

**ANÁLISIS DE COBERTURA Y DEFECTOLOGIA DE UN OLEODUCTO USANDO  
HERRAMIENTAS SIG**

**ANDRES LEONARDO CORTÉS RAMIREZ  
CAROLINA PATIÑO MARTÍNEZ**



**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2016**

**ANÁLISIS DE COBERTURA Y DEFECTOLOGIA DE UN OLEODUCTO USANDO  
HERRAMIENTAS SIG**

ANDRES LEONARDO CORTÉS RAMIREZ  
CAROLINA PATIÑO MARTÍNEZ

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar  
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2016**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	13
1. ÁREA PROBLEMÁTICA.....	14
2. OBJETIVOS .....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. JUSTIFICACIÓN .....	16
4. MARCO TEÓRICO .....	17
4.1 OLEODUCTO .....	17
4.2 TIPOS DE SOLDADURAS .....	19
4.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	23
4.3.1 Componentes de un SIG .....	24
4.4 ANTECEDENTES.....	24
4.4.1 Plan De Contingencia Oleoducto Caño Limón – Coveñas.....	27
5. METODOLOGÍA.....	29
5.1 TIPO DE TRABAJO .....	29
5.2 PROCEDIMIENTO.....	29
5.2.1 Fase 1. Formulación del problema. ....	29
5.2.2 Fase 2. Recopilar y organizar la información .....	32
5.2.3 Fase 3. Diseño de la Base de Datos .....	32
5.2.4 Fase 4. Crear Shapefile .....	33
5.2.5 Fase 5. Implementación de la base de datos.....	34
5.2.6 Fase 6. Interfaz gráfica de los datos. ....	36
6. RESULTADOS .....	56
7. CONCLUSIONES.....	61
8. RECOMENDACIONES .....	62
BIBLIOGRAFÍA .....	63

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Acetileno .....	20
Figura 2. Unión roscada .....	20
Figura 3. Equipo de soldadura eléctrica .....	21
Figura 4. Soldadura manual .....	21
Figura 5. Soldadura automática .....	22
Figura 6 Soldadura de presión .....	22
Figura 7 Esquema metodológico .....	29
Figura 8 Matriz de Vester .....	31
Figura 9 Clasificación de Problemas .....	31
Figura 10 Creación bases de datos PostgreSQL .....	34
Figura 11. Poblado de base de datos .....	34
Figura 12. Consulta longitud Oleoducto en Python .....	35
Figura 13. Consulta longitud Oleoducto en SQL .....	36
Figura 14. Simbología .....	37
Figura 15. Orden de las capas .....	38
Figura 16. Shapefile puntos del levantamiento QGIS .....	39
Figura 17. Interpolación QGIS .....	39
Figura 18. Parámetros de interpolación QGIS .....	39
Figura 19. TIN QGIS .....	40
Figura 20. Área de influencia QGIS .....	40
Figura 21. Clipper TIN QGIS .....	40
Figura 22. TIN QGIS .....	41
Figura 23. Point sampling tool QGIS .....	41
Figura 24. Samplin resultante QGIS .....	42
Figura 25. Unión espacial QGIS .....	42
Figura 26. Selección capas a unir .....	43
Figura 27. Unión resultante .....	43
Figura 28. Resta de cotas QGIS .....	43
Figura 29. Selección elementos menores a 1.5m de cobertura QGIS .....	44
Figura 30. Exporta a nueva capa QGIS .....	44
Figura 31. Tubería clasificada por cobertura QGIS .....	44
Figura 32. Shapefile puntos del levantamiento ArcMap .....	45
Figura 33. Interpolación ArcMap .....	45
Figura 34. Parámetros de interpolación ArcMap .....	46
Figura 35. TIN ArcMap .....	46

Figura 36. Área de influencia ArcMap.....	46
Figura 37. Edit TIN ArcMap .....	47
Figura 38. TIN ArcMap .....	47
Figura 39. Interpolate shapefile ArcMap.....	48
Figura 40. Calculo de geometría ArcMap.....	48
Figura 41. Resta de cotas ArcMap .....	48
Figura 42. Selección elementos menores a 1.5m de cobertura ArcMap .....	49
Figura 43. Exporta a nueva capa ArcMap.....	49
Figura 44. Tubería clasificada por cobertura ArcMap .....	50
Figura 45. Consulta defectología PostgreSQL .....	50
Figura 46. Consulta juntas reparadas ArcMap .....	51
Figura 47. Consulta defectología QGIS.....	51
Figura 48. Resultado defectología QGIS.....	52
Figura 49. Representación defectología QGIS.....	52
Figura 50. Consulta defectología ArcMap .....	53
Figura 51. Resultado defectología ArcMap.....	53
Figura 52. Representación defectología ArcMap.....	54
Figura 53. Mapa general .....	54
Figura 54. Cobertura .....	55
Figura 55. Juntas reparadas.....	55
Figura 56. Colocación y tapado del tubo .....	56
Figura 57. Cobertura de tubería.....	58
Figura 58. Resultado defectología QGIS.....	58
Figura 59. Representación defectología QGIS.....	59
Figura 60. Resultado defectología ArcMap.....	59
Figura 61. Representación defectología ArcMap.....	60

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Simbología .....	37
Tabla 2 Análisis resumen de coberturas .....	57

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A MODELO RELACIONAL .....	64
ANEXO B NORMA NIO 0606 .....	65

## GLOSARIO

**Brida:** Elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías, y permite ser desmontado con facilidad sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos (tornillos) de unión, están destinadas a permitir la unión de las partes que conforman líneas de tubería, ya sean tubería, válvulas, bombas u otro equipo que forme parte de estas instalaciones<sup>1</sup>.

**Defectología:** Indicador de juntas reparadas, número de juntas reparadas dividido la cantidad de juntas soldadas, el resultado es expresado en porcentaje.

**DDV:** Derecho de vía, parte del suelo, generalmente de propiedad privada en el que el uso del mismo está limitado por una reglamentación local o nacional, son franjas de terreno por donde pasan infraestructuras como oleoductos o líneas de transmisión de energía.<sup>2</sup>

**Espigo campana:** es una unión con un extremo expandido al que se le llama campan que es adherida a otro extremo sin expandir, este sistema de unión requiere pegante antes de su instalación.

**Grado tubo (SMYS 24 ksi):** Es la designación de calidad tubería proveniente de las normas API Spec 5L Especificaciones para Tubos. Tubos estándar tiene grado designación A y B. grados más fuertes tienen la designación X seguido del límite elástico mínimo especificado del tubo de acero, medida en kilopondios por pulgada cuadrada (ksi abreviado), por ejemplo, X60 para la tubería que tiene un límite elástico mínimo de 60 ksi. Véase la siguiente tabla para los grados disponibles estándar.

**Gasoducto:** ensamblaje de tubos de acero de alta resistencia, construidos enterrados bajo tierra y se utilizan para transportar gas a alta presión.

**Lastrado:** Recubrimiento en concreto que se le realiza a la tubería para evitar que flote, se instala en sectores donde el nivel freático es alto como zonas de inundación o cruces de cuerpos de agua.

**Líneas de flujo:** Tubería que transporta petróleo, gas, agua o diferentes fluidos, que conecta un pozo con instalaciones de producción.

---

<sup>1</sup> (2011). Brida - Wikipedia, la enciclopedia libre. Retrieved July 6, 2016, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Brida>.

<sup>2</sup> (2014). Servidumbre de tránsito - Wikipedia, la enciclopedia libre. Retrieved July 6, 2016, from [https://es.wikipedia.org/wiki/Servidumbre\\_de\\_tr%C3%A1nsito](https://es.wikipedia.org/wiki/Servidumbre_de_tr%C3%A1nsito).



**Mampostería:** Es un sistema de construcción que consiste en erigir muros y paramentos mediante la colocación manual los materiales que los componen, estos pueden ser, ladrillos, bloques de cemento prefabricados piedras.<sup>3</sup>

**Normas API:** Son la normas del Instituto Americano del Petróleo, el cual define una serie de exigencias mínimas que los lubricantes deben cumplir.

**Poliducto:** Tuberías para transportar productos refinados derivados del petróleo desde las plantas a los centros de distribución

**Protección catódica:** En una técnica que se utiliza para prevenir la corrosión del metal, los tipos de protección catódica son PC galvánica, PC por corriente forzada y acero galvanizado<sup>4</sup>.

**Pruebas END:** Las pruebas no destructivas es un tipo de prueba que se le realiza a un material y que no altere de forma permanente sus propiedades, mecánicas, químicas, físicas, o dimensionales, los métodos usados para este caso serán Rayos X “Rx” y Ultrasonido.

**Rating:** Calificación, hace referencia a la clase de tubo según el estándar de la ASME/ANSI, el valor del rating se refiere en concreto a la resistencia del tubo en libras por pulgada cuadrada.

**Revestimiento:** (Coating), es un material que es puesto sobre la superficie de la tubería, para mejorar las propiedades de la tubería, como aspecto, adhesión, resistencia a la corrosión, resistencia la desgaste o a las ralladuras. Estos revestimientos para tubería incluyen sistemas epoxy de adhesión por fusión (Fusion Bonded Epoxy o FBE) y sistemas de polietileno / polipropileno tricapa.

**Tubería:** Conducto que cumple la función de transportar algún fluido, dependiendo del producto que transporta puede tener un nombre específico como oleoducto, gasoducto, acueducto, etc.

**Venteo:** Dispositivo utilizado para evitar que las líneas de flujo sufran roturas ante elevaciones de presiones excesivas expulsando gas el contenido a la atmósfera.

---

<sup>3</sup> (2011). Mampostería - Wikipedia, la enciclopedia libre. Retrieved July 6, 2016, from <https://es.wikipedia.org/wiki/Mamposter%C3%ADa>.

<sup>4</sup> (2011). Protección catódica - Wikipedia, la enciclopedia libre. Retrieved July 6, 2016, from [https://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n\\_cat%C3%B3dica](https://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n_cat%C3%B3dica).

## RESUMEN

El presente trabajo describe el análisis de la cobertura y defectología de un oleoducto, de acuerdo con las normas NIO, partiendo de información disponible previamente tan solo en hojas de cálculo, haciendo uso de herramientas de sistemas de información geográfica. Iniciando con la creación de una base de datos geográfica la cual permite georeferenciar los puntos donde se ha ubicado el oleoducto, se finaliza con la publicación de mapas temáticos con el fin de que los usuarios puedan visualizar la información de una manera fácil y no requieran conocimientos de algún software, permitiéndole a los usuarios internos de la empresa estar actualizados con el proceso que se está llevando a cabo en campo y la calidad con la que se está realizando el oleoducto.

Para este caso en particular, el oleoducto consta de 2672 tubos los cuales 46 cuentan con una cobertura menor a 1,20m y 406 se encuentran entre 1,20m y 1,50m dando un total de 450 tubos que corresponden al 16,91% de tubería instalada fuera del estándar según norma NIO-0600. Este trabajo permitió concluir que el índice de defectología es bastante alto dado que se encuentra en el 5,49% el cual supera el valor establecido por el cliente del 5%, esto se debe a que el 47,3% de los soldadores contratados superan el porcentaje solicitado.

Palabras claves: Información, geodatabase, modelo relacional, sistema de información geográfica, oleoducto.

## ABSTRACT

This paper describes the analysis of coverage and defectology of a pipeline, according to the NIO standards, based on information previously available only in spreadsheets, using tools of geographic information systems. Starting with the creation of a geographical database which allows georeferencing points where it has located the pipeline ends with the publication of thematic maps so that users can view the information in an easy way and do not require knowledge some software, allowing internal enterprise users to be updated with the process being carried out in the field and the quality with which the pipeline is being made.

For this particular case, the pipeline consists of 2672 tubes 46 which have a less than 1.20m coverage and 406 are between 1.20m and 1.50m for a total of 450 tubes corresponding to 16.91% of pipe installed outside NIO-0600 standard. This work led to the conclusion that the rate is quite high given defectology found in 5.49% which exceeds the value set by the customer 5%, this is because 47.3% of the contracted exceed welders the percentage requested.

**KEYWORDS:** Information, Geodatabase, relational model, GIS, pipeline

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está enfocado al análisis de cobertura y defectología de un oleoducto por medio de herramientas SIG dado que con el avance de la tecnología, el manejo y acceso a la información se ha convertido en una parte muy importante para las empresas. El histórico de los datos es una herramienta esencial para la toma de decisiones ya que con estos se puede prever el futuro y realizar correcciones de forma oportuna.

La empresa dedicada a la construcción de líneas de flujo, oleoductos, gasoductos y poliductos, para ellos es de vital importancia conocer la cobertura y defectología de las líneas durante la construcción, para realizar el seguimiento del proceso de calidad de acuerdo a las normas NIO, la cual dice que la tubería debe tener una profundidad de 1,50 metros y el índice de defectología impuesto por el cliente no debe superar el 5%.

Para dar solución a la problemática se utilizaron las siguientes herramientas, ArcMap, QGIS y PostGIS, las cuales permiten almacenar la información en una base de datos y ser visualizada en mapas temáticos para facilitar la interpretación.

## 1. ÁREA PROBLEMÁTICA

Los oleoductos son la manera más rápida de transportar grandes cantidades de petróleo a menor costo. Los oleoductos de tubería de acero son construidos uniendo una serie de tubos del diámetro que se requiera y que han sido llevados al lugar del tendido, la unión es mediante juntas soldadas.

La empresa esta dedicada a la construcción de oleoductos, y ha desarrollado proyectos de líneas de flujo desde 1989 para clientes privados y públicos, superando 3.500 kilómetros de tubería instalada en el territorio nacional. En la actualidad la información y trazabilidad de la tubería instalada se almacena en hojas de cálculo según la necesidad de cada dependencia, es decir la información se encuentra dispersa generando reproceso al momento de consulta de información y dificultades para llevar el control eficiente de las actividades correctivas, también todo este proceso provoca duplicidad, alteraciones e incoherencias en la información, por lo cual en el momento de una consulta posterior se pueden presentar fallas.

Adicionalmente la información se encuentra desprotegida es decir, se encuentra en formatos de fácil acceso y sin delimitación de usuarios con el fin de restringir el uso de esta dando pie a ser utilizada con tipos de personas que tengan malas intenciones. El dossier<sup>5</sup> de cada una de las líneas de flujo construidas hasta el momento no se ha almacenado en algún servidor que respalde esta información. En la actualidad los datos de construcción son almacenados en discos duros locales que luego son llevados al archivo muerto donde es difícil recuperar la información en caso de consultas por el cliente, el acceso a la información es limitado debido a la poca comunicación entre departamentos y la información geográfica no se integra al proceso del dossier permitiendo la pérdida de valor en la información geográfica. En resumen, los principales interrogantes que busca solventar este proyecto son:

¿Cómo por medio de mapas temáticos se puede visualizar los puntos que no cumplen con las normas NIO en cuanto a la cobertura y defectología?

¿Cómo por medio de una Base de datos geográfica se puede almacenar la información del oleoducto?

---

<sup>5</sup> Dossier: Se llama dossier a un conjunto de documentos, planes, procedimientos, informes, registro, que incluye toda la información requerida sobre un tema concreto. Por lo general, estos documentos suelen ir archivados en carpetas o archivadores, y una vez completado el dossier, se guarda o archiva como una única unidad documental para su posible consulta futura.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar las coberturas y juntas reparadas de un oleoducto mediante procesos SIG

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la problemática existente, diseñar el modelo relacional con base en el análisis realizado y construir las base de datos en PostGIS y ArcMap.
- Determinar la cobertura del oleoducto por medio de un geoproceto y realizar el análisis de la información en ArcMap y QGIS.
- Determinar las juntas reparadas del oleoducto por medio de consultas y realizar el análisis de información.
- Construir mapas temáticos WEB para la consulta del usuario final

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Hoy en día las empresas deben tener su información sistematizada y georreferenciada permitiendo tener toda esta de una manera más rápida e ilustrada. Muchas de estas empresas, aún no dimensionan la importancia de contar con un sistema de información geográfica y los beneficios que estos traen para la empresa, teniendo en cuenta que aunque los costos a la hora de implementarlos son un poco altos.

La idea de implementar este SIG es para la toma de decisiones de una manera más ágil, que permita realizar algún tipo de análisis donde involucren procesos inherentes a las actividades de construcción de oleoductos, hoy en día todas las empresas están apuntando a que la información esté en un lugar seguro, asequible y se pueda interpretar de una manera más visual.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 OLEODUCTO

Los oleoductos son un ensamblaje de tubos de acero, pueden ser construidos sobre la superficie o enterrados bajo tierra y se utilizan para transportar petróleo. Para el desarrollo de un proyecto de oleoducto se deben tener las siguientes etapas:

- Los estudios de factibilidad.
- Estudios de detalle.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento

**Estudios de factibilidad:** Comprenden por una parte la evaluación de la producción y el análisis de demanda del producto, y por otra el estimativo de los costos de inversión y de transporte, asociados respectivamente con la factibilidad técnica de la infraestructura requerida y con los gastos de operación.

**Estudio de detalle:** Definida la factibilidad del proyecto se procede a la elaboración de ingeniería de detalle que incluye:

- Definición y trazado de la ruta.
- Diseño hidráulico.
- Diseño de la protección contra corrosión.

Las dos primeras etapas deben trabajarse en forma paralela y coordinada, debido a que una variación de la primera acarrea modificaciones en la segunda. En relación con el diseño de la protección contra corrosión, se puede realizar en esta etapa, pero en muchas ocasiones se realiza en la construcción de la obra.

El estudio de detalle permite definir las características típicas de la obra, cuantificar la magnitud de las protecciones requeridas y precisar en el estimativo del costo de construcción para solicitar presupuestos apropiados de mayor confiabilidad.

**Construcción:** Una vez la factibilidad de la obra de vía libre al proyecto y se ejecuten los estudios de ingeniería de detalle, se procede a la contratación y construcción de la obra.

Dentro de la construcción un oleoducto están involucrados diferentes agentes que son el propietario del proyecto, el constructor, la interventoría como representante del dueño y las comunidades a lo largo de la línea.



Las diferentes fases de construcción de un oleoducto son las siguientes:

- Derecho de vía: Pista o franja de terreno que se conforma por el tránsito de equipos, transporte de tuberías y suministros, el ancho depende de la topografía, tipos de cultivos afectados y diámetro de la tubería a instalar. Usualmente esta entre 12 y 25 metros.
- Limpieza y revestimiento de la tubería: Recubrimiento que se le aplica a la tubería para protegerla contra los efectos corrosivos del suelo. Antes del recubrimiento se somete a la limpieza para eliminar la oxidación y otras impurezas que afectan la adherencia del revestimiento, en nuestro medio los revestimientos más comunes son el alquitrán de hulla, recubrimientos asfálticos, cintas y polvo epóxico.
- Zanja: Anteriormente se trabajaban las tuberías en superficie, pero hoy en día se entierran buscando la recuperación del suelo y la no obstaculización de actividades agrícolas y ganaderas, además de ganar seguridad. Las proporciones de la zanja son función del tipo de terreno y la dimensión de la tubería. Normalmente son entre 0.9 m y 1.5 m de profundidad. Ver Anexo B Norma NIO-0606
- Transporte y Tendido: Deben tenerse en cuenta para la movilización de los equipos y materiales, las distancias a recorrer y el estado de las carreteras existentes, o la posible realización de nuevos accesos hacia el derecho de la vía. La longitud media de cada tubo es de 12 m, con un peso que depende del diámetro y del espesor.
- Doblado: Operación que permite acomodar la tubería al perfil del terreno, ya sea en el fondo de la zanja o en los lugares donde se decide dejar superficial. El número de grados de deflexión que permite un tubo, depende de su diámetro, longitud, espesor y resistencia a la fluencia.
- Soldadura: Al soldar los tubos se conforma lo que se denomina una "lingada". En nuestro medio el proceso de soldadura se realiza de forma manual uniendo los tubos por cordones o pases completos de forma perimetral.
- Bajado y tapado: Después de la revisión que determina el buen estado del tubo se procede al bajado a la zanja, antes acondicionada con obras de protección que controlen procesos de erosión por flujos de escorrentía al interior de la misma. Luego se precede al tapado.

- Prueba Hidrostática: Ensayo que se realiza para darle la aceptación a la tubería soldada. Se llena con agua tramos de tubería y se presuriza con valores de presión por encima de la presión estimada de operación.
- Protección Catódica: Sistema de refuerzo de la protección contra corrosión de la tubería. Consiste en establecer un flujo de corriente entre la tubería y elementos denominados ánodos de sacrificio que lleva a la descomposición de estos y no de la línea.
- Limpieza final: Es la reconfiguración del sector a las condiciones similares a las existentes antes de la obra. Se restauran cercas y broches, se limpian cauces naturales, se restituyen márgenes adecuándoles obras de protección y zonas susceptibles de erosión.

**Operación y mantenimiento:** Dentro de la ingeniería del proyecto y después de la construcción de la obra se encuentran las labores de operación y mantenimiento.

Dentro de la operación, que es la utilización del sistema, se deben controlar las presiones de succión y descarga de los equipos, la tasa de bombeo, las temperaturas, la viscosidad, etc. De manera tal que se tenga un dominio total sobre los crudos y los refinados desde el punto de origen hasta el de llegada.

En cambio, el mantenimiento son las labores que se realizan para buscar la conservación de la infraestructura. El mantenimiento puede ser de tipo mecánico cuando las acciones se encaminan a los aspectos del mismo tubo (efectuar variantes, reposición de tubería, refuerzo de protección contra corrosión, etc.), o civil en los casos en que se acometen obras de prevención o corrección de fenómenos de inestabilidad sobre el derecho de vía que podría poner en peligro la operación de la línea.

## 4.2 TIPOS DE SOLDADURAS

La soldadura es el proceso de unión de dos o más elementos generalmente metales o termoplásticos logrado a través de la fusión, en el cual las piezas son unidas con un material de aporte *soldadura* la cual al fundirse hace la una unión entre las piezas a soldar, que al enfriarse forma un cordón.

El tipo de la fuente de calor es decir la forma de producir la fusión es la que describe el tipo de soldadura las cuales se agrupan en tres categorías, soldadura fuerte "Welding" y las soldaduras débiles Soldering y Brazing. (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2008).

- Acetileno: es un tipo de soldadura que puede ser homogénea o heterogénea dependiendo si el material aportante es igual o no al de la base, en esta se usa un soplete que utiliza acetileno como combustible y oxígeno como carburante, en el proceso de combustión se produce una llama azul celeste que llega a altas temperaturas y logra soldar cobre, acero, aluminio, etc.



Figura 1. Acetileno

Ferretería Ferrsada, S.L. (2009). Rothenberguer Roxi – Kit 120 Equipo Portátil De Soldadura Autógena]. Recuperado de <http://www.bricolandia.es/rothenberguer-roxi-kit-120-equipo-portatil-de-soldadura-autogena/>

- Acoplamiento Roscado: esta permite el montaje y desmontaje de elementos y siempre trabaja asociado a un orificio roscado que describe una trayectoria cilíndrica helicoidal.



Figura 2. Unión roscada

Alibaba.com Site: International. (2016). Npt threaded coupling Recuperado de [https://spanish.alibaba.com/promotion/promotion\\_npt-threaded-coupling-promotion-list.html](https://spanish.alibaba.com/promotion/promotion_npt-threaded-coupling-promotion-list.html)

- Eléctrica: Es un proceso termoeléctrico en el que se genera calor por medio del paso de corriente eléctrica por las piezas a soldarse, los materiales se unen sin necesidad de un material aportante es decir sólo por aplicación de presión y

corriente eléctrica entre los materiales a soldar. La corriente eléctrica que pasa a través de ellos calienta los materiales en el punto de contacto de estos y los derrite, el material fundido fluye entre las dos piezas y se unen, al quitar la corriente el material fundido se solidifica formando la conexión entre las piezas.

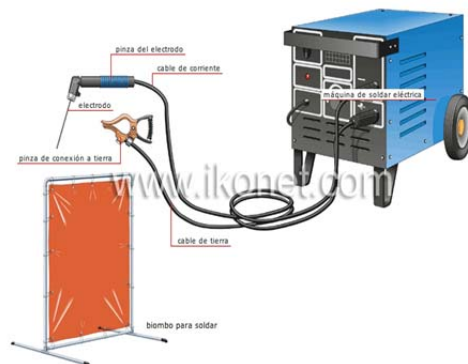


Figura 3. Equipo de soldadura eléctrica

QA INTERNATIONAL . (2016). Bricolaje y jardinería bricolaje herramientas de soldadura equipo de soldadura eléctrica imagen - Diccionario Visual.. Recuperado de <http://www.ikonet.com/es/diccionariovisual/bricolaje-y-jardineria/bricolaje/herramientas-de-soldadura/equipo-de-soldadura-electrica.php>

- Por Arco: Mediante una corriente eléctrica se forma un arco eléctrico entre el material a soldar y el electrodo produciendo una fusión entre los dos, los electrodos suelen ser de acero suave revestidos con material fundente para evitar la oxidación del material fundido.



Figura 4. Soldadura manual

Wikipedia. (2016). Soldadura manual de metal por arco. Recuperado de [http://rachel.golearn.us/modules/es-wikipedia\\_for\\_schools/wp/s/Shielded\\_metal\\_arc\\_welding.htm](http://rachel.golearn.us/modules/es-wikipedia_for_schools/wp/s/Shielded_metal_arc_welding.htm)

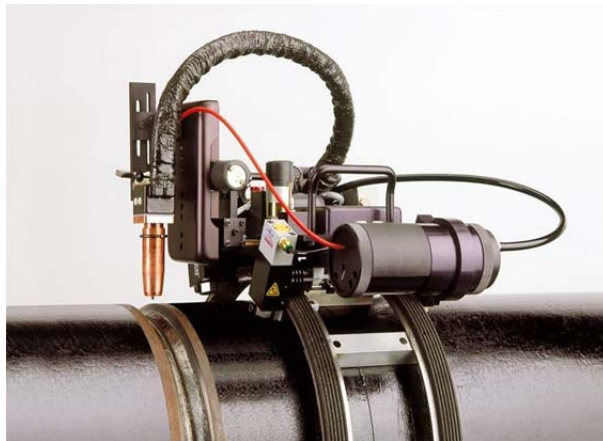


Figura 5. Soldadura automática

Demaquinasyherramientas (2014). Introducción al proceso de “piping”. Recuperado de <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/introduccion-al-proceso-de-piping>

- Por Presión: Este proceso se realiza aplicando calor al metal sin llevarlo al estado de fusión y dejarlo en su estado plástico. El material al estar en estado plástico se procede a unir los dos materiales a presión.

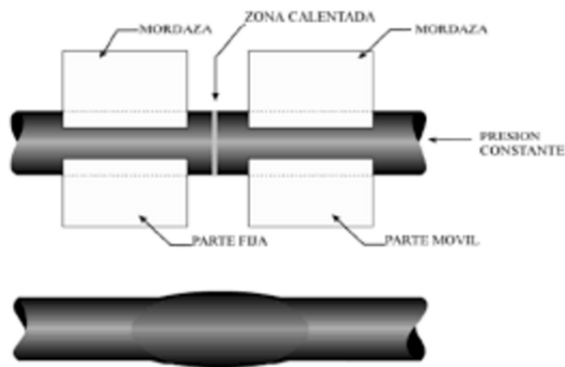


Figura 6 Soldadura de presión

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. (2016). 10. Soldadura. Recuperado de <http://blog.utp.edu.co/metalografia/10-soldadura-10-1-procesos-de-soldadura/>

Válvula: Es un dispositivo mecánico destinado a controlar, retener, regular o dar paso a un fluido. Básicamente la válvula es un ensamblaje compuesto de un cuerpo que se conecta a una tubería, y de un obturador operado por un accionamiento, que impide el paso del fluido cuando está en posición de cierre en contacto con los sellos.

Además, éstas pueden llevar incorporadas una serie de accesorios como posicionadores, transductores, reguladores de presión, etc. que proporcionan información y facilitan también la automatización de la válvula.

Existen diferentes tipos de válvulas como: Válvula de Aguja, Válvula de alivio de presión, Válvula de Ángulo, Válvula de Bloqueo, Válvula de Bola, Válvula de Cheque Válvula de Compuerta, Válvula de Control, Válvula de doble sello, Válvula de Globo, Válvula de Mariposa, Válvula de Purga.

### **4.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

ESRI define a un SIG como: “Un sistema de información geográfica es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información:”

- Mapas interactivos: Los mapas interactivos permiten tener una visión sobre el mundo real e interactuar con la información geográfica para dar respuestas a cuestiones concretas.
- Datos geográficos: en las bases de datos se debe incluir información vectorial y raster, modelos digitales del terreno redes lineales, información procedente de estudios topográficos, topologías y atributos.
- Modelos de Geoprocesamiento: “Son flujos de procesos que permiten automatizar tareas que se repiten con frecuencia, pudiendo enlazar unos modelos con otros.”(ESRI)
- Modelo de datos: al elaborar un modelo de datos se debe pensar más allá de un conjunto de tablas. En este se debe tener en cuenta al igual que en otros sistemas de información las reglas de comportamiento e integridad de la información. Tanto el esquema, como el comportamiento y las reglas de integridad de la información geográfica juegan un papel fundamental en un Sistema de Información Geográfica.
- Metadatos: Son los datos que describen la información geográfica, facilitando información como propietario, formato, sistema de coordenadas, extensión, entre otros de la información geográfica.

### 4.3.1 Componentes de un SIG

Con el fin de conocer a profundidad el funcionamiento de un SIG es importante tener en cuenta sus componentes:

- **Hardware:** es el conjunto de elementos y periféricos físicos de la computadora, pueden ser computadores personales, estaciones de trabajo y servidores.
- **Software:** Es conjunto de programas que permite a la computadora realizar las funciones que el usuario necesita para poder almacenar, procesar, analizar, y mostrar la información geográfica.
- **Datos:** son una de las partes más significativas de los sistemas de información, es de vital importancia que esos sean precisos. En sistemas de información los datos pueden ser vectoriales, raster, imágenes, etc.
- **Recurso Humano:** Para que las tecnologías funcionen es indispensable tener personas que administren el sistema y desarrollen planes para su aplicación.
- **Métodos:** Son las diferentes metodologías basada en reglas específicas (estándares y procedimientos) para satisfacer las necesidades de una aplicación del SIG

### 4.4 ANTECEDENTES

Anteriormente el trabajo de los SIG para la solución de problemas con relación a la gestión de datos y tubería se trabajaba en una plataforma CAD utilizando archivos de bases de datos, pero todo ha ido progresando tan rápidamente hasta llegar a almacenar toda esta información en un motor de base de datos que permite guardar millones de registros y mantener la información segura y con rápido acceso sobre la tubería instalada.

En la actualidad se ha venido buscando cómo diseñar un sistema que resuelva de forma más eficiente replicar los sistemas de medición de tuberías en forma de referenciación lineal, la solución que se se analizando es que las tuberías parten de un lugar central común y llegan a otro lugar.

Según (Allen, 2015), con el fin de definir un futuro de la tubería en los SIG, se creó The ArcGIS Location Referencing for Pipelines (ALRP) el cual busca resolver los problemas

de gestión que se ha venido presentando con los datos de las tuberías. ALRP funcionará de la siguiente manera: se moverá la columna vertebral de referencia geométrica y el revestimiento en el Geodatabase, algunos de los datos de gestión de tubería ahora va a ser incrustados en ArcGIS Pro, lo que hace que se sustituyan algunas herramientas porque lo que se hace es sincronizar los objetos y lineales de referencia de objetos espaciales.

Los sistemas de Información geográfica (SIG) provee información espacial, estos combinan la tecnología informática y los datos geográficos, proporcionando información útil para la planificación y toma de decisiones de las empresas. Hoy en día hacer que las empresas desarrollen un sistema de información geográfica se está convirtiendo en la tendencia de toda compañía en el sector energético, mediante el uso de las técnica de los Sistemas de Información Geográfico para almacenar, gestionar y actualizar la base de datos de redes de ductos, utilizando tecnología como el GPS, la operación del SIG y la tecnología espacial permite al usuario almacenar, recuperar información y proporcionar apoyo técnico eficaz para la gestión de oleoductos.

Los datos de los ductos son un conjunto de datos básicos de una red, sus características generales se basan en su estructura que incluye segmento y nodo. La entidad nodo como válvulas, drenajes, venteos, etc. incluye información como cambio de diámetro y punto de intersección, el segmento expresa la sección de la tubería entre nodos (Juntas) adyacentes.

Los datos del sistema de información geográfica incluyen dos partes, los datos espaciales y de atributos de datos. Los datos espaciales describen la posición en el espacio de formas geométricas y otra relación entre espacio y objeto, tales como punto, línea, polígono, los atributos de datos describen los datos que tienen una relación directa con lo espacial, como lo son el número, el nombre, longitud, diámetro, material de la tubería y muchos más atributos. En el sistema de tubería debido a la gran cantidad de datos se guardan en bases de datos relacionales y los datos se expresan mediante un mapa.

Al comprender plenamente las necesidades de las compañías se estructura el sistema SIG. Cuando se utiliza un sistema SIG se mejora la eficiencia en gestión, proporciona los recursos adecuados, suministra información oportuna y promueve el desarrollo.

ArcGIS Pipe Data Model (APDM) es el Modelo de datos creado por ESRI, el modelo de datos está diseñado para almacenar información relativa a las características y condiciones que se encuentran a lo largo de las tuberías. La APDM fue diseñada expresamente como Geodatabase para su uso en ArcGIS Desktop, esta geodatabase se construyó en base a objeto-relacional para el almacenamiento y gestión de datos



geográficos como características dentro de un sistema de gestión de base de datos relacional estándar de la industria del petróleo. La APDM se encuentra ahora en la versión 6.0. y ha estado en existencia como un modelo de datos Pipeline publicado desde julio de 2001 y es una plantilla, no una norma, “no existe una organización de gobierno que ha aprobado oficialmente la APDM como estándar” (APDM.net).

PetroChina inició su proyecto de gestión en integridad de tubería en el 2005, a medida que avanzó el proyecto se dieron cuenta que la estructura del modelo de datos de tubería servía para muchos tipos de análisis. Ellos necesitaban un modelo de datos para organizar la información de la tubería, entonces la compañía eligió ArcGIS Pipeline Data Model (APDM), de los modelos de datos disponibles son el estándar abierto de datos de tubería PODS, el modelos de ArcGIS APDM, el modelo de análisis espacial integrado ISAT y el estándar de la industria de tubería de gestión de datos. ISPDM. (Li, Tan, Zhou, & Yu, 2009,p.1), la mayoría de los operadores del sector petrolero ha seleccionado PODS o APDM

El modelo PODS comenzó con una GDB modesta PODS 2.0 en el 2001, pero para el 2007 ya se contaba con una geodatabase más completa con la versión PODS 4.01, en este modelo se incluyen capas para la ubicación de tuberías e instalaciones con características geográficas, inspección de líneas, protección catódica, inspecciones físicas, PODS cuenta con las siguientes características.

- Un modelo de datos de tuberías integral que se utiliza principalmente para las operaciones y la gestión de la integridad, sino que incluye todas las áreas de la información relacionada con una tubería.
- Es diseñado para gas, líquidos, recolección, distribución y líneas de transmisión.
- Tiene un estándar abierto.
- Posee una propiedad intelectual de la Asociación PODS.
- Es diseñado por miembros PODS - líderes de la industria que trabajan como voluntarios en el comité técnico y de grupos de trabajo.

El modelo de datos APDM fue iniciado por Mj H arden en el 2001 con la versión APDM 1.0 lanzada en Julio de 2003, en la conferencia internacional ESRI, la versión APDM 4.0 se encuentra en libertad de uso pero siendo una versión obsoleta ya que existe la versión 6.0, La características de APDM son las siguientes:

- Una plantilla de datos de tubería integral gestionado por APDM

- Es diseñado para la gestión de una línea central de tuberías para apoyar a las instalaciones, la integridad y la gestión operativa.
- Diseñado para sistemas de líquidos de gas, las líneas de recolección, distribución y transmisión.
- Es una plantilla abierta.
- La propiedad intelectual de ESRI.
- Es diseñado por el Comité Técnico APDM.

APDM y PODS son modelos que ofrecen diferentes opciones para satisfacer las necesidades de las compañías, los modelos APDM y PODS se diseñaron específicamente para la industria de la tubería y existen similitudes entre los modelos:

- Apoyar el mismo tipo de tuberías - la transmisión y la recolección, líquidos o gas.
- Apoyar el uso de la referencia lineal y las coordenadas absolutas para localizar características.
- Están a cargo de los grupos técnicos y administrativos integrados por los operadores, consultores y proveedores.
- Son SIG.

Las diferencias entre los modelos incluyen lo siguiente:

- APDM es una GDB que no ha sido aprobada por ningún organismo de la industria.
- PODS es un estándar certificado.
- APDM es una base de datos geográficos de ESRI, y por lo tanto tiene SIG integrado en el modelo. Su implementación es estándar y generalmente involucran los mismos tipos de tecnología (lineal referenciarían / topología), mientras que el modelo PODS es un sistema de gestión de bases de datos relacionales sin funcionalidad SIG inherente. Almacena la referencia lineal y coordina información en tablas

#### **4.4.1 Plan De Contingencia Oleoducto Caño Limón – Coveñas**

Ecopetrol es una empresa dedicada a las actividades comerciales o industriales correspondientes o relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos.

Para Ecopetrol es muy importante la comunidad y los entornos ecológicos, es por ello que su objetivo para este proyecto es la actualización del Plan de Contingencia del Oleoducto Caño Limón Coveñas, las Plantas de la Asociación Cravo Norte y Terminal Marítimo costa afuera de Coveñas. El contrato también incluía levantamiento topográfico de la línea y la actualización cartográfica con sensores remotos y fotografías aéreas. (MPSIG, 2014).

Los planes de contingencia son unas medidas que se tienen cuando en algún momento se produce una alteración en el funcionamiento, en el caso de los oleoductos puede ser un derrame de hidrocarburo o un incendio.

El Oleoducto Caño Limón Coveñas, contaba con un Plan de Contingencia desactualizado y con información geográfica incompleta. La información que se tenía no permitía obtener información precisa para los cálculos técnicos requeridos como: volúmenes de derrame, localización de las corrientes de agua, poblaciones y elementos ambientalmente vulnerables con respecto al kilometraje de la línea (MPSIG, 2014).

Al realizar el proyecto se mejoró la captura, almacenamiento y procesamiento de información geográfica, realizando desarrollos específicos utilizando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, logrando obtener cálculos rápidos y precisos, las consultas las podían realizar personas ajenas al tema, además de evitar y minimizar la posibilidad de que los riesgos se produzcan y tomar decisiones en menor tiempo.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 TIPO DE TRABAJO

Para lograr el Análisis de Calidad de un Oleoducto usando herramientas SIG, se debe contar el conocimiento del método constructivo, base de datos y cartografía, estos elementos son integrados en un SIG. El tipo de trabajo está enfocado a un análisis de la información que nos proporciona un desarrollo tecnológico, para el planteamiento metodológico y se realizó en las siguientes etapas:

1. Formulación del problema.
2. Recopilar y organizar la información
3. Diseño de la Base de Datos
4. Depurar y validar el diseño de la base de datos
5. Implementación de la base de datos
6. Interfaz gráfica de los datos

### 5.2 PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo del análisis de calidad se planteó el siguiente esquema metodológico.

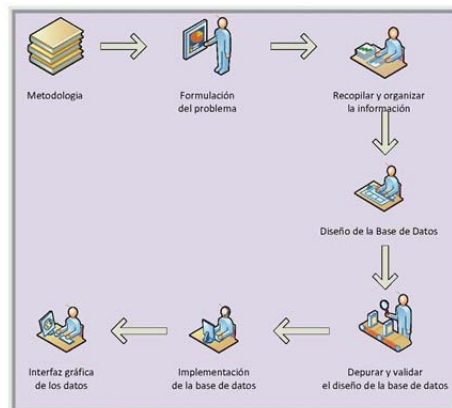


Figura 7 Esquema metodológico  
Fuente: Elaboración propia

**5.2.1 Fase 1. Formulación del problema.** En esta fase se realizó un análisis del estado de la empresa y se describió de manera concisa la situación actual, identificando cada uno de los problemas.

- **Actividad 1.** Diseñar instrumento de recolección de información.

Se procedió a elaborar un formato de entrevista con unas preguntas puntuales que sirvieron como apoyo para la identificación del problema.

- **Actividad 2.** Acordar una fecha para la aplicación del instrumento.

En esta actividad se acordó una reunión con los Ingenieros del área de SIG de la empresa, también es uno de los integrantes del proyecto y es quien conoce las dificultades y fortalezas que tiene la empresa en este momento.

- **Actividad 3.** Analizar la información

En esta actividad se realizó un análisis de la entrevista y se procedió a identificar unos problemas los cuales se describen a continuación:

- a. Información dispersa
- b. Falta de seguridad de la información
- c. Difícil acceso a la información
- d. Desconocimiento de la defectología
- e. Desconocimientos de las coberturas
- f. Poca comunicación entre los departamentos
- g. La información no se puede visualizar en planos
- h. almacenamientos en formatos físicos
- i. Dificultad para consultas
- j. Falta de análisis de calidad

Teniendo identificado los problemas se realizó la matriz de Vester con el fin de identificar los problemas pasivos y los activos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	...
A		2	3	1	2	0	2	0	3	3	16
B	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0		2	2	1	3	0	3	3	14
D	0	0	0		0	0	0	0	0	2	2
E	0	0	0	0		0	1	0	0	1	2
F	3	3	3	3	3		2	0	1	2	20
G	0	0	0	0	1	0		0	1	1	3
H	3	3	3	2	2	0	3		3	3	22
I	0	0	0	3	3	0	2	0		2	10
J	0	0	0	3	3	0	1	0	0		7
...	6	8	9	14	16	1	14	0	11	17	

Figura 8 Matriz de Vester  
 Fuente: Elaboración propia

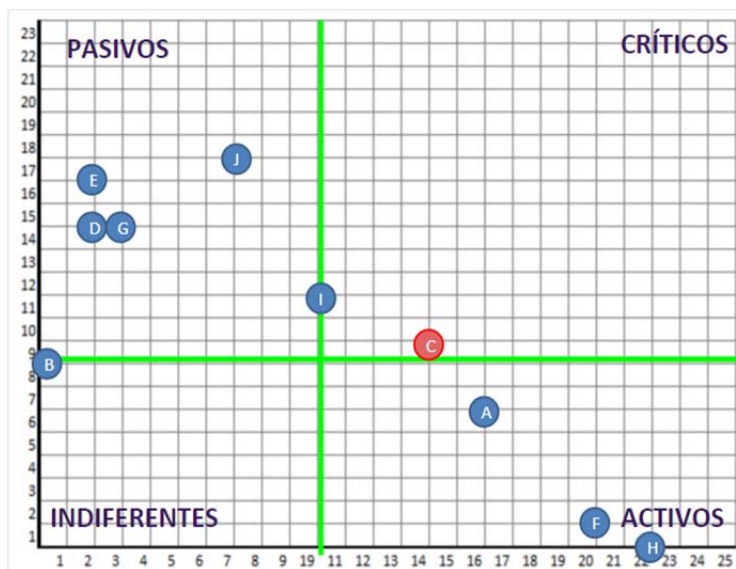


Figura 9 Clasificación de Problemas  
 Fuente: Elaboración propia

- **Actividad 4.** Generar Informe.

Ya teniendo las respuestas a las preguntas se procedió a realizar un documento donde quedó constancia de las respuestas dadas en la entrevista y se establecieron unos objetivos para el desarrollo tecnológico que den solución a dichos problemas.

- **Actividad 5.** Aprobar informe

Este informe fue entregado al entrevistado con el fin de verificar si lo conversado en la entrevista y lo escrito en el informe era correcto y fue firmado por ambas partes.

**5.2.2 Fase 2. Recopilar y organizar la información.** En esta fase se realizó la recolección de la información para ser organizada.

- **Actividad 1.** Solicitar la información.

La información se le solicitó a uno de los integrantes del proyecto quien es la persona que contiene la información. La información fue entregada en archivos de Excel.

- **Actividad 2.** Analizar la información.

En esa actividad se realizó un análisis de información existente, su estructura y duplicidad de la información con el fin de verificar si esta información era suficiente para resolver los problemas planteados anteriormente.

**5.2.3 Fase 3. Diseño de la Base de Datos**

En esta fase se procedió con el diseño de bases de datos, normalización y validación del diseño elaborado.

- **Actividad 1.** Diseñar el Catálogo de objetos

Se hizo un análisis de lo que necesitan los usuarios finales y los datos importantes para la construcción del sistema. Para ello se desglosó la información permitiendo crear las tablas y dominios.

- **Actividad 2.** Diseñar el modelo relacional

Para realizar el modelo relacional se partió del Catálogo de Objetos, se diseñaron las tablas, llaves primarias, dominios y llaves foráneas. Este modelo se elaboró en el

software pgModeler, la cual es una herramienta para crear modelos para el motor de bases de datos PostgreSQL

- **Actividad 3.** Normalizar modelo relacional

Con el fin de evitar la redundancia de datos se procede a realizar una normalización a los datos.

- **Actividad 4.** Depurar y validar el diseño de la base de datos

Al realizar el proceso de estandarización de los datos, se procedió a depurar el diseño realizado anteriormente en la herramienta pgModeler y luego se validó.

#### 5.2.4 Fase 4. Crear Shapefile

En esta fase se crearon los shapefile en ArcMap con base en el modelo realizado anteriormente, para ellos se utilizaron diferentes herramientas como: AutoCAD, MicroStation módulo InRoads.

- **Actividad 1.** Estandarizar los archivos de Excel

Lo primero que se hizo fue estandarizar los datos con respecto al modelo relacional en archivos de Excel con extensión CSV para ser cargados posteriormente.

- **Actividad 2.** Crear geometrías en CAD

Se realizaron diferentes geometrías en el software CAD, polígonos, puntos y Líneas con el fin de que estas quedaran en 3D. Algunas de estas fueron: Sistema de Transporte y Soldadura.

- **Actividad 3.** Importar los datos del CAD a shapefile

En esta actividad se creó la file geodatabase en ArcMap con sus respectivos features class.

Al tener los datos estandarizados se procedió a realizar la importación de los datos en ArcMap y se verificó que hayan cargado correctamente.

- **Actividad 4.** Estructurar los shapefile



Al momento de crear los Shapefile ellos solo llevan la información geográfica de los elementos “la geometría”, es decir sin ningún atributo. Para estructurar los shapefile se realizó una unión por tablas mediante el ID del elemento con una tabla de Excel que contiene toda la información atributiva de los elementos geográficos, esta información es volcada al shapefile y así darle atributos a los elementos que este contiene.

### 5.2.5 Fase 5. Implementación de la base de datos.

- **Actividad 1.** Crear la base de datos

Al tener lista la base de datos en ArcMap se procede a exportar los feature class a shapefile.

También se creó la base de datos en PostgreSQL y se le instalo la extensión PostGIS con el fin de que permitiera datos espaciales.

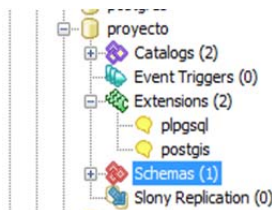


Figura 10 Creación bases de datos PostgreSQL  
Fuente: Elaboración propia

- **Actividad 2.** Poblar la base de datos y revisar.

Se realizó la importación de shapefile a PostGIS por medio del plugin PostGIS Shapefile.

	km_inicial numeric	km_final numeric	radio_curva numeric	tipo_solidadura character(20)	grado character(20)	espesor character(20)	materiales character(20)	diámetro character(20)
15	25807.6420000	25819.9380000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
16	5191.2750000	5203.4280000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
17	7570.2120000	7582.3770000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
18	319.6840000	331.9310000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
19	3196.3160000	3208.3040000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
20	12165.9030000	12178.1850000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
21	9796.5440000	9805.6870000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
22	9024.4170000	9034.2560000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
23	8644.1160000	8656.4510000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
24	8214.4610000	8226.8580000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
25	14536.5620000	14548.8090000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
26	21110.5580000	21114.3270000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
27	25795.4520000	25807.6420000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
28	25783.2040000	25795.4520000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
29	25771.0080000	25783.2040000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
30	25758.8340000	25771.0080000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
31	25746.6490000	25758.8340000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
32	25734.3690000	25746.6490000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
33	25722.0710000	25734.3690000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
34	17405.0850000	17417.2700000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
35	6635.0860000	6647.2570000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"
36	4267.1390000	4279.2210000	0.00000000000	Manual por Arco	SNYS 70 ksi	0.75	Acero	30"

Figura 11. Poblado de base de datos  
Fuente: Elaboración propia

- **Actividad 3.** Crear dominios

Después de tener cargados los shapefile en PostGIS, y como cargan sin dominios se crearon los dominios de forma manual y se realizaron actualizaciones para cambiar el tipo de dato del campo por el dominio.

- **Actividad 4.** Diseñar las consultas

Se procedió a diseñar las consultas necesarias con base a las normas establecidas por la NIO de Ecopetrol acerca de la defectología y cobertura.

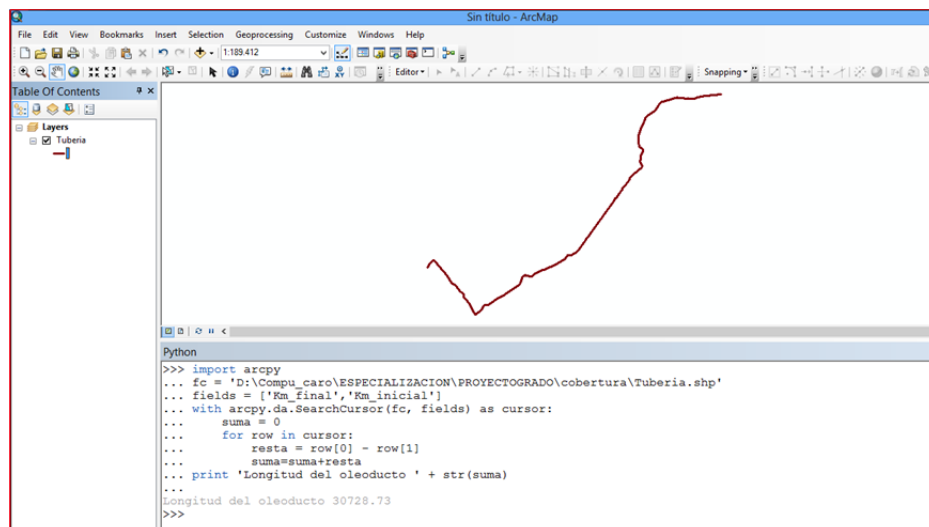
- **Actividad 5.** Estructurar las consultas y probarlas

Después de tener claro las consultas se procedió a estructurar cada una y probar que el resultado que estuviera arrojando fuera el correcto. Este proceso se realizó en PostGIS y ArcMap.

A continuación se mostrará una de las consultas, el resto se mostrarán más adelante.

Para conocer la longitud del Oleoducto se realizó la siguiente consulta en las dos herramientas:

ArcMap - Python



```
Python
>>> import arcpy
... fc = 'D:\Compu_caro\ESPECIALIZACION\PROYECTOGRADO\cobertura\Tuberia.shp'
... fields = ['Km_final','Km_inicial']
... with arcpy.da.SearchCursor(fc, fields) as cursor:
...     suma = 0
...     for row in cursor:
...         resta = row[0] - row[1]
...         suma=suma+resta
...     print 'Longitud del oleoducto ' + str(suma)
...
Longitud del oleoducto 30728.73
>>>
```

Figura 12. Consulta longitud Oleoducto en Python  
Fuente: Elaboración propia

## PostGIS

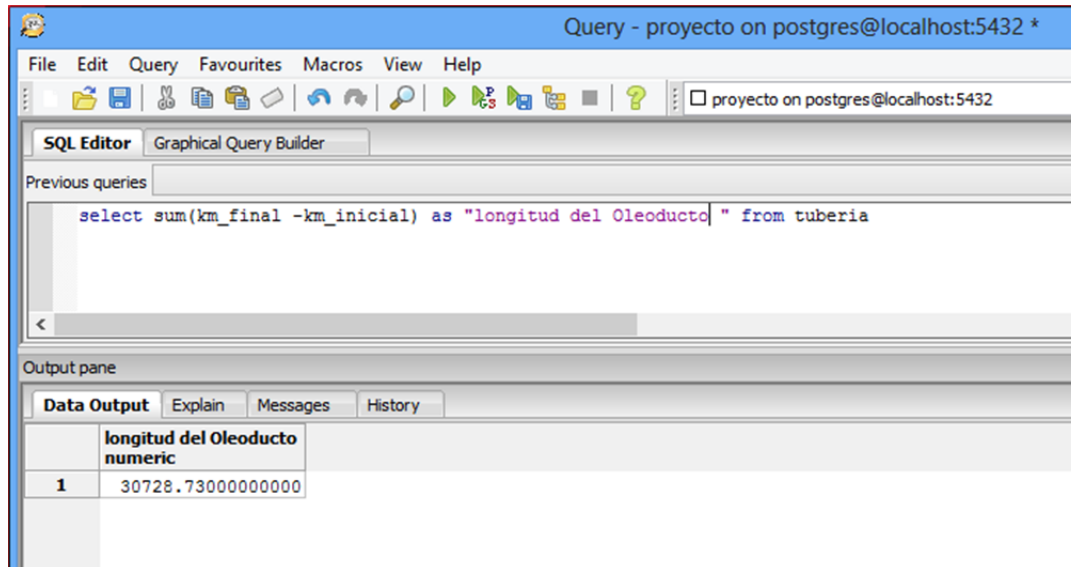


Figura 13. Consulta longitud Oleoducto en SQL  
Fuente: Elaboración propia

### 5.2.6 Fase 6. Interfaz gráfica de los datos.

Lo que se logró en esta fase fue ver el análisis de cobertura y defectología de manera gráfica en la herramienta ArcMap y QGIS. En ArcMap desde que se crearon los features class se podía ver de manera gráfica, en cambio en QGIS se realizó un proceso diferente el cual se explicará en las actividades.






















- **Actividad 1.** Conectar a QGIS

Para conectar a QGIS con PostgreSQL sólo basta con abrir el software QGIS y buscar el ícono que permite conectarnos, se crea una conexión donde se solicita que se ingrese el nombre de la BD, el nombre del servidor, usuario y contraseña, después de tener lista la conexión se dió clic en conectar y se selecciona las capas tablas que desean abrir.

- **Actividad 2.** Crear simbología

En algunas ocasiones es necesario crear una simbología propia con el fin de identificar elementos específicos, en este caso como válvulas, cruces etc.

Tabla 1 Simbología

SIMBOLO	OBSERVACION	SIMBOLO	OBSERVACION
	Brida		Encamisado
	Alambre de puas		Infraestructura
	Malla eslabonada		Protección catodica
	Cruce canal		Reducciones
	Cruce caño		Revestimiento FBE
	Cruce carretera en grava		Tricapa FBE
	Cruce pantano		Sistema de transporte
	Cruce rio		Valvula de bola
	Cruce tubería		Valvula de cheque
	Cruce vía pavimentada		Valvula de compuerta
	DDV "Derecho de Via"		

Fuente: Elaboración propia

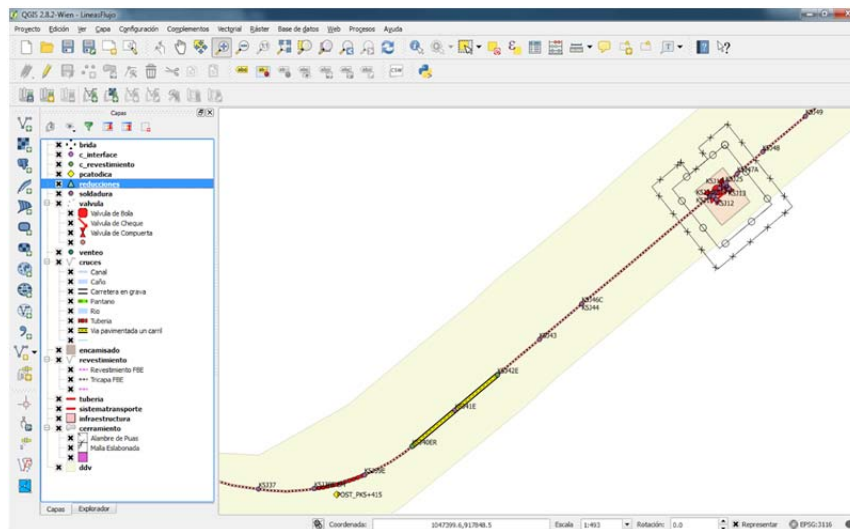


Figura 14. Simbología  
 Fuente: Elaboración propia

- **Actividad 3.** Organizar las capas



Figura 15. Orden de las capas  
Fuente: Elaboración propia

- **Actividad 4.** Realizar Análisis de cobertura y defectología

Se realizó un análisis de cobertura y defectología del oleoducto con base en las consultas elaboradas y graficadas en actividades anteriores.

#### Análisis de cobertura

El análisis de cobertura se realizó comparando las cotas de las juntas con respecto a un DTM generado por los puntos del levantamiento topográfico que se efectuó al área de influencia del Oleoducto, el análisis se ejecutó usando dos herramientas de SIG *QGIS* y *ArcGIS* intentando realizar los mismos procedimientos en ambos programas:

#### **Análisis de Coberturas usando QGIS:**

Se agregó la capa de soldadura mediante la conexión a la BD PostgreSQL y se exportó un shapefile para trabajo.

Se cargó el shapefile que contiene los puntos del levantamiento topográfico "PtosElevacion" para realizar el DTM.

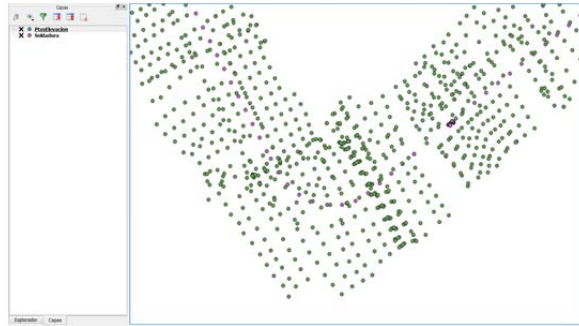


Figura 16. Shapefile puntos del levantamiento QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Y se generó el DTM, usando la herramienta interpolación, nota: para que QGIS realizara el DTM en toda la zona se realizó un zoom a toda la capa.

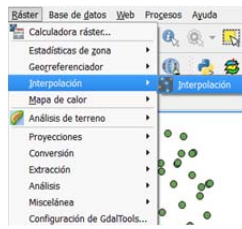


Figura 17. Interpolación QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Al ejecutar la herramienta se abre la siguiente ventana:

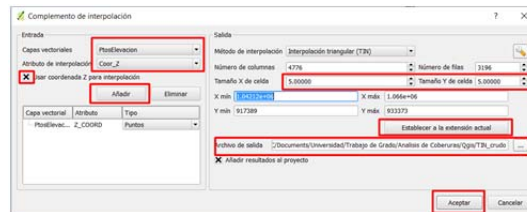


Figura 18. Parámetros de interpolación QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Los datos en el cuadro rojo son los criterios utilizados para la creación del TIN, se debe colocar el nombre y ubicación del archivo de salida y dar aceptar para crear el TIN, el proceso puede tardar algún tiempo esto depende de los recursos que posea el ordenador.

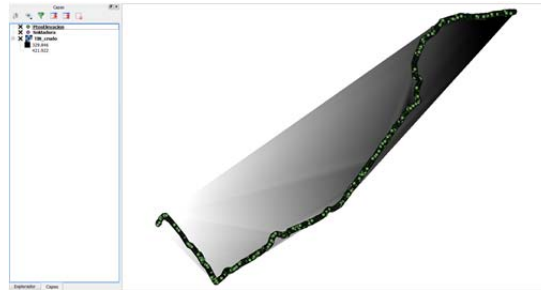


Figura 19. TIN QGIS  
Fuente: Elaboración propia

A este TIN se le realizó un recorte con respecto al área de influencia, para ésto fue necesario un shapefile del perímetro del área.

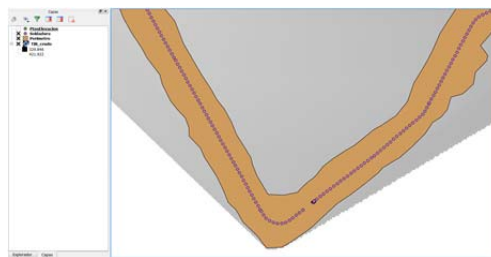


Figura 20. Área de influencia QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Mediante la herramienta Clipper desde el menú Raster se procedió a realizar el corte del TIN, como se muestra en la siguiente figura.

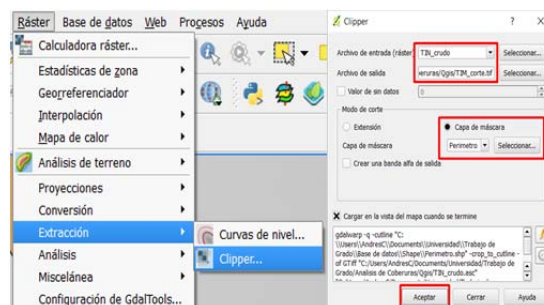


Figura 21. Clipper TIN QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Al culminar el proceso se obtiene como resultado un TIN más limpio para realizar el análisis:

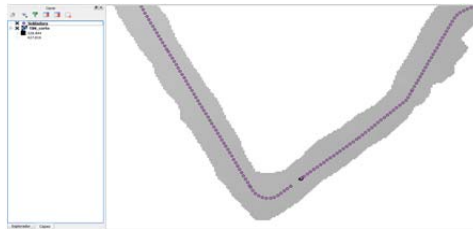


Figura 22. TIN QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a calcular las cotas para cada una de las juntas con respecto al TIN creado, obteniendo como resultado una tabla con las elevaciones de las juntas proyectadas al terreno, este proceso se realizó con la herramienta *Point sampling tool* que se debe descargar como complemento.

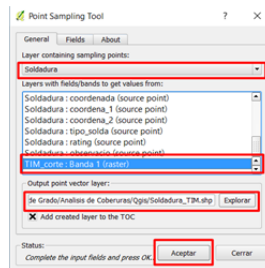


Figura 23. Point sampling tool QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Como resultado se logró una nueva capa con la misma cantidad de elementos geográficos pero con el atributo de la cota de cada elemento proyectado al TIN



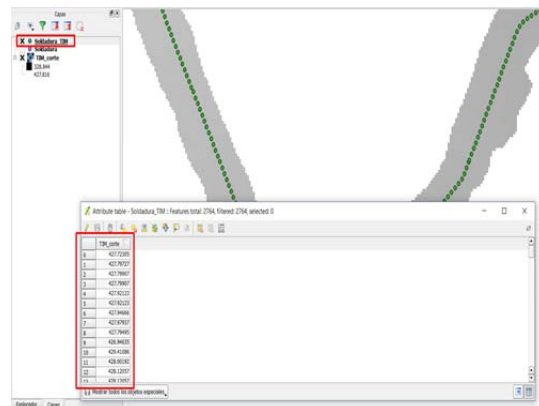


Figura 24. Samplin resultante QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Para tener los datos en una sola capa se realizó una unión especial para llevar los datos de la capa Soldadura\_TIN a soldadura, la unión se efectuó mediante herramienta “Unir atributos por localización” en el menú Vectorial.

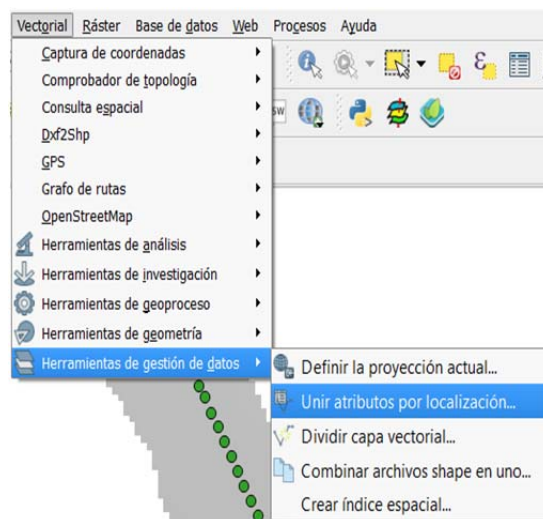


Figura 25. Unión espacial QGIS  
Fuente: Elaboración propia

La selección de capas a unir se realizó como lo muestra la siguiente imagen:



Figura 26. Selección capas a unir  
Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el proceso creó una capa nueva a la que se le agregó la información de las cotas del TIN

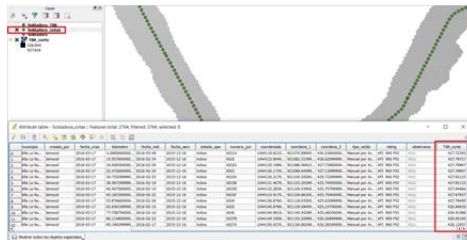


Figura 27. Unión resultante  
Fuente: Elaboración propia

La resta de cotas se realizó desde la calculadora y el resultado se agregó a una nueva columna creada previamente la cual se llamó *cobertura*.

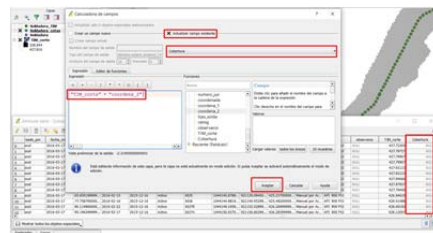


Figura 28. Resta de cotas QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Con el fin de tener sólo las soldaduras menores a 1,50m, se realizó una selección por atributos.

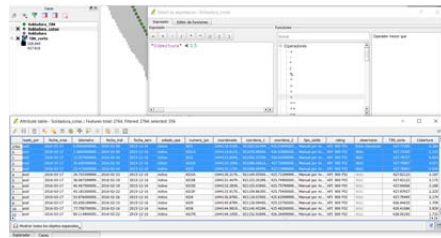


Figura 29. Selección elementos menores a 1.5m de cobertura QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtuvieron 356 elementos los cuales se exportaron a una capa nueva y se le dió por nombre soldadura\_seleccion.

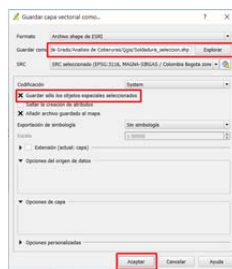


Figura 30. Exporta a nueva capa QGIS  
Fuente: Elaboración propia

Luego se realizó un cruce de la capa resultante con tubería para obtener los tubos con cobertura menor a 1.50m, ésto se consiguió realizando una unión por localización, en la cual QGIS selecciona los tubos que se intersectan con soldadura\_seleccion y los exporta a una capa nueva, como resultado se obtuvo 452 tubos que no cumple con la cobertura, esta información se clasifico en dos clases para ser visualizada de 0 a 1,20 m y de 1,20 a 1,50m, como se muestra en la siguiente imagen.

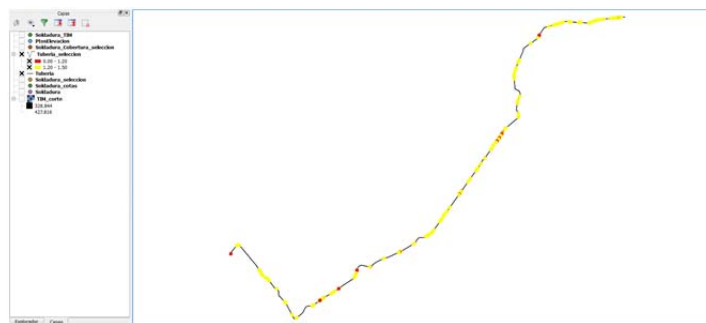


Figura 31. Tubería clasificada por cobertura QGIS  
Fuente: Elaboración propia

### Análisis de Coberturas usando ArcMap:

Se agregó la capa de soldadura que se encuentra en la GBD Líneas de Flujo, esta capa se exportó a un shapefile de trabajo.

Se cargó el shapefile que contiene los puntos del levantamiento topográfico “PtosElevacion” para realizar el DTM.

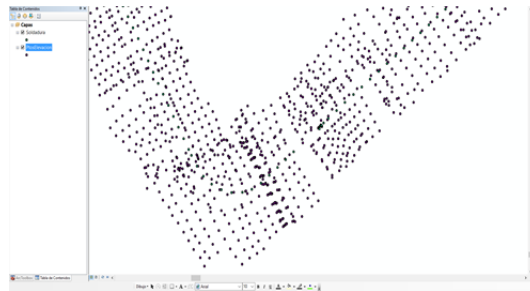


Figura 32. Shapefile puntos del levantamiento ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Para la creación del DTM, primero se creó un modelo TIN, desde el ArcToolbox con la herramienta Crear TIN.

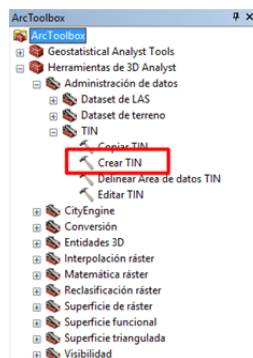


Figura 33. Interpolación ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Al ejecutar esta herramienta emerge una ventana que se observa a continuación:

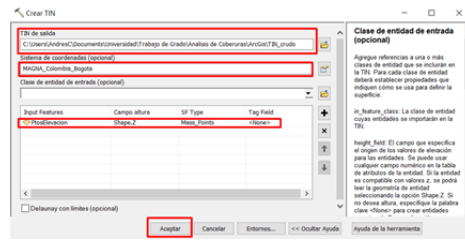


Figura 34. Parámetros de interpolación ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un modelo TIN como se observa a continuación:

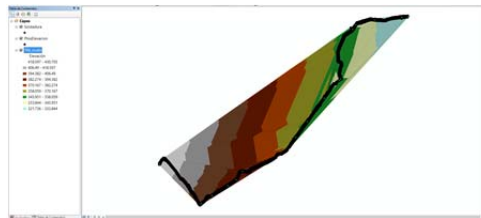


Figura 35. TIN ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

A este TIN se le realizó un recorte con respecto al área de influencia, para esto fue necesario el shapefile con el perímetro del área.

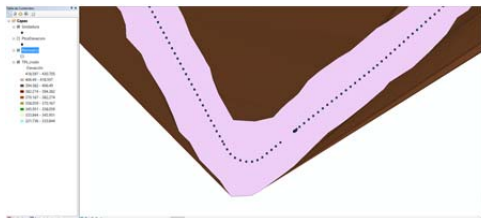


Figura 36. Área de influencia ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

En el ArcToolbox > 3D Analyst Tools > TIN Management > Edit TIN, Dentro de esta herramienta en Input TIN: el TIN a ser recortado, Input Feature Class el polígono con que va a cortar el TIN, aceptar y de esta forma se cortó el TIN del área de interés, sin errores y listo para realizar cálculos.

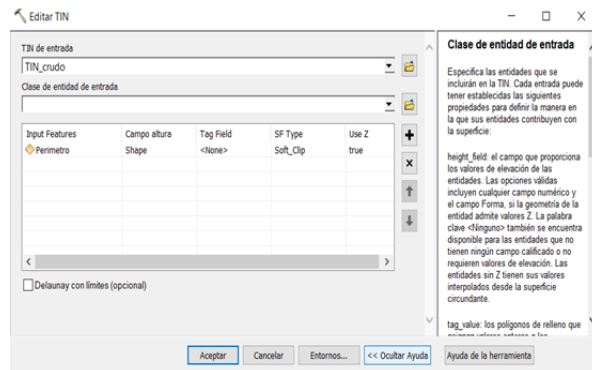


Figura 37. Edit TIN ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Con el TIN sólo en el área de influencia más limpio, se procedió a convertirlo en un Raster, para eso desde el ArcToolbox > 3D Analyst Tools > conversión > De TIN A Raster y se definió el tamaño de la celda igual como en QGIS de 5.

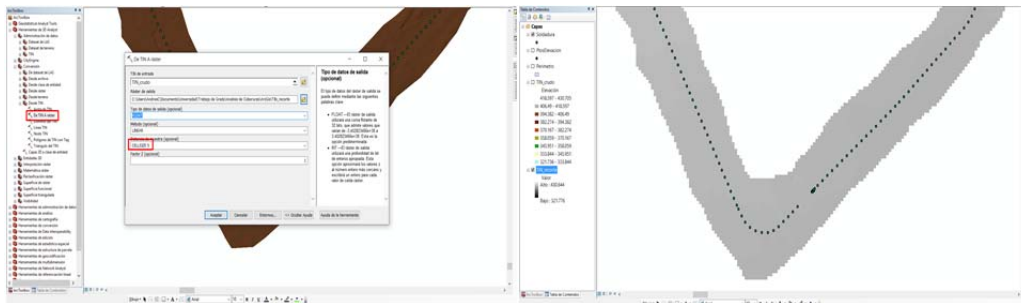


Figura 38. TIN ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Luego se calcularon las cotas para cada una de las juntas con respecto al TIN que se creó, dando como resultado un nuevo shapefile con las elevaciones de las juntas proyectadas al terreno, ArcToolbox > 3D Analyst Tools > Functional Surface > Interpolate Shapefile

En esta herramienta se llenaron los datos, **Input Surface** seleccionar el TIN, **Input Feature Class** seleccionar las juntas, y en **Output Feature Class** determinar el directorio para guardar el nuevo shapefile.

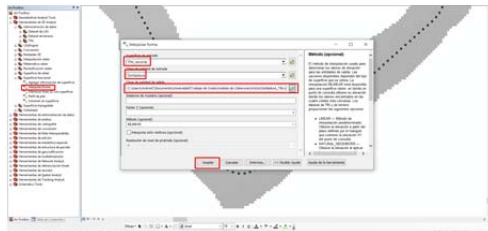


Figura 39. Interpolate shapefile ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Como resultado se logró una nueva capa con la misma cantidad de elementos geográficos pero con el atributo de la cota de cada elemento proyectado al TIN, a esta capa se le agregó una columna que se llama CotaTerreno para calcular la geometría Z de cada elemento como se muestra en la siguiente figura.



Figura 40. Calculo de geometría ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Para obtener la cobertura se crea el campo llamado coberturadonde se va almacenar el resultado, se realiza la operación por medio de la calculadora donde se resta las cotas.

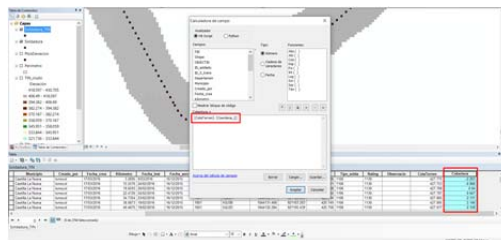


Figura 41. Resta de cotas ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Luego se exporta a una nueva capa todas las soldaduras que tienen una cobertura menor a 1.50m, por medio de una selección por atributos.

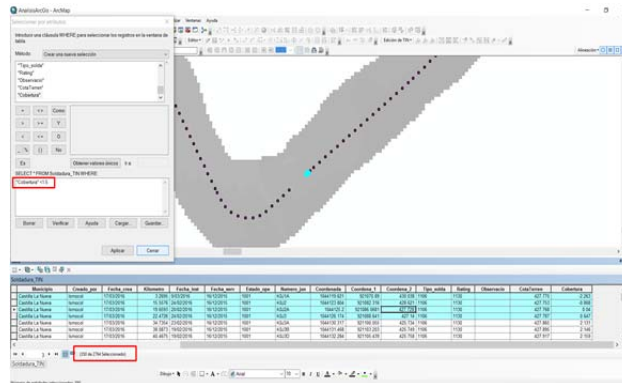


Figura 42. Selección elementos menores a 1.5m de cobertura ArcMap  
 Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtuvo 350 elementos los cuales se exportaron a una capa nueva llamada soldadura\_seleccion.

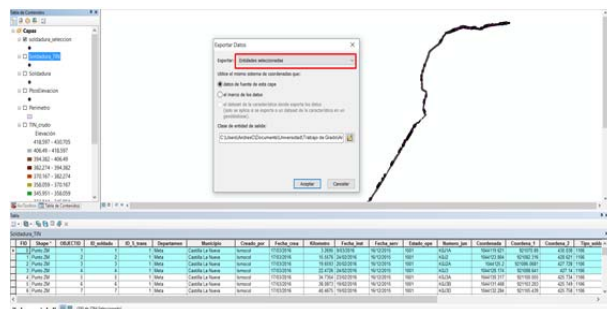


Figura 43. Exporta a nueva capa ArcMap  
 Fuente: Elaboración propia

Por último se realizó un cruce de la capa resultante con tubería para obtener los tubos con cobertura menor a 1.50m, esto se consigue realizando una unión espacial, en la cual ArcMap selecciona los tubos que se intersectan con soldadura\_seleccion y los exporta a una capa nueva, como resultado se obtuvo 427 tubos que no cumple con la cobertura, la información se clasifico en dos clases para ser visualizada, como se muestra en la siguiente imagen.



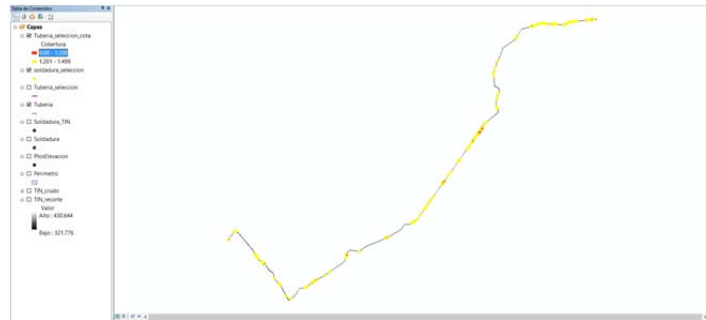


Figura 44. Tubería clasificada por cobertura ArcMap  
 Fuente: Elaboración propia

### Análisis juntas reparadas

Para conocer las reparaciones de las juntas que se le efectuaron al oleoducto, se realizó una consulta a BD donde mostró cuales fueron las juntas que se repararon, es decir cuáles de las juntas están identificadas con la letra “R” que indica que esta fue reparada, para esto se ejecutó el siguiente query:

### PostgreSQL

```
SELECT numero_junta, estampe_soldados
FROM Tuberia
WHERE numero_junta like '%R'
```



Figura 45. Consulta defectología PostgreSQL  
 Fuente: Elaboración propia

### ArcMap

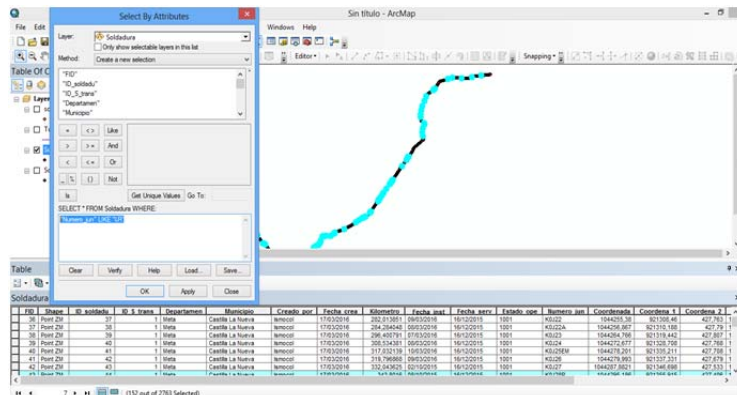


Figura 46. Consulta juntas reparadas ArcMap  
 Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtuvo que se repararon 152 juntas de las 2764 que conforman el oleoducto, es decir el 5.49 % de las justas fueron reparadas.

Los criterios de defectología son requerimientos del cliente, y es quien determina los porcentaje de defectología que se debe cumplir, para el caso de este oleoducto es máximo el 5% como lo dice el anexo cumplimiento especificación de calidad contrato construcción líneas, *Índice de defectología de soldadura con una meta menor o igual al 5% de las soldaduras realizadas durante el contrato y una estadística de defectología de soldadura por soldador que intervenga durante la ejecución del contrato.*

### Análisis de Defectología usando QGIS:

Para realizar la misma consulta y determinar la defectología usando QGIS, se realizó una selección por atributos con el siguiente query:

“numero\_junta” LIKE ‘%R’

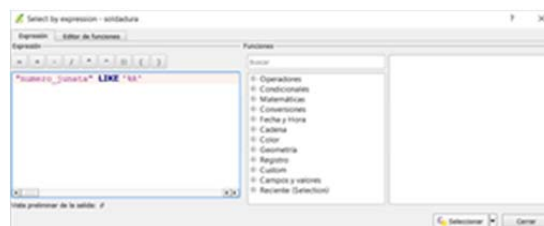


Figura 47. Consulta defectología QGIS  
 Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtuvo las mismas 152 juntas reparadas de las 2764 realizadas como se observa en la siguiente imagen.

Attribute table - soldadura: Features total: 2764, filtered: 152, selected: 152

gid	id_soldadura	id_e_transporte	departamento	municipio	creado_por	fecha_creacion	kilometro	echa_instalacion	fecha_servicio	estado_operacion	numero_junata	coordenada_x	coordenada_y	coordenada_z	
11	12	12	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	90.1148	2016-02-22	2015-12-16	Activo	K037R	1044149.196	921152.029	421
32	935	935	1	Meta	Acacias	Ismocol	2016-03-17	9070.8237	2015-04-10	2015-12-16	Activo	K911R	1050286.858	919844.507	384
44	44	44	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	343.8016	2015-10-08	2015-12-16	Activo	K0328R	1044295.186	921355.915	427
91	91	91	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	910.1734	2015-10-17	2015-12-16	Activo	K0375R	1044689.598	921368.574	425
93	93	93	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	934.7287	2015-10-17	2015-12-16	Activo	K0377R	1044705.763	921350.0911	424
108	108	108	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	1116.3684	2015-12-09	2015-12-16	Activo	K1110R	1044824.342	921212.509	424
123	123	123	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	1300.0678	2015-10-22	2015-12-16	Activo	K1325R	1044942.928	921027.229	422
128	128	128	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	1361.5539	2015-10-22	2015-12-16	Activo	K1330R	1044984.828	921027.742	422
159	158	158	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	1725.3638	2015-10-29	2015-12-16	Activo	K1360R	1045215.545	920747.638	420
167	166	166	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	1822.9293	2015-10-29	2015-12-16	Activo	K1368R	1045278.203	920672.856	419
181	180	180	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	1991.0861	2015-10-29	2015-12-16	Activo	K1382R	1045385.9	920543.734	418
210	209	209	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	6762.5804	2015-09-22	2015-12-16	Activo	K6364R	1048366.389	918581.454	391
212	211	211	1	Meta	Castilla La Nu...	Ismocol	2016-03-17	6786.9484	2015-11-05	2015-12-16	Activo	K6366R	1048386.21	918595.509	391

Mostrar objetos espaciales seleccionados.

Figura 48. Resultado defectología QGIS  
 Fuente: Elaboración propia

En QGIS se tiene la representación graficas de los elementos consultados, en la siguiente imagen se muestra el oleoducto con las juntas reparadas en color magenta.

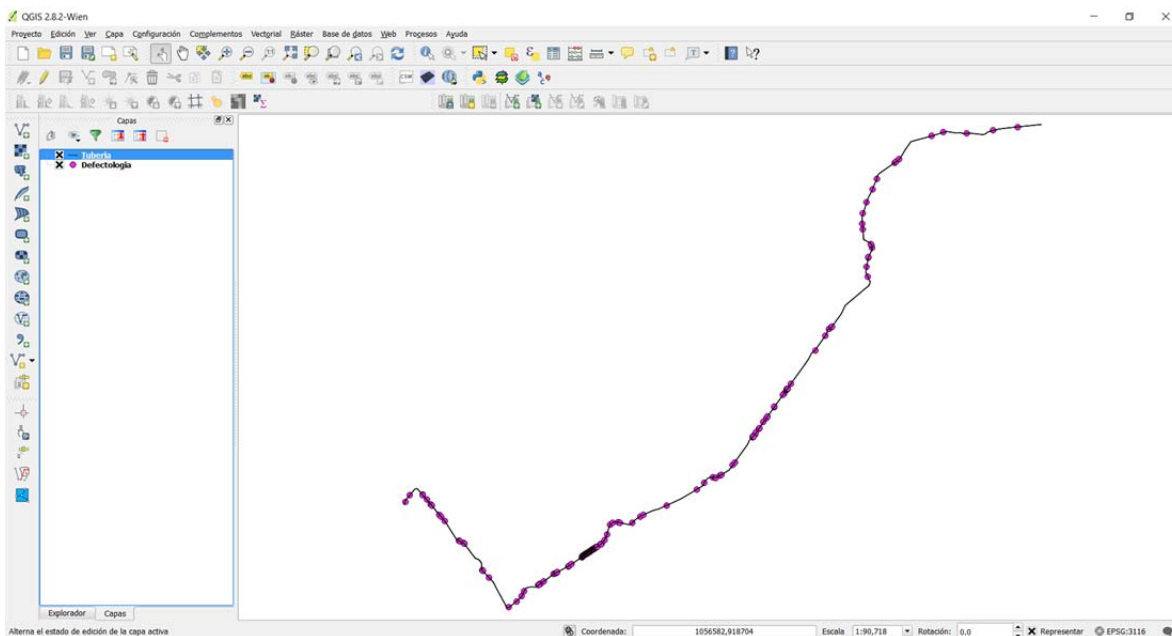


Figura 49. Representación defectología QGIS  
 Fuente: Elaboración propia

### Análisis de Defectología usando ArcMap:

Para el análisis utilizando ArcMap se realizó la misma consulta, pero se hace por medio de la selección por atributos con el siguiente query:

numero\_junta LIKE '%R'

Nótese que el query es muy similar al de QGIS ya que ambos software utilizan el lenguaje SQL para realizar consultas.



Figura 50. Consulta defectología ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtuvo 152 juntas reparadas de las 2764, igual a los resultados de las anteriores consultas, como se observa en la siguiente imagen.

OBJETO*	SHAPE*	ID_solidadura*	ID_S_transporte*	Departamento	Municipio	Creado por	Fecha creacion	Kilometros	Fecha de instalacion	Fecha en servicio	Estado
32_Punto 2		10	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	15/03/2016	36.7142	22/02/2016	16/12/2015	Activo
40_Punto 2		48	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	15/03/2016	343.8016	9/10/2015	16/12/2015	Activo
51_Punto 2		31	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	15/03/2016	343.0754	05/10/2015	16/12/2015	Activo
53_Punto 2		35	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	15/03/2016	334.7787	05/10/2015	16/12/2015	Activo
108_Punto 2		108	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	15/03/2016	1116.3084	9/12/2015	16/12/2015	Activo
122_Punto 2		123	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	15/03/2016	1308.8676	22/10/2015	16/12/2015	Activo
128_Punto 2		128	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	15/03/2016	1261.6139	22/10/2015	16/12/2015	Activo

Figura 51. Resultado defectología ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

Ahora se puede evidenciar la representación gráfica de los elementos consultados en ArcMap, en la siguiente imagen se muestra el oleoducto con las juntas reparadas en color rojo.

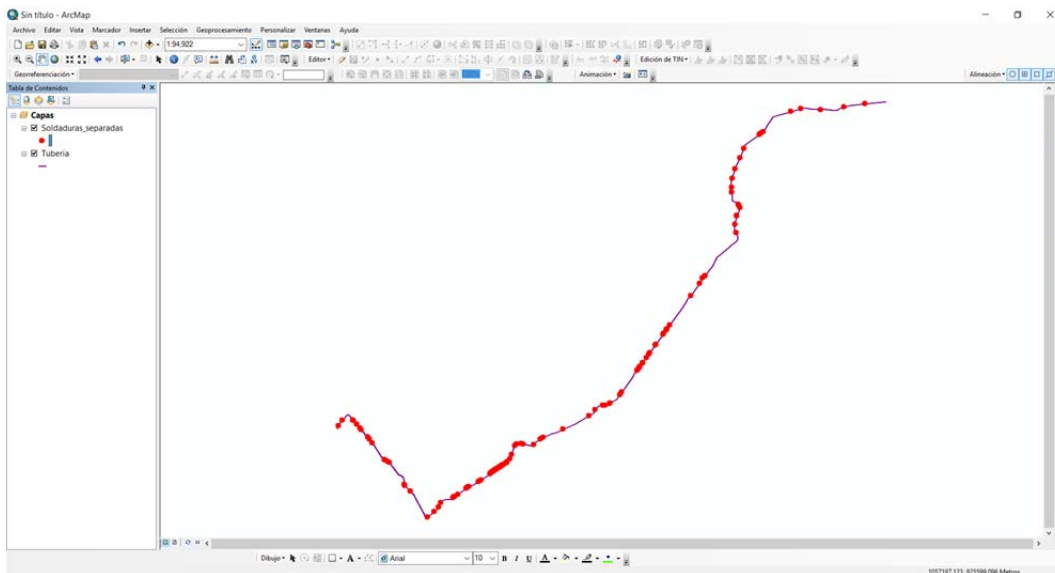


Figura 52. Representación defectología ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

- **Actividad 5.** Construir salidas gráficas

Se procede a organizar las capas que se necesitan para las salidas gráficas dado que no es necesario todas las capas para un análisis determinado.

- **Actividad 6.** Exportar a entorno web

Al tener listas las salidas gráficas en QGIS se desea exportar a un entorno web para que el usuario final pueda visualizar de forma detallada lo que está sucediendo. El montaje se realizó en un servidor local y se ambientó la salida gráfica.

Mapa general



Figura 53. Mapa general  
Fuente: Elaboración propia

Cobertura:

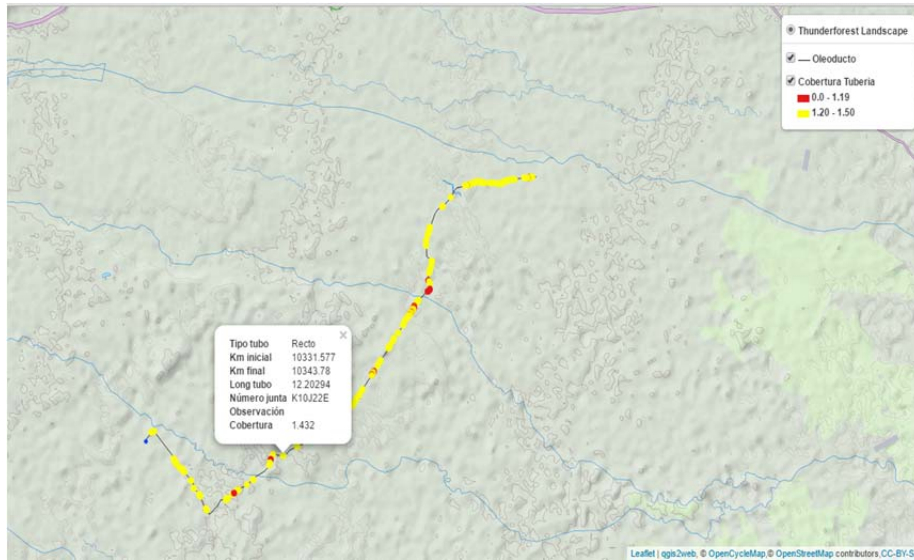


Figura 54. Cobertura  
Fuente: Elaboración propia

Soldaduras reparadas:

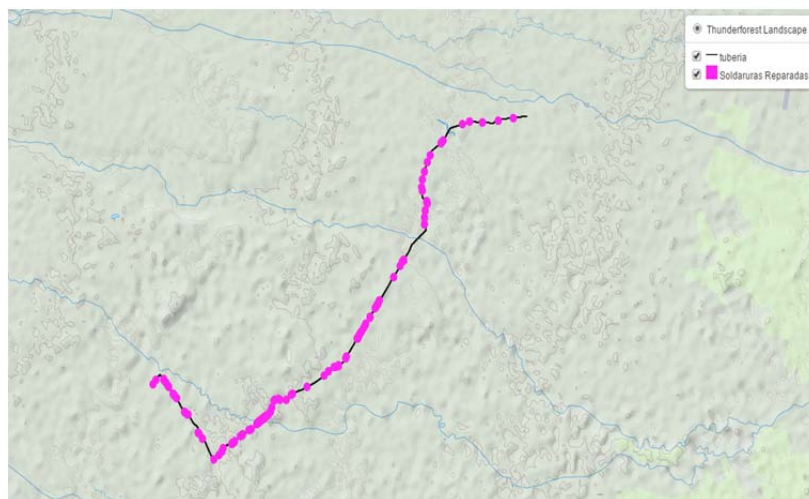


Figura 55. Juntas reparadas  
Fuente: Elaboración propia

## 6. RESULTADOS

Después de realizar un análisis de cobertura sobre la tubería instalada bajo la norma NIO-0606 (Normas de Ingeniería de Oleoductos BAJADO Y TAPADO), “4.1.1 Debe colocarse la tubería enterrada a una profundidad mínima de 1.50 m medidos entre la clave del tubo y la rasante”<sup>6</sup>.

Al realizar el análisis en las herramientas QGIS 2.8.2 y en ArcGIS 10.2.2 for desktop, se realizó 2 clasificaciones dado que la norma cubre a los tubos que se encuentran entre 1.20 m y 1.50 m en condición subestándar pero que cuentan con una cobertura mínima de seguridad.

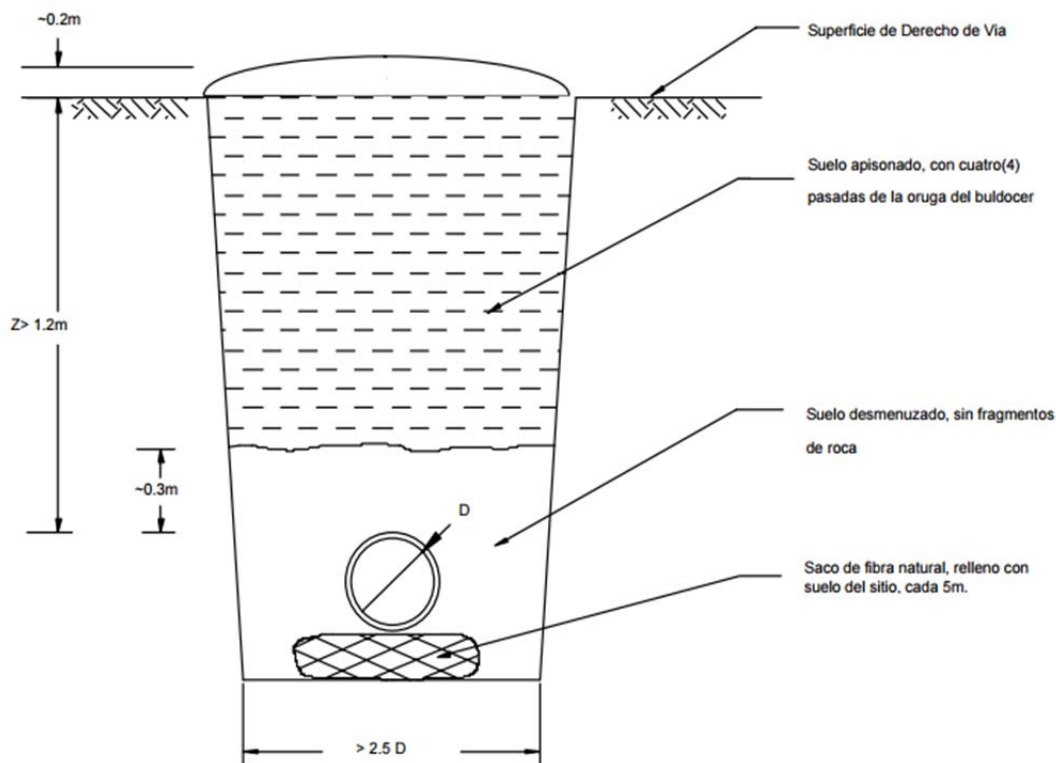


Figura 56. Colocación y tapado del tubo

<sup>6</sup> (2012). NIO-0600 Instalación de Tubería - erosion.com.co. Retrieved July 7, 2016, from <http://www.erosion.com.co/presentaciones/category/26-normas-de-ingenieria-de-oleoductos-ecopetrol.html?download=335:314-nio0600instalacion-tuberia>.

ECOPETROL. (1997). INSTALACIÓN DE TUBERÍA. Recuperado de NIO-0600

Tabla 2 Análisis resumen de coberturas

HERRAMIENTA	CANTIDAD TUBOS MENORES A 1.20	CANTIDAD TUBOS ENTRE 1.20 A 1.50	CANTIDAD TUBOS MENORES A 1.50
QGIS	46	406	452
ARCMAP	37	390	427

Fuente: Elaboración propia

Calidad cobertura por QGIS:

Total tubos: **2672**

Tubos menores a 1.20 de cobertura: **46**

Tubos entre 1.20 y 1.50 de cobertura: **406**

Tubería cobertura menor a 1.50m: **16.91%**

Tubería cobertura entre 1.20m y 1.50m: **15.19%**

Tubería cobertura menor a 1.20m: **1.72%**

Calidad cobertura por ArcMap:

Total tubos: **2672**

Tubos menores a 1.20 de cobertura: **37**

Tubos entre 1.20 y 1.50 de cobertura: **390**

Tubería cobertura menor a 1.50m: **15.98%**

Tubería cobertura entre 1.20m y 1.50m: **14.59%**

Tubería cobertura menor a 1.20m: **1.38%**





Figura 57. Cobertura de tubería  
Fuente: Elaboración propia

## Juntas reparadas

### QGIS

Después de realizar el análisis se obtiene 152 juntas reparadas de las 2764 realizadas como se observa en la siguiente imagen.

A screenshot of a QGIS table showing the results of a defectology analysis. The table has columns for 'id', 'id\_empresa', 'apoyante', 'nombre', 'estado', 'fecha\_inicio', 'fecha\_fin', 'fecha\_terminada', 'valor', 'valor\_porcentaje', 'valor\_porcentaje', 'valor\_porcentaje', and 'valor\_porcentaje'. The table contains 152 rows, with the first 152 rows highlighted in blue, indicating repaired joints. The rest of the rows are white.

Figura 58. Resultado defectología QGIS  
Fuente: Elaboración propia

En QGIS se tiene la representación gráfica de los elementos consultados, en la siguiente imagen se muestra el oleoducto con las juntas reparadas en color magenta.

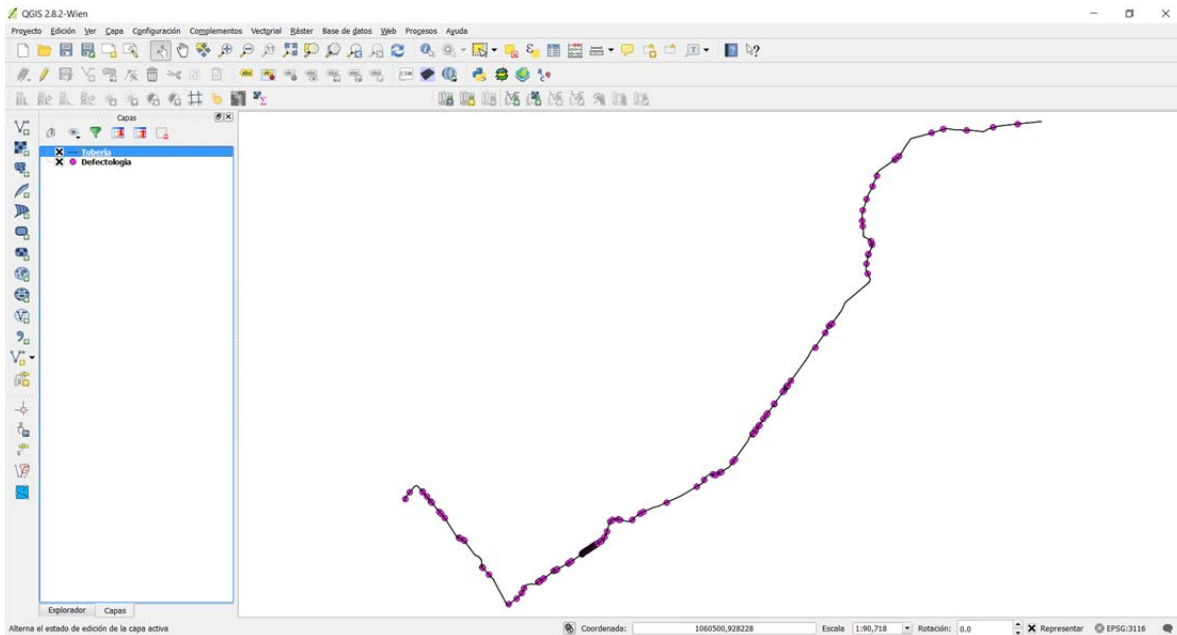


Figura 59. Representación defectología QGIS  
 Fuente: Elaboración propia

### ArcMap

Como resultado se obtuvo 152 juntas reparadas de las 2764, igual a los resultados de las anteriores consultas, como se observa en la siguiente imagen.

OBJECTID	SHAPE	ID soldadura	ID de transporte	Departamento	Municipio	Creado por	Fecha reparacion	Kilometros	Fecha de instalación	Fecha en servicio	Estado
33	Punto 2	33	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	07/03/2016	96.7126	20/10/2015	16/12/2015	Activo
44	Punto 2	44	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	07/03/2016	343.8016	8/10/2015	16/12/2015	Activo
91	Punto 2	91	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	07/03/2016	910.1754	10/10/2015	16/12/2015	Activo
93	Punto 2	93	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	07/03/2016	834.7287	10/10/2015	16/12/2015	Activo
108	Punto 2	108	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	07/03/2016	1716.3684	9/12/2015	16/12/2015	Activo
123	Punto 2	123	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	07/03/2016	1388.8678	20/10/2015	16/12/2015	Activo
128	Punto 2	128	1	Meta	Castilla La Nueva	Ismael	07/03/2016	1381.6378	20/10/2015	16/12/2015	Activo

Figura 60. Resultado defectología ArcMap  
 Fuente: Elaboración propia

Ahora se puede observar la representación gráfica de los elementos consultados en ArcMap, en la siguiente imagen se muestra el oleoducto con las juntas reparadas en color rojo.

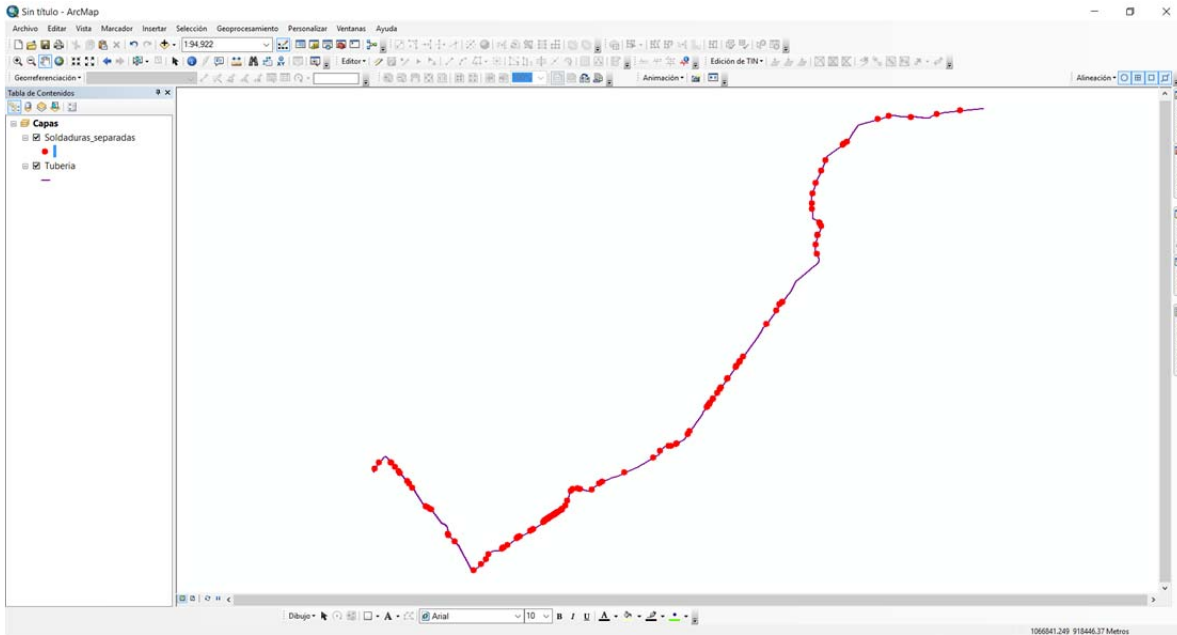


Figura 61. Representación defectología ArcMap  
Fuente: Elaboración propia

## 7. CONCLUSIONES

- Tanto ArcMap como QGIS son herramientas muy potentes para la elaboración de sistemas SIG, pero estos aplican algoritmos diferentes al momento de realizar la triangulación para generar el modelo TIN, es por ello que cuando se realizó el análisis de cobertura los resultados variaron un poco en las dos herramientas, de tal forma que ArcMap calcula 75 elementos con cobertura menor a 1.50 m que QGIS no los incluye, y QGIS calcula 100 elementos que ArcMap no contempla, lo que implica dar a ciencia cierta los tubos que realmente se encuentra por fuera de cobertura. Algunas medidas de cobertura no coincidían dado al cálculo del DTM que realizó cada herramienta partiendo de la misma fuente de información una capa de puntos del levantamiento topográfico. Es importante a la hora de realizar un análisis conocer que estos datos pueden variar según el algoritmo aplicado por la herramienta.
- Al realizar el análisis de defectología se encuentra que el 47,3% de los soldadores superan el porcentaje de soldaduras reparadas establecido por la empresa el cuál es del 5%, una de las causas que está generando este porcentaje tan alto se debe a que la empresa realiza un convenio con la comunidad donde el 50% de la mano de obra son personas poco expertas para este tipo de labor y el otro 50% es proporcionado por la empresa. Esto implica costos para la empresa dado que se debe contratar una persona exclusivamente para realizar la reparación y a medida que este porcentaje aumente, se requiere conseguir más personal capacitado que realice estas reparaciones.
- Los mapas temáticos Web permiten al usuario de la empresa tener claridad sobre que lo que está sucediendo actualmente, ya que por medio grafico se puede observar lo que está sucediendo, realizar análisis y tomar decisiones con el fin de disminuir los errores de cobertura y defectología.
- Al contar con un modelo relacional que funciona en dos software diferentes le permite implementar este modelo para todas sus obras sin importar si cuentan con licencias de ArcMap ya que QGIS y PostgreSQL son software libre.

## **8. RECOMENDACIONES**

Con el fin de mantener actualizada la base de datos es importante tener una persona capacitada para el manejo de ésta, además que actualice la página web para poder hacer seguimiento y evitar los inconvenientes a la hora de hacer un análisis.

Es importante mantener un control de calidad sobre la cobertura del oleoducto dado que el porcentaje de error de cobertura es alto, para esto se recomienda a la empresa realizar un chequeo en campo al momento de realizar la actividad de zanjado para garantizar que la profundidad de la tubería cumpla con la cobertura mínima requerida.

Se recomienda que la captura y entrega de información sea en el menor tiempo posible, para realizar el cargue de ésta a la GDB y hacer los análisis de cobertura y defectología con el fin tomar acciones correctivas de manera oportuna en caso de encontrar datos sub-estándar.

Para reducir el porcentaje de defectología es importante que la empresa capacite y entrene a los soldadores de la región.

## BIBLIOGRAFÍA

ArcGIS Pro. (n.d.). Consultado el 11 de julio de 2016. Disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/arcpy/data-access/searchcursor-class.htm>

Brida. (n.d.). Consultado el 6 de julio de 2016. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Brida>

Brida (tuberías). (n.d.). Consultado el 6 de julio de 2016. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Brida\\_\(tuberías\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Brida_(tuberías))

Crea aplicaciones webmapping con QGIS - MappingGIS. (2016, March 07). Consultado el 11 de julio de 2016. Disponible en: <http://mappinggis.com/2016/03/crea-aplicaciones-webmapping-con-QGIS/>

ESRI. (n.d) Consultado el 15 de agosto de 2016. Disponible en: [http://www.esri.es/es/formacion/formacion-esri-espana/que-es-un-sig-/](http://www.esri.es/es/formacion/formacion-esri-espana/que-es-un-sig/)

Mampostería. (n.d.). Consultado el 6 de julio de 2016. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mampostería>

MPSIG. (2014). Consultado el 15 de agosto de 2016. Disponible en: [http://multiprocesos.com/casos\\_1.html#](http://multiprocesos.com/casos_1.html#)

Servidumbre de tránsito. (n.d.). Consultado el 6 de julio de 2016. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Servidumbre\\_de\\_tránsito](https://es.wikipedia.org/wiki/Servidumbre_de_tránsito)





## ANEXO B NORMA NIO 0606

	<p>Normas de Ingeniería de Oleoductos <b>BAJADO Y TAPADO</b></p>	<p><b>NIO-0606</b> Feb-97 Hoja 1 de 4</p>
---	--	---

### 1 ALCANCE

Esta norma reglamenta todas las actividades relacionadas con el traslado de la tubería desde el sitio de alineación y soldadura hasta el fondo de la zanja y el posterior llenado de la misma.

### 2 BAJADO DE LA TUBERIA

2.1 Todo programa de bajado y tapado debe ser informado por escrito a ECOPEPETROL, con 24 horas de anticipación, con el fin de obtener su aprobación.

2.2 La tubería debe bajarse a la zanja luego de revestir la zona de las juntas e inmediatamente después de haber sido inspeccionada con el detector de fugas del revestimiento y aprobada por ECOPEPETROL.

### 3 LLENADO DE LA ZANJA

3.1 En el llenado de la zanja se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

3.1.1 Debe retirarse del fondo de la zanja todo aquello que pueda dañar al recubrimiento como por ejemplo, rocas sueltas, piedras, bloques de madera, tubos, herramientas y varillas de soldadura.

3.1.2 Cuando el fondo sea rocoso se debe recubrir con una capa de arena o suelo desmenuzado de por lo menos 8 cm de espesor o con bolsas llenas de arena o suelo. El fondo debe estar nivelado para que el peso de la tubería quede bien distribuido.

3.1.3 Se permite el bajado de la tubería cuando la zanja se encuentre con agua, previa aprobación por parte de ECOPEPETROL.

3.2 La tubería debe ser colocada directamente sobre el fondo de la zanja dejando, donde sea necesario, porciones de tubería sobresaliendo de la zanja, apoyadas sobre durmientes y formando curvas verticales dentro de la flexibilidad natural de la tubería o *Stack Loops*. Los *Stack Loops* deben bajarse en las mañanas o en las noches cuando el tubo esté frío y no necesite ser forzado para entrar en la zanja. Cuando quede un exceso de tubería fuera de la zanja en algún *Stack Loop* y no sea posible lograr que dicha tubería quede convenientemente alojada dentro de ella, se debe proceder a cortar y remover un sector de tubo, soldando nuevamente los extremos de la tubería.

3.3 Salvo en los casos indicados por ECOPEPETROL, el material de relleno de las zanjas es el mismo de la excavación de ellas, libre de materia orgánica o de suelos muy húmedos y blandos.

3.4 Durante la bajada se deben evitar golpes o fricciones contra los lados de la zanja. Para este efecto se pueden colocar láminas de madera contrachapada, fieltros o

cartones corrugados. Todo daño del recubrimiento debe ser reparado por cuenta del Contratista.

3.5 La zanja se debe rellenar inmediatamente después de la instalación para evitar cualquier daño del recubrimiento. Antes de rellenar se deben separar todos los objetos que puedan dañarlo tales como fragmentos de roca o piedras grandes. Después de colocar sobre la tubería unos 15 cm de relleno con tierra suelta, se pueden incluir los objetos duros separados anteriormente.

3.6 La tierra suelta puede reemplazarse por material sintético (poliuretano) el cual forma un "colchón" suave alrededor del tubo antes de colocar el material de relleno de la zanja o utilizar una malla de protección tipo *Rock Shield* o similar.

3.7 En los sitios de pendiente pronunciada o cuando el frente de apertura de zanja vaya separado del frente de bajado y tapado más de 3 días, se deben colocar en la zanja protecciones para evitar erosión y confinar posteriormente el relleno, las cuales consisten de barreras construidas de acuerdo con lo indicado en las figuras 2 y 3. En el segundo caso, el costo de las barreras requeridas es por cuenta del Contratista. Las barreras de la zanja pueden asimilarse a elementos estructurales en material sintético, cuya especificación debe someterse a aprobación de ECOPEPETROL. De considerar su utilización, el cuadro de precios debe indicar las alternativas contempladas.

3.8 El relleno debe terminarse acamellonando el material, de manera que la parte superior de dicho camellón quede 20 a 30 cm por encima del nivel del terreno adyacente, apisonándolo con un mínimo de 4 pasadas de la oruga del bulldozer, de acuerdo con las indicaciones de la figura 1.

3.9 El Contratista es responsable por los perjuicios que se causen a personas o animales por mantener abierta la zanja, antes o después de bajar la tubería. En zonas de alto tránsito de personas y animales se debe colocar puentes provisionales para el paso de la misma.

3.10 A todos los tramos de zanja ya rellenos el Contratista debe darles el mantenimiento adecuado hasta que se termine la construcción.

### 4 TAPADO EN BERMA DE UNA VIA

4.1 Cuando el alineamiento de la tubería vaya paralelo al eje de una carretera y su trazado coincida con la cuneta de la vía, el bajado y tapado de la tubería debe efectuarse de acuerdo con el diseño indicado, atendiendo siempre al cumplimiento de las disposiciones técnicas y de seguridad establecidas por el Ministerio del Transporte, Secretaría de Obras Públicas o por la entidad que tenga jurisdicción sobre la vía en referencia y cumpliendo las siguientes condiciones mínimas:

4.1.1 Debe colocarse la tubería enterrada a una profundidad mínima de 1.50 m medidos entre la clave del tubo y la rasante de la carretera.



	Normas de Ingeniería de Oleoductos <b>BAJADO Y TAPADO</b>	<b>NIO-0606</b> Feb-97 Hoja 2 de 4
---	--	--

4.1.2 Deben reconstruirse los rellenos, cunetas y bermas correspondientes con una calidad igual o superior a la existente.

### 5 MEDIDA Y PAGO

5.1 Esta actividad hace parte del ítem "Instalación de tubería enterrada" y su precio debe tenerse en cuenta allí.

5.2 Las barreras indicadas en las figuras 2 y 3 se miden y pagan por unidad.

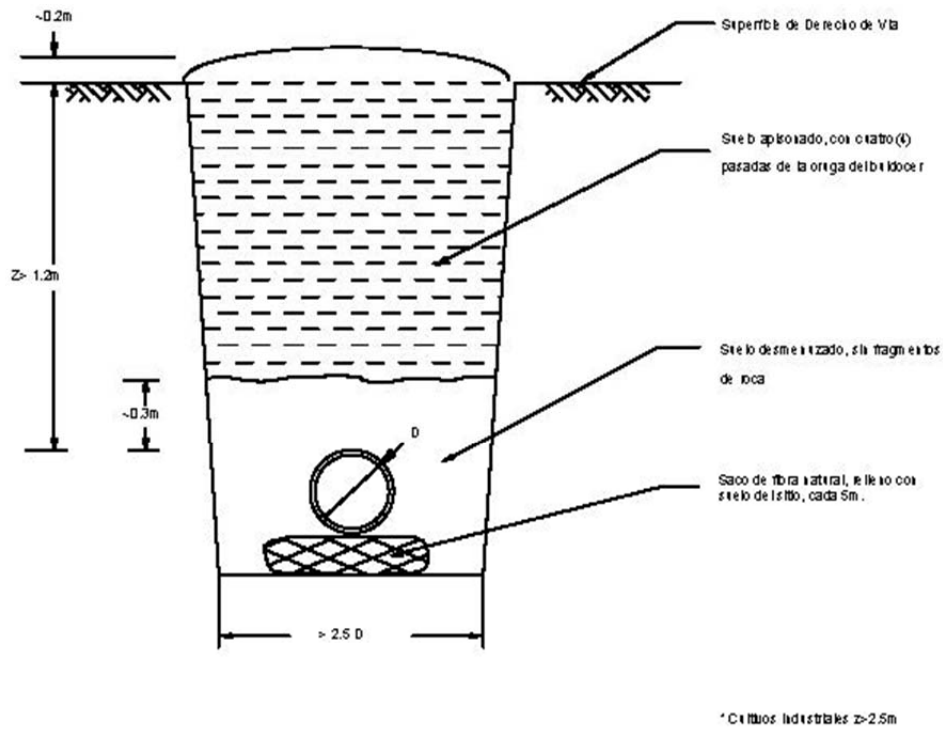


Figura 1. Colocación y tapado del tubo