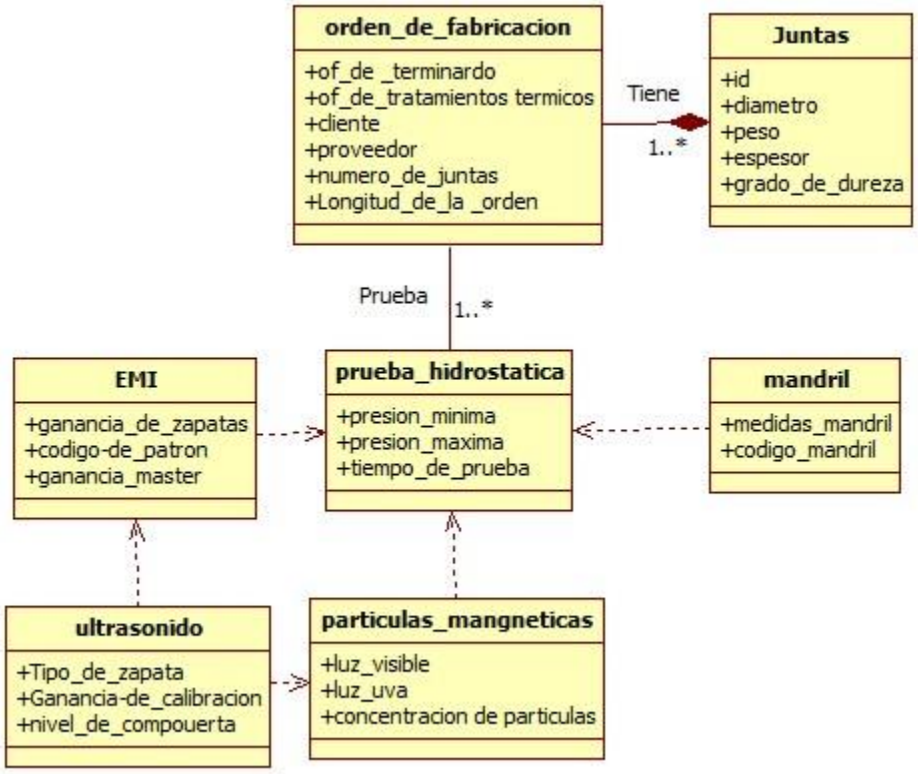

Figura 7. Diagrama de clases

MODELOS DE CASO DE USO

Para determinar las responsabilidades, limitaciones, y la forma de interacción de los actores con el sistema, se modelaron los casos de uso, donde se muestra de forma general la ejecución de las tareas a desempeñar con el sistema de información.

En la figura 8 a la figura 13 se muestran los casos de uso general para el registro de información en el sistema por estaciones de trabajo, dependiendo de las responsabilidades de cada actor y las funciones a realizar.

Las figuras 11 y 12, muestran respectivamente, los casos de uso para la compra-venta del producto final y el registro de identificadores a utilizar en la generación de la trazabilidad.

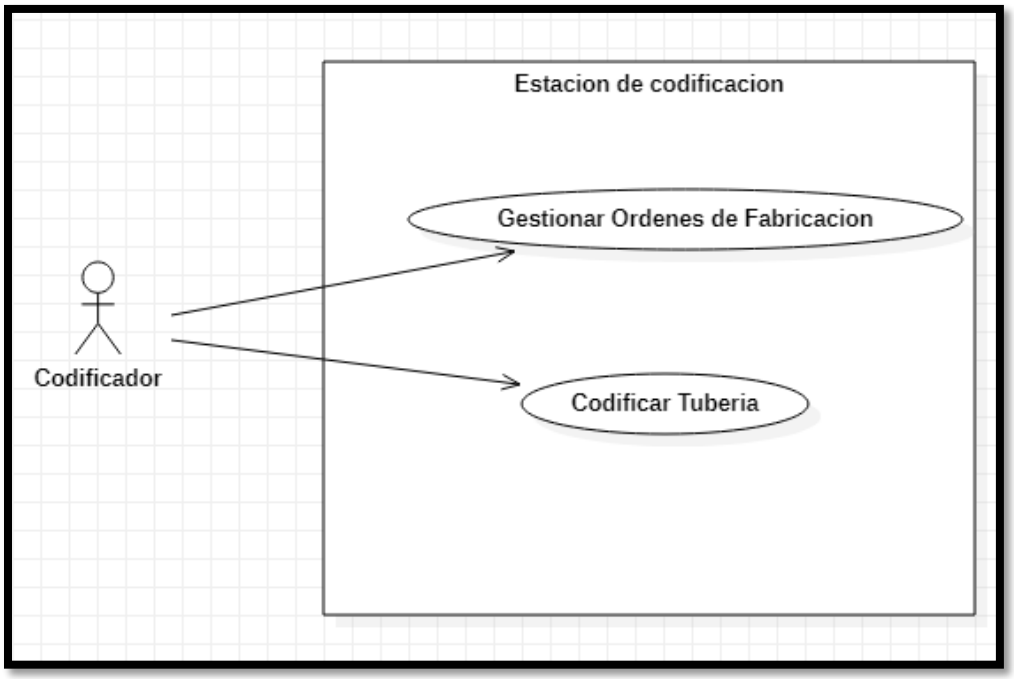

Figura 8. Diagrama de caso de estación de codificación

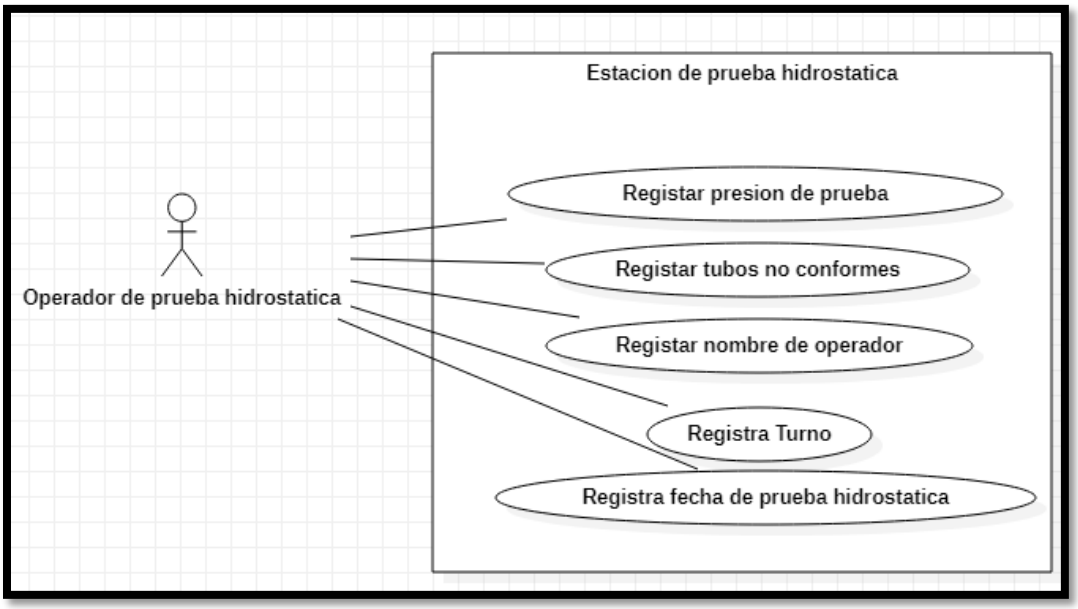

Figura 9. Diagrama de caso de Uso de Prueba hidrostática

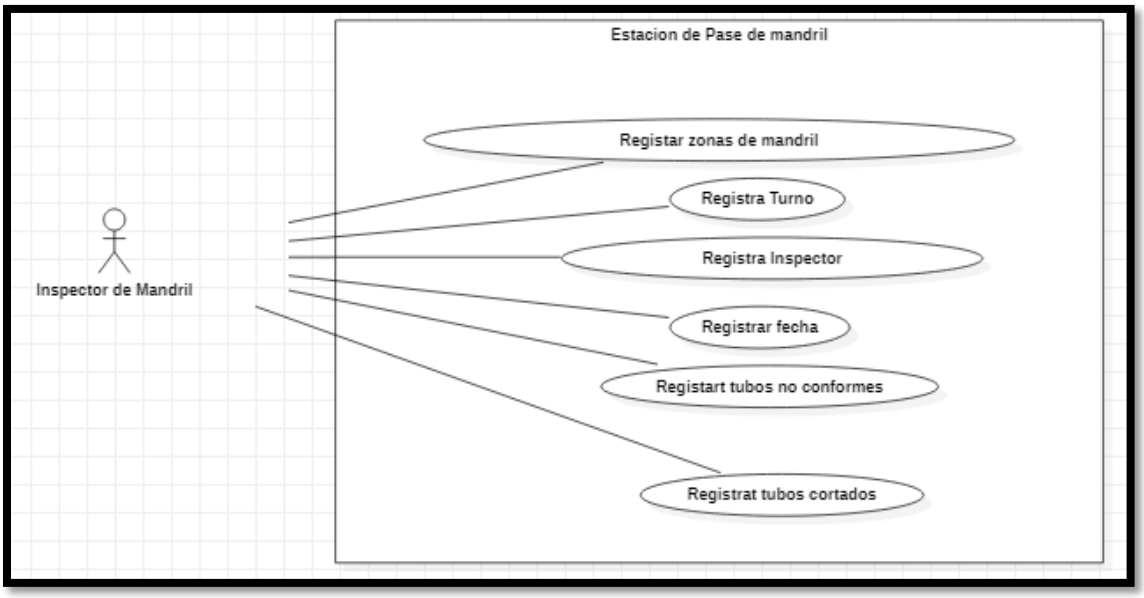

Figura 10. Diagrama de casos de usos de estación de pase de mandril

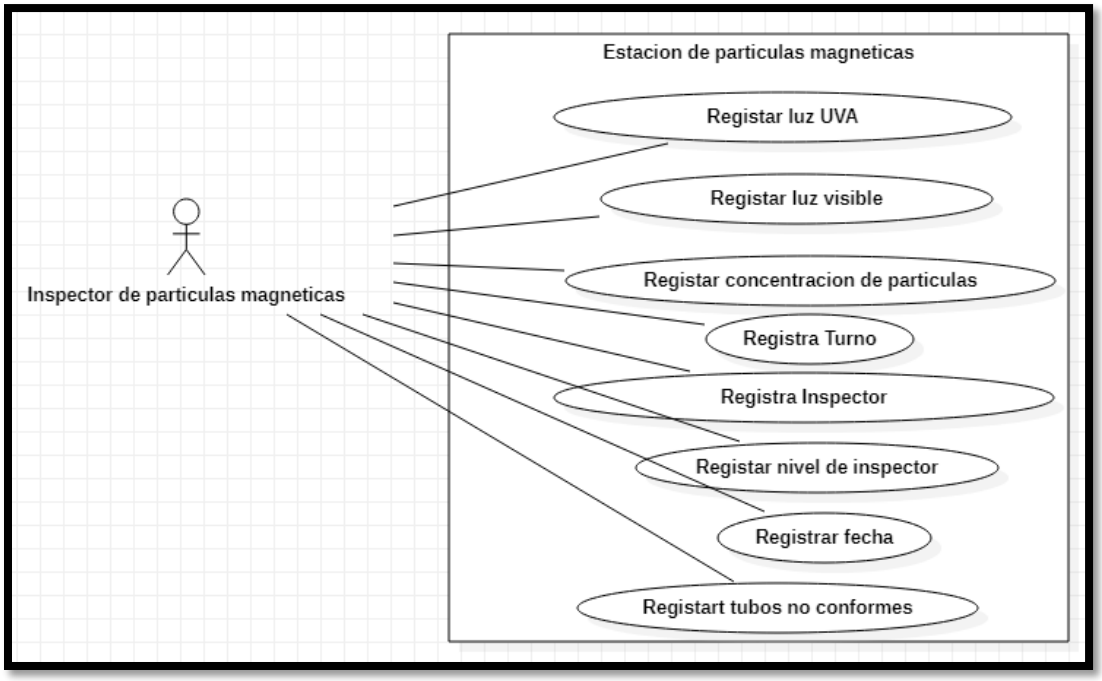

Figure 11. Diagrama de casos de uso de prueba con partículas magnéticas

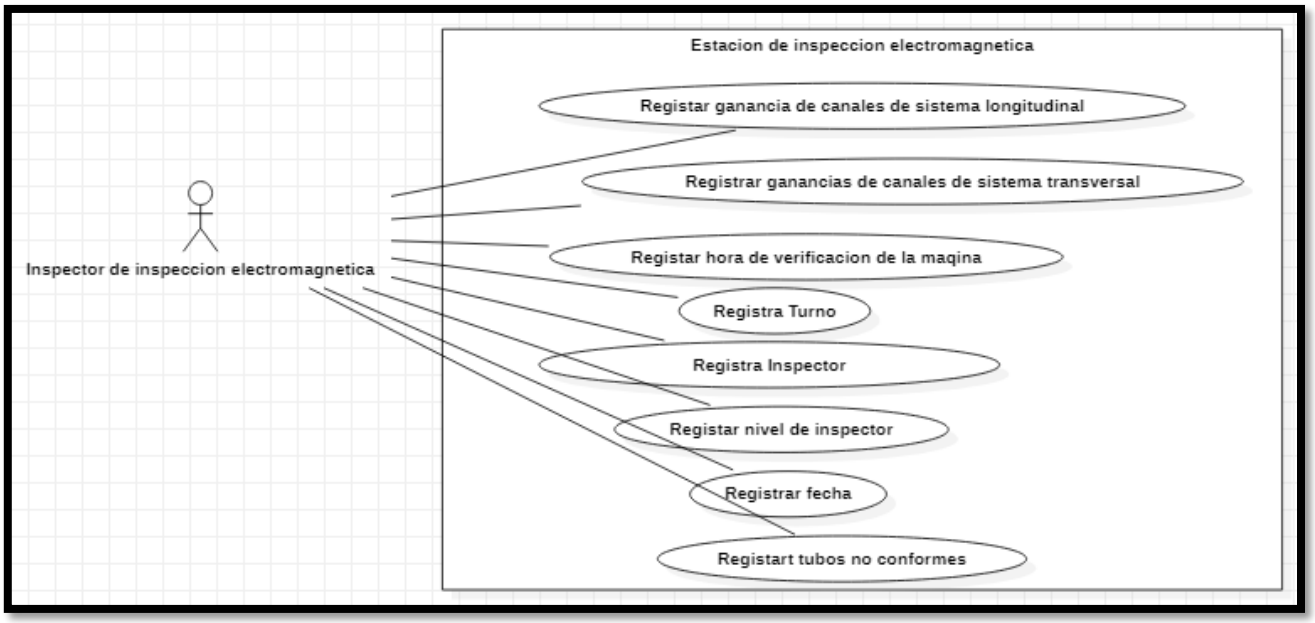

Figura 12. Diagrama de casos de uso de inspección electromagnética.

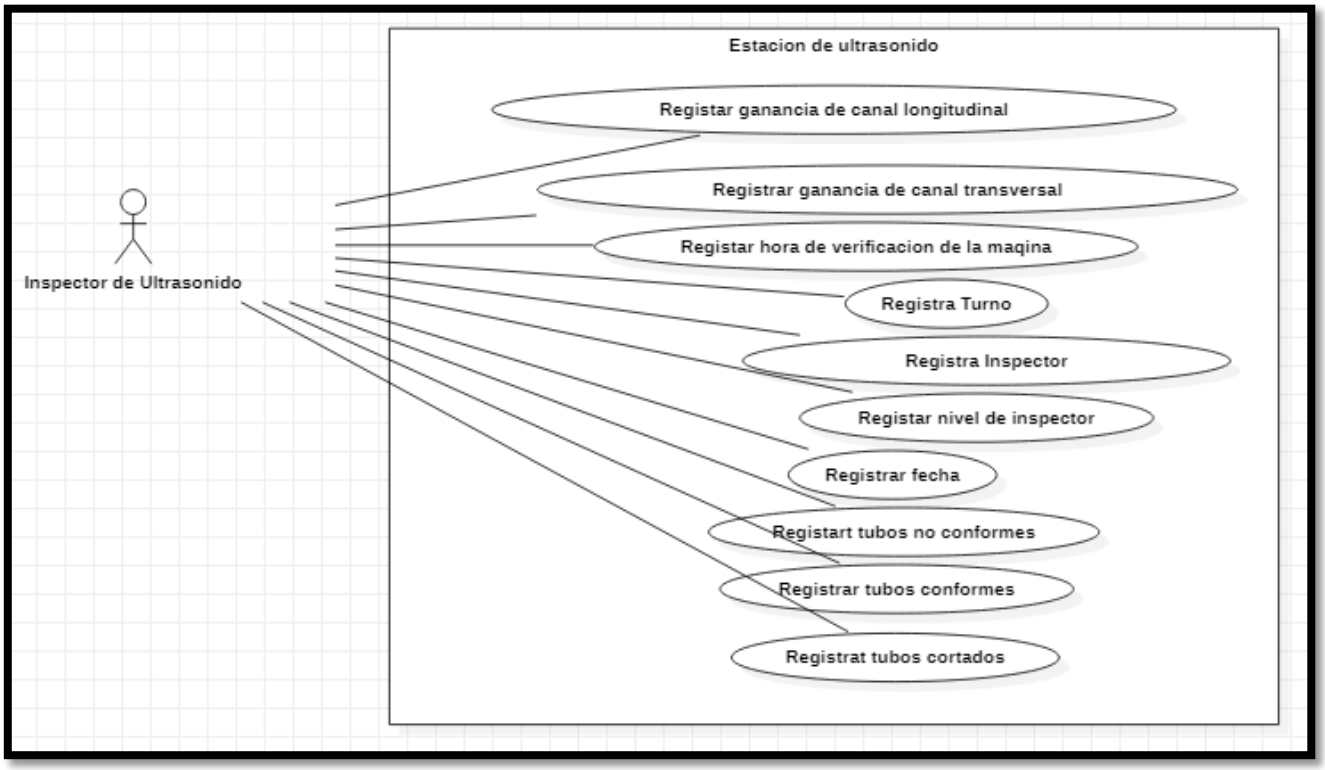

Figura 13. Diagrama de casos de uso de inspección de ultrasonido

MODELO DE PAQUETES

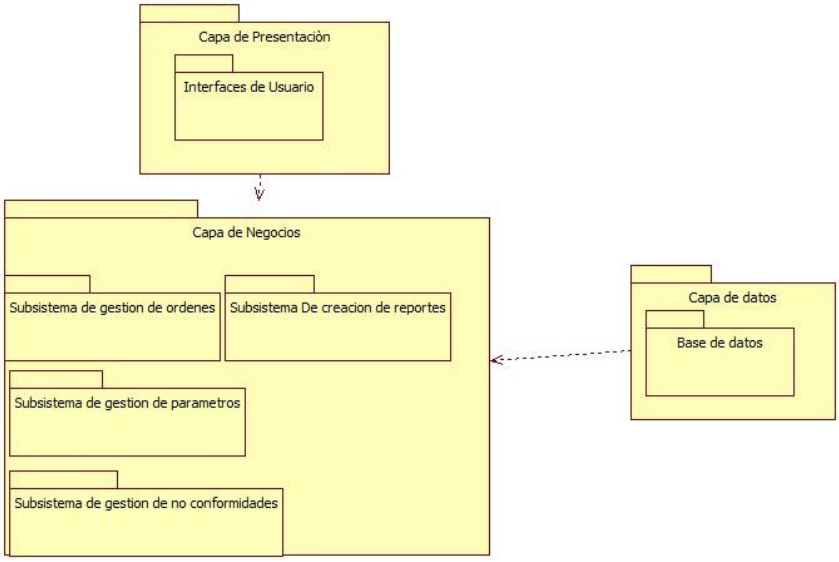

Figura 14. Diagrama de paquetes para el sistema de trazabilidad

MODELO DE BASE DE DATOS

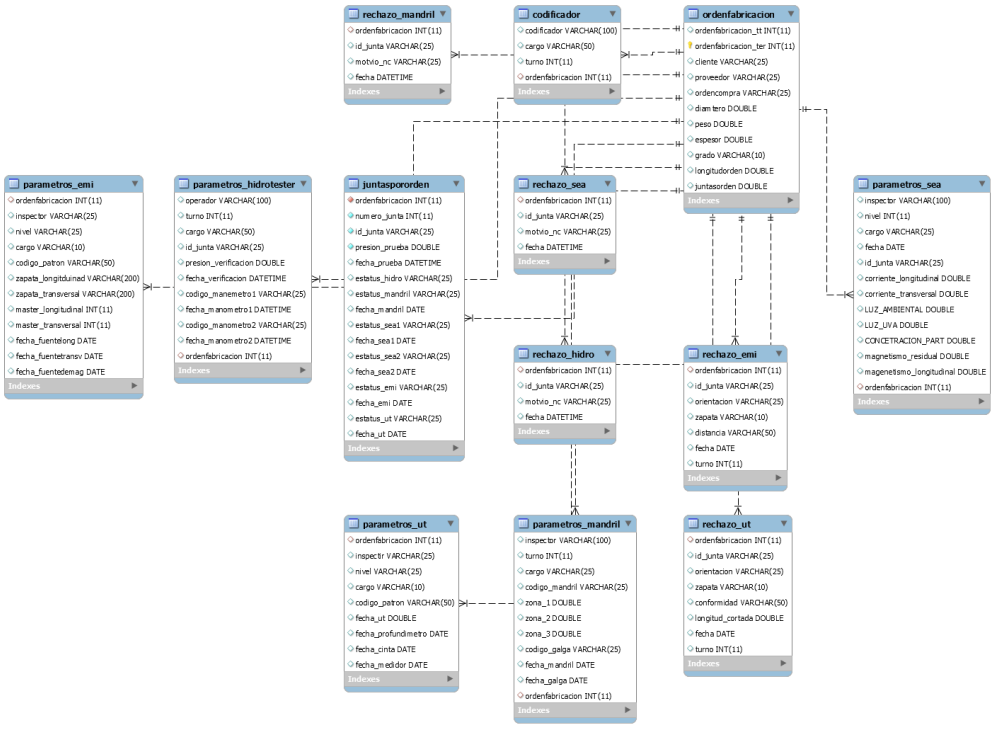

Figura 15. Modelo de Base De datos

MODELO DE PROTOTIPOS

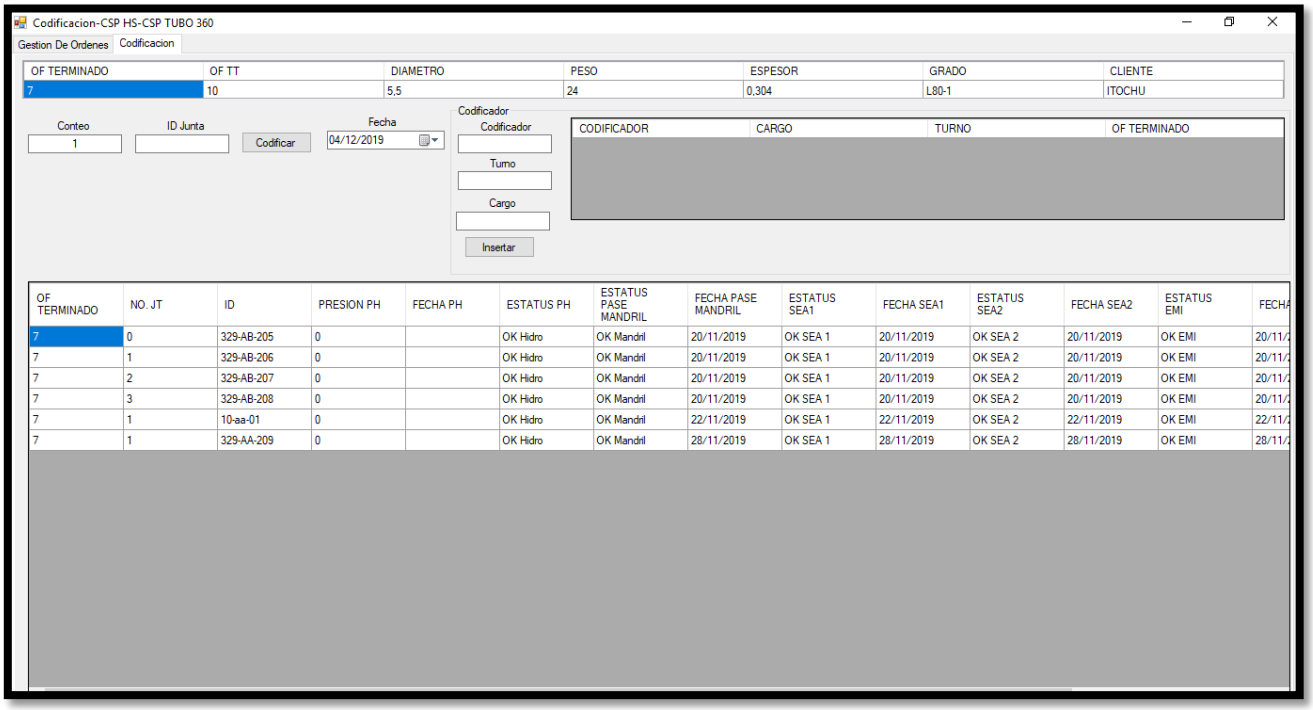

Figura 16.Prototipo de estación de codificación

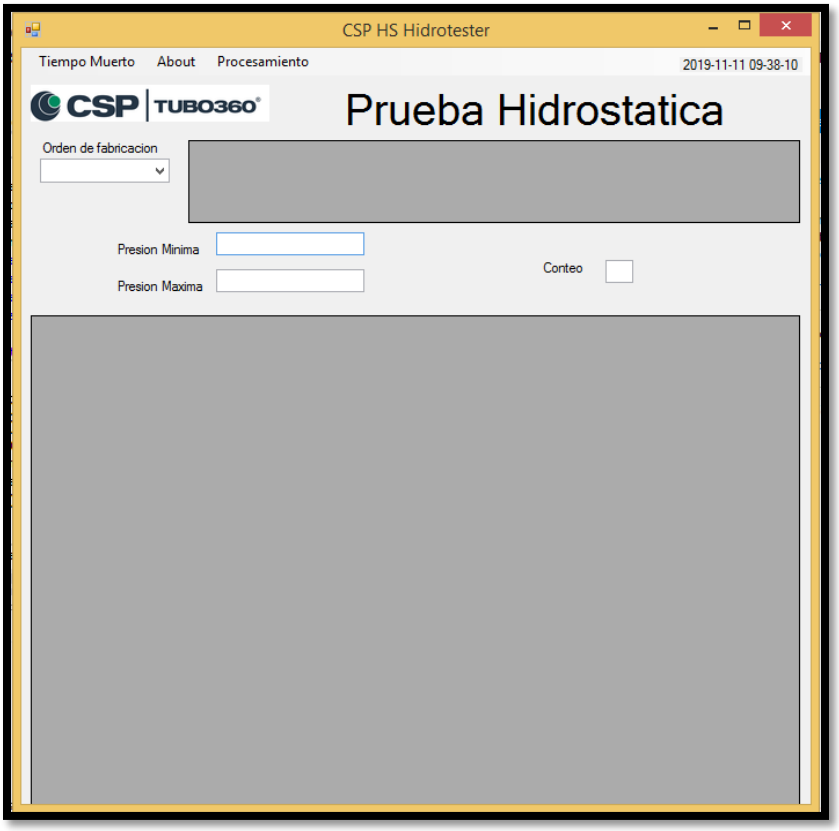

Figura 17. Prototipo de prueba hidrostática

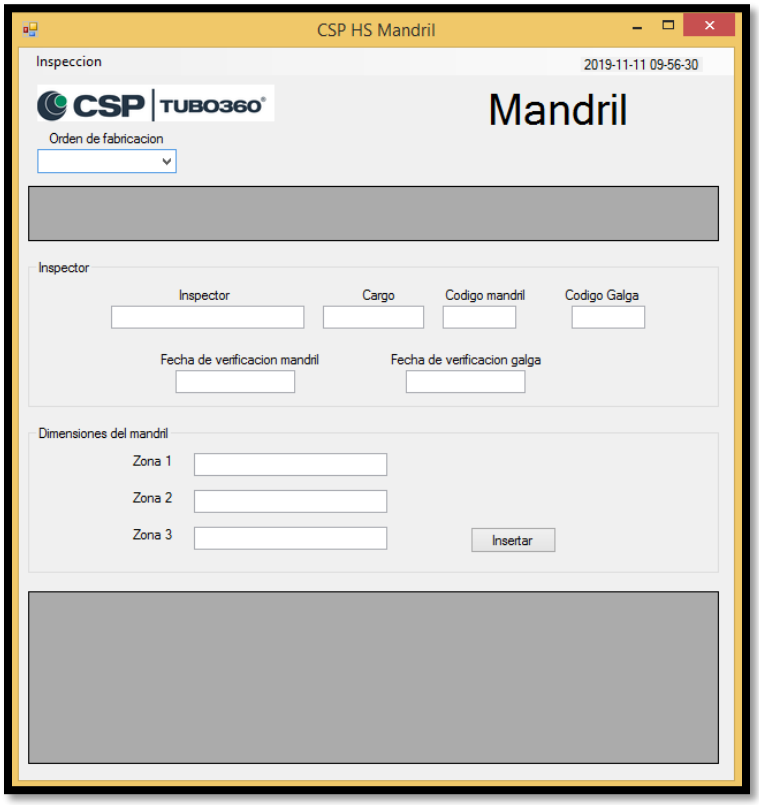

Figura 18. Prototipo de estación de pase de mandril

Figure 19. Prototipo de Estación de partículas Magnéticas

7. CONCLUSIONES

Se puede concluir que, el uso de este sistema de información beneficiará en gran medida a la inspección de productos de la planta, ya que este sistema de información mejora sustancialmente la productividad al mantener la integridad de la información y evitar la pérdida de tiempo en las consultas, en comparación con el método de registros en papel.

Sin embargo, es obligatorio que los inspectores lleven a cabo sus actividades de manera ordenada y eficiente. Un sistema de información para la trazabilidad, permite mantiene entorno de fácil acceso a la información, que facilita la adecuada toma de decisiones para conseguir una producción confiable, en la inspección de tubería.

Para garantizar la calidad óptima de los productos inspecciones, es necesario que la empresa que cuente con un sistema, como el propuesto, para proporcionar a los inspectores, información de todas las actividades involucradas en los procesos.

Para continuar con el trabajo, se debe medir a el impacto en la productividad, lleva la fase de implementación de este sistema, manteniendo la mejora continua a través de la identificación de eventos relacionados que perjudiquen o beneficien el funcionamiento del software, el uso de la minería de datos puede ayudar también a determinar la calidad de los productos, con base en los datos previamente almacenados.

Bibliografía

API 5CT. (2018). *API 5CT 10 EDITION.* USA: API ENERGY.

ASTM E213. (2014). *Standard Practice for Ultrasonic Testing of Metal Pipe and Tubing.* ASTM INTERNACIONAL.

ASTM E570. (2015). *Standard Practice for Flux Leakage Examination of Ferromagnetic Steel Tubular Product.* ASTM INTERNATICONAL.

ASTM E709. (2015). *Standard Guide for Magnetic Particle Testing.* ASTM International.