



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
DEL CENTRO DE VERACRUZ



Reporte Final de Estadía

T.S.U. Adriana Trujillo Lozano.

Análisis de falla a tubería de presión.



SEV
ESTADO DE VERACRUZ

VER Educación
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



DET
Dirección de Educación
Tecnológica del
Estado de Veracruz

Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja
Congregación Dos Caminos, C.P. 94910. Cuitláhuac, Veracruz
Tel. 01 (278) 73 2 20 50
www.utcv.edu.mx



Programa Educativo de:
Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

Reporte que para obtener el título de:
Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

Proyecto de estadía realizado en la empresa:
SIDMA Atlántico S.A. de C.V.

Nombre del proyecto:
Análisis de falla a tubería de presión.

Nombre del Asesor Académico:
Ing. Raúl Velasco Muñoz.

Jefe de Carrera:
Ing. Gonzalo Malangón González.

Presenta:
T. S. U. Adriana Trujillo Lozano

Cuitláhuac, Ver., a 20 de abril de 2018.

Contenido

Contenido de ilustraciones.....	4
Contenido de tablas.	4
RESUMEN	6
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Estado del Arte	8
1.2 Planteamiento del Problema	8
1.3 Objetivos	8
1.4 Hipótesis	9
1.5 Justificación del Proyecto	9
1.6 Limitaciones y Alcances	10
1.7 Información sobre la Empresa.	10
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO.	14
3.1 Materiales y equipos a utilizar.	14
3.2 Calibración, verificación de equipos y calificación de personal.	14
3.3 Inspección visual.	14
3.4 Inspección mediante líquidos penetrantes.	19
3.5 Ultrasonido por arreglo de fases.	23
3.6 Estudios metalográficos.	26
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.	32
4.1 Resultados	32
4.2 Trabajos Futuros	32
4.3 Recomendaciones	32
ANEXOS	33
BIBLIOGRAFÍA	43

Contenido de ilustraciones.

Ilustración 1 Restos de soldadura.	16
Ilustración 2 Zona de corrosión.	16
Ilustración 3 Medición de profundidad de los daños encontrados.	17
Ilustración 4 Zona golpeada con disco.	17
Ilustración 5 Zona con golpes.	18
Ilustración 6 Aplicación de penetrante.	21
Ilustración 7 Aplicación del revelador.	22
Ilustración 8 Indicaciones encontradas.	22
Ilustración 9 Calibración y ajuste del equipo.	24
Ilustración 10 Evaluación de la tubería.	24
Ilustración 11 Imagen representativa de falta de penetración.	25
Ilustración 12 Preparación de la zona a inspeccionar.	30
Ilustración 13 Obtención del acabado espejo.	30
Ilustración 14 Extracción metalográfica.	31

Contenido de tablas.

Tabla 1 Cronograma de actividades.	13
Tabla 2 Indicaciones de refuerzo de soldadura.	19
Tabla 3 Tiempos mínimos de permanencia de penetrante (ASME, SEC. V ART. 6, 2015) ...	20
Tabla 4 Puntos para evaluación con ultrasonido.	26
Tabla 5 Selección del reactivo de ataque.	28
Tabla 6 Secciones de toda la tubería que fueron rechazadas.	32

AGRADECIMIENTOS

A ti madre que siempre me has apoyado y estado a mi lado, no me equivoco al decir que eres la mejor y a ti papá.

Gracias familia, a ustedes más que nada Diana y Cruz, las amo mucho.

A mis profesores que con amor y dedicación me han enseñado mucho, especialmente al Ing. Raúl Velasco Muñoz.

A la empresa SIDMA atlántico por abrirme las puertas y en especial al personal que en el labora a Mayra, Cynthia, Víctor, Marcelino, Sergio y Pedro gracias por enseñarme todo lo que aprendí durante mi proceso de estadía.

A mis compañeros y amigos de la universidad, gracias por ser la alegría de mis días escolares y gracias porque junto a ustedes he aprendido mucho.

Gracias Isaac por estar siempre a mi lado y ser mi compañero de clases.

RESUMEN

Este documento nos habla sobre el análisis de falla a una tubería de presión de 30" de diámetro, esta evaluación se realiza ya que en el año 2017 se produjo una fractura en una sección de ésta y a causa de ello se decidió inspeccionar el resto de la tubería para conocer el estado en el que se encuentra en la actualidad, este análisis se realizará mediante técnicas no destructivas las cuales se realizaran en la sección de cuarto de máquinas al interior del túnel. Esto se logrará mediante la interpretación y aplicación de las normas aplicables en los resultados obtenidos de las técnicas realizadas.

Durante la evaluación se encontraron diferentes daños en la tubería los cuales no se consideran relevantes, pero si es recomendable mantener un monitoreo constante en la tubería y reportar las anomalías que se presenten para que puedan ser evaluadas y se determine el estado en el que se encuentran.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Las pruebas mecánicas fueron creadas con el fin de conocer el estado en el que se encuentran los materiales, los ensayos no destructivos son una parte muy importante del control de calidad y representan un cumplimiento de otros métodos establecidos en tareas de mantenimiento.

Dada su versatilidad, estos ensayos pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones industriales, entre las principales se tienen la comprobación de fisuras internas, comprobación de espesores en tuberías, irregularidades en uniones por soldadura y desgaste en recipientes o tanques de almacenamiento.

En la realización del análisis de falla a la tubería de la central hidroeléctrica “Las truchas”, se logró inspeccionar la mayoría de la tubería debido que algunas secciones resaltaban inaccesibles por las condiciones del lugar. Al realizar este análisis se dio a conocer el estado en el que se encuentra la tubería para de esta manera decidir las acciones a tomar, además de indicar el lugar en que estas se encuentran, sus dimensiones y su nivel de relevancia.

1.1 Estado del Arte

Las pruebas no destructivas son exámenes o pruebas los cuales sirven para detectar discontinuidades internas y/o superficiales o para determinar propiedades selectas en materiales, soldaduras, partes y componentes, usando técnicas que no alteren permanentemente el estado físico y químico de los mismos, así como sus propiedades mecánicas o dimensionales. Por otra parte, los ensayos destructivos son una técnica la cual nos ayuda a determinar las propiedades mecánicas de los materiales.

Durante el año 2017 se realizaron ensayos destructivos y no destructivos, pero solo a una sección de la tubería la cual había sufrido el impacto de una roca, mediante estas técnicas se dio a conocer que esto, en conjunto con daños por entallas de diferentes profundidades (4mm, 6mm, 8mm y 11mm), se produjo la fractura en la tubería, estos fueron los factores propiciaron que la falla fuera mayor.

1.2 Planteamiento del Problema

En la central hidroeléctrica de “Las truchas”, ubicada en la ciudad de Durango, la tubería de alta presión de 30” de diámetro fabricada con acero API 5L X 42 la cual sale del cuarto de máquinas hacia el interior del túnel, sufre constantemente daños debido a que se encuentra en una parte del cerro Picacho donde constantemente ocurren deslaves con grandes cantidades de tierra y rocas, trayendo como consecuencia daños a la tubería.

¿Cómo se podría determinar el estado en que se encuentra dicha tubería?

1.3 Objetivos

Objetivo General:

- Realizar un análisis de falla en la sección de la tubería de 30” de diámetro de la central hidroeléctrica las truchas mediante técnicas no destructivas para determinar el estado en que se encuentra dicha tubería.

Objetivos específicos:

- Recolectar la información pertinente, tanto de equipos como la del personal técnico que realizara las pruebas.
- Aplicar las técnicas de análisis a tubería.
- Interpretar los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.
- Redactar un informe final de las técnicas realizadas, recomendando el tipo de mantenimiento más apropiado en dicha tubería con base en las normas y/o métodos aplicables.

1.4 Hipótesis

Los resultados obtenidos se analizarán para corroborar si están dentro o fuera de las normas aplicables, para que de esta manera se cumpla con los parámetros de calidad de la tubería, esto se lograra comparando y revisando los valores obtenidos en algunas irregularidades con lo estipulado.

Al realizar la inspección en la tubería se obtendrá un resultado real de las condiciones en que se encuentra actualmente, es decir, se darán a conocer los daños que ésta presenta y el lugar de ubicación de las fallas, además de poder determinar las consecuencias de estas.

1.5 Justificación del Proyecto

Los ensayos no destructivos son pruebas las cuales se realizan para conocer el estado en el que se encuentran las piezas a analizar, además de poder proporcionar recomendaciones para realizar los mantenimientos pertinentes y que estos no sufran daños mayores.

Debido a que la tubería a inspeccionar debe permanecer operando, se decidió realizar inspecciones no destructivas, ya que con estas técnicas no resulta necesario un paro de labores, así mismo, era necesario conocer el estado en que se encontraba la tubería, debido a que en el año 2017 se tuvo una fractura en una sección de la misma, debido al golpe de

una roca, además de que con estas técnicas el material no sufre modificaciones mecánicas o químicas.

1.6 Limitaciones y Alcances

Alcances:

- El alcance del trabajo realizado, se centrar en el apoyo a la redacción, estructuración y elaboración de las técnicas de líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonido (arreglo de fases) y metalografía con base en procedimientos y normas aplicables, ya que se debe contar con capacitación y certificación para la realización de los mismos.
- Este análisis sólo aplica a la tubería de 30" de diámetro de la central hidroeléctrica las Truchas. La inspección se realizará en las partes accesibles de la tubería.

Limitaciones:

- Solo se realizó la interpretación de los resultados, ya que el estudio lo realiza un técnico con nivel I.
- Por políticas de la empresa no es posible acceder a toda la documentación del personal.

1.7 Información sobre la Empresa.

SIDMA Atlántico S.A. de C.V, es una empresa mexicana ubicada en la ciudad de Veracruz Ver., la cual fue constituida legalmente en el año 2008, formada por un grupo de ingenieros y técnicos enfocados a la realización de pruebas no destructivas, estudios de materiales y soldaduras, actualmente también realiza buceo industrial, inspecciones a plataformas submarinas e inspecciones a embarcaciones, trabajando siempre bajo los lineamientos de las normas internacionales.

Misión: Ser una empresa con crecimiento en el mercado y satisfacer las necesidades de nuestros clientes; brindado un excelente servicio en tiempo y forma, alcanzando los más altos estándares de calidad, productividad y precios competitivos.

Visión: Consolidar a nuestra empresa como líder en el ramo de pruebas no destructivas, destructivas, supervisión, análisis metalográfico, soldadura y buceo industrial, con el mayor nivel de puntualidad, calidez y servicios a nivel nacional e internacional.

Objetivo: Dar un servicio de primera, de manera eficiente, en tiempo y forma, buscando siempre la mejora continua y satisfacer las necesidades personalizadas de cada cliente para mantener una relación de colaboración y confianza.

Servicios: La realización e interpretación de los resultados obtenidos de las pruebas destructivas, no destructivas, estudios metalográficos y supervisión de soldaduras son los servicios ofrecidos por SIDMA Atlántico S.A. de C.V., en el campo metalmecánico en cualquiera de sus fases de fabricación, construcción, montaje y mantenimiento de equipos en plantas industriales.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Durante este proyecto se emplearon métodos cualitativos como lo son la inspección visual y métodos cuantitativos como la inspección mediante líquidos penetrantes, arreglo de fases y replicas metalográficas.

Programa educativo: IMI	Empresa: Sidma atlántico S.A. de C.V.	Fecha de elaboración :
Nombre del alumno: Adriana Trujillo Lozano	Asesor industrial: Gerardo Cruz Huerta	
Asesor académico: Raúl Velasco Muñoz	Nombre del proyecto: Análisis de falla a tubería de presión.	
Objetivo del proyecto: Dar a conocer los resultados obtenidos mediante la realización de pruebas no destructivas.		
Semana	Actividad / objetivos específicos del proyecto	
1	Reconocer las empresa Sidma y las áreas que la conforman.	
2	Conocer las normas que rigen a los ensayos no destructivos.	
3	Conocer los procedimientos técnicos.	
4	Realizar prácticas con los equipos de líquidos penetrantes y partículas magnéticas.	
5	Conocer y realizar prácticas con los equipos de medición de ferrita y boroscopia.	
6	Realizar prácticas con el equipo de ultrasonido.	
7	Elaboración del objetivo de proyecto.	
8	Investigación de antecedentes.	
9	Recopilación de información	
10	Elaboración de metodología.	

11	Recabación de información de equipo industrial y productos
12	Recabación de certificados del personal
13	Anexo de procedimientos
14	Elaboración de planos
15	Presentación de proyecto

Tabla 1 Cronograma de actividades.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO.

En el presente capítulo se explicará cómo se realizó el desarrollo para alcanzar el objetivo de tener un análisis de la tubería para de esta manera conocer el estado en el que se encuentra así mismo se describirán de manera breve los procedimientos utilizados y cuáles son los pasos a seguir para realizar una técnica correcta.

3.1 Materiales y equipos a utilizar.

Para la realización de los análisis en la tubería, es necesario seleccionar los equipos y materiales que cumplan con lo solicitado por los clientes y así mismo que cumplan con las normas aplicables y en caso de ser necesario realizar las verificaciones y comprobar que las calibraciones de los equipos se encuentren vigentes.

3.2 Calibración, verificación de equipos y calificación de personal.

Para la realización de las inspecciones es necesario que el personal cuente con las certificaciones correspondientes como Técnico PND nivel II SNT, estas certificaciones son internas, emitidas con la empresa y debe cumplir con lo especificado en la práctica recomienda.

De igual manera el equipo de ultrasonido por arreglo de fases debe estar certificado por un laboratorio aprobado por la EMA el cual garantice que las condiciones del equipo se encuentren en orden y procedan a su calibración.

3.3 Inspección visual.

Equipos utilizados para la técnica de inspección visual:

- Vernier
- Lámpara de luz blanca.
- Flexometro.

- Lupa
- Galgas.
- Termómetro marca Steren.

En primera instancia se realiza una inspección visual a toda la tubería basados en el procedimiento SIDMA-PR-PND-IV-01 el cual esta referenciado bajo las normas aplicables a la inspección visual además de deben de encontrarse vigentes.

El procedimiento está basado en el método que se considera correcto para poder realizar el examen de inspección visual y consta de la siguiente metodología:

- 1.- Selección del tipo de inspección: la examinación visual podrá realizar de manera directa cuando exista suficiente acceso para observar a 61 cm de distancia y que al ángulo con respecto al área a examinar sea igual o mayor a 30° o de manera indirecta cuando el área a inspeccionar se encuentre a una distancia mayor y no cumpla con el ángulo de observación, en este caso se emplearan instrumentos de ayuda como espejos, boroscopios o cámaras.
- 2.- Limpieza de la superficie a examinar: la superficie a inspeccionar debe encontrarse limpia y seca.
- 3.- Condiciones de iluminación: el área e examinar debe encontrarse adecuadamente iluminada mediante luz natural o artificial (la intensidad mínima de luz 1000 lx).
- 4.- instrumentos y equipos. Los instrumentos a utilizar deben encontrarse en óptimas condiciones de funcionamiento y se requiere deberán estar verificados y calibrados.

5.- Interpretación de los resultados: los criterios de aceptación para componentes y soldaduras estarán establecidos en base al código o norma aplicable de acuerdo con su operación o servicio.

De esta manera se podrán determinar indicaciones como, las condiciones superficiales de la pieza, la alineación de las superficies, etc.

Durante la evaluación de la tubería entre los daños más relevantes de se pudieron apreciar restos de soldadura y metal de las orejas de izaje estas se apreciaron desde la sección de la tubería de 7/16" hasta la zona de 7/8" (ver ilustración 1)



Ilustración 1 Restos de soldadura.

En otras secciones de la tubería con espesor de 5/8" se observaron zonas con oxidación por corrosión (ver ilustración 2).



Ilustración 2 Zona de corrosión.

Así mismo se encontraron daños sobre las soldaduras circunferenciales los cuales fueron medidos con la ayuda de una galga para poder determinar la profundidad de los daños de esta zona (ver ilustración 3), las medidas de las profundidades fueron de $1/32''$ en la SC-48, en la SC-95 de $1/32''$, cerca de la SC-90 $1/16''$, en la sección JEU (P-N6) de $1/8''$ y se mostró otro golpe de arco cerca de la SC-82 de $1/16''$ de profundidad.



Ilustración 3 Medición de profundidad de los daños encontrados.

En otros puntos también se localizaron zonas golpeadas con discos de desbaste (ver ilustración 4), socavados de diferentes profundidades.

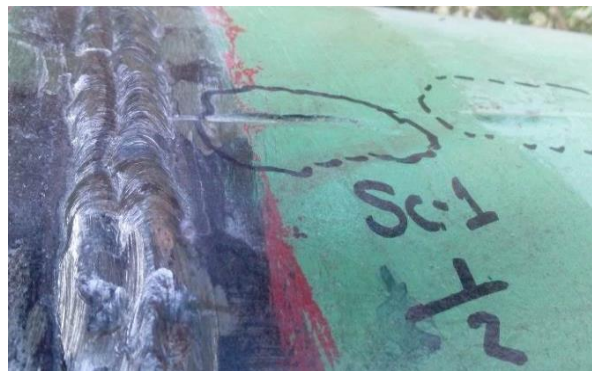


Ilustración 4 Zona golpeada con disco.



Ilustración 5 Zona con golpes.

Basados en el procedimiento SIDMA-PR-PND-IV-01 se determina si las indicaciones encontradas en la inspección visual realizada son aceptables o rechazables, cumpliendo con el procedimiento anterior y las especificaciones que este procedimiento marca, estos criterios son:

- a) Cualquier grieta, falta de fusión y falta de penetración.
- b) Socavados que excedan de 0.4 mm (1/64") para soldaduras verticales.
- c) Socavados que excedan de 0.8 mm (1/32") para soldaduras horizontales, de boquillas y de aditamentos permanentes.
- d) Más de un grupo de poros (uno o más poros) en 100 mm (4") de longitud de soldadura.
- e) Si el diámetro de grupo de poros excede de 2.4 mm (3/32").
- f) Refuerzo de soldadura que exceda de lo indicado en la tabla N°. 2

Espesor de la placa	Espesor máximo del esfuerzo	
	Juntas verticales	Juntas horizontales
≤ 13 mm (1/2")	2.5 mm (3/32")	3 mm (1/8")
> 13 mm (1/2"), hasta 25 mm (1")	3 mm (1/8")	5 mm (3/16")
> de 25mm (1")	5 mm (3/16")	6mm (1/4")

Tabla 2 Indicaciones de refuerzo de soldadura.

Como resultados generales se obtiene que durante la inspección visual en la tubería de presión se mostraron restos de soldadura y metal de las orejas de izaje que ya fueron cortadas todo esto se observó desde las zonas de tubería de 7/16 hasta la zona de 7/8 así como también mostrándose daños ocasionados por disco de desgaste.

3.4 Inspección mediante líquidos penetrantes.

Equipos utilizados para la técnica de líquidos penetrantes:

- Penetrante base solvente skl-sp2 marca magnaflux.
- Revelador skd-s2 aerosol marca magnaflux.
- Trapo limpio.
- Cepillos de alambre.
- Cardas.
- Disolventes.

Como segunda técnica de análisis de falla en la tubería se aplicaron líquidos penetrantes coloreados base solvente para la detección de fallas esto siguiendo las especificaciones del procedimiento SIDMA-PR-PND-PT-03 el cual nos indica los pasos a seguir para la realización de esta técnica.

1.- Preparación de la superficie: cuando se realice la inspección por líquidos penetrantes la superficie a examinar y las áreas adyacentes de al menos 25mm debe estar seca y libre de toda suciedad, pelusa, polvo, grasa o cualquier otra materia que pueda inferir con el examen.

2.- Aplicación del penetrante: Después de la parte ha sido limpiado, secado y está dentro de la temperatura especificada rango, el penetrante se aplica a la superficie que se va a examinado para que toda la parte o área bajo examen está completamente cubierto con penetrante.

Se empleará un proceso tipo II método C de acuerdo a la clasificación de la norma ASTM E 165 – 09 que es la aplicación de penetrantes coloreados eliminables con solventes.

El tiempo mínimo que deben permanecer los penetrantes sobre el área a examinar esta dado en la norma ASME sección V artículo 6.

Minimum Dwell Times			
Material	Form	Type of Discontinuity	Dwell Times
			[Note (1)], (minutes)
			Penetrant
Aluminum, magnesium, steel, brass and bronze, titanium and high- temperature alloys	Castings and welds	Cold shuts, porosity, lack of fusion, cracks (all forms)	5
	Wrought materials — extrusions, forgings, plate	Laps, cracks	10
Carbide-tipped tools	Brazed or welded	Lack of fusion, porosity, cracks	5
Plastic	All forms	Cracks	5
Glass	All forms	Cracks	5
Ceramic	All forms	Cracks	5

NOTE:
 (1) For temperature range from 50°F to 125°F (10°C to 52°C). For temperatures from 40°F (5°C) up to 50°F (10°C), minimum penetrant dwell time shall be 2 times the value listed.

Tabla 3 Tiempos mínimos de permanencia de penetrante (ASME, SEC. V ART. 6, 2015)

Una vez transcurrido el tiempo de penetración especificado se debe eliminar el exceso de penetrante.

3.- Revelado: La aplicación del revelador se llevará a cabo por atomizador, utilizando un revelador húmedo no acuoso, el tiempo de permanencia del revelador sobre la superficie antes de la inspección no debe ser menor de 7 minutos. Este lapso comienza inmediatamente después de que el revelador húmedo se seca (esto es cuando el solvente portador se ha evaporado).

4.- Evaluación de indicaciones: Una vez aplicado el revelador a la superficie y habiéndose secado éste, se procede inmediatamente a la interpretación de las indicaciones que se presentan.

La aplicación de estos líquidos penetrantes se realizó en la mayoría de las soldaduras longitudinales y circunferenciales de la tubería, a las que no se les pudieron aplicar estos fue a causa de tubería inaccesible.

Como primer paso se procedió a realizar una limpieza previa del área, una vez limpia la superficie se procedió a la aplicación del líquido penetrante (ver ilustración 6) y se dejó secar durante 15 minutos, aproximadamente.



Ilustración 6 Aplicación de penetrante.

Posteriormente se eliminó el exceso de penetrante y se ejecutó la aplicación del revelador

el cual se dejó actuar sobre la superficie a inspeccionar 7 minutos para lograr que cualquier indicación pudiera ser revelada (ver ilustración 7).



Ilustración 7 Aplicación del revelador.

Transcurrido el tiempo necesario, las indicaciones comenzaron a aparecer sobre las superficies y se procedió a la interpretación de las indicaciones, obteniendo ligeros poros en una de las soldaduras siendo la SC-7 en zona de 5/8" con medida de 1/16 "y SC-15 en zona de 3/4" con una medida de 1/8" esto se llevó a cabo observando el contraste de color entre el penetrante extraído de la discontinuidad y la superficie de fondo (ver ilustración 8)

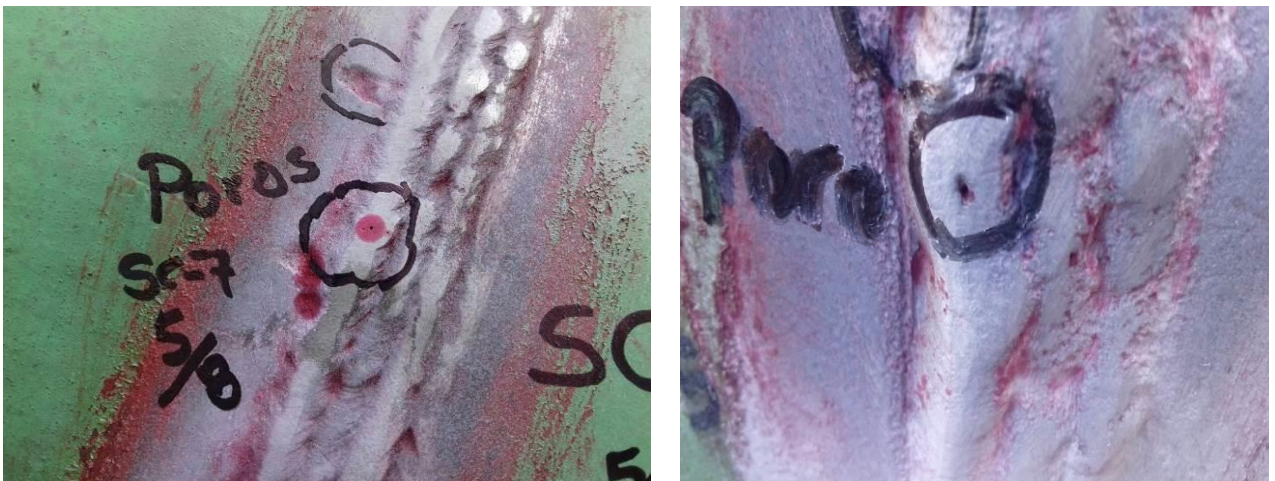


Ilustración 8 Indicaciones encontradas.

Una vez inspeccionada toda la tubería solicitada por el cliente, con base en el procedimiento SIDMA-PR-PND-PT-03 el cual nos marca los criterios de evaluación para las indicaciones encontradas.

Todas las superficies que se examinarán estarán libres de:

- (a) indicaciones lineales relevantes
- (b) indicaciones redondeadas relevantes mayores de 3/16 pulg. (5 mm)
- (c) cuatro o más indicaciones redondeadas relevantes en una línea separada por 1/16 pulg. (1.5 mm) o menos, borde a borde (excepto cuando la especificación del material establezca diferentes criterios).

Al finalizar la técnica en toda la sección de la tubería se obtuvo que solo se detectaron dos poros en la soldadura SC-7 en la zona de tubería de 5/8" así como también en la zona de 3/4" en la SC-15.

Elemento	Defecto	Zona
Soldadura circular - 7	Poros	Tubería de 5/8"
Soldadura circular - 15	Poros	Tubería de 3/4"

3.5 Ultrasonido por arreglo de fases.

Equipos utilizados para la técnica de ultrasonido por arreglo de fases:

- Equipo de ultrasonido Phasor XS marca krautkramer.
- Palpador de haz recto de arreglo de fases.
- Palpador de haz angular de arreglo de fases.

Otra técnica realizada para la evaluación de dicha tubería fue el ultrasonido por arreglo de fases de igual manera esta técnica fue aplicada en la mayoría de las secciones de la tubería.

Para realizar esto es necesario hacer una verificación y ajuste del equipo de acuerdo con el espesor de la tubería (ver ilustración 9) previo a la realización del barrido.



Ilustración 9 Calibración y ajuste del equipo.

Una vez realizado este proceso se procedió a la evaluación.



Ilustración 10 Evaluación de la tubería.

La prioridad fue la zona de golpe la cual se encuentra entre la JSC 4 Y JSC 3, en donde con el equipo de ultrasonido con arreglo de fases no se detectó ninguna indicación interna de carácter relevante, solo los rayones superficiales encontrados en el metal base.

Así mismo, de acuerdo a la inspección de las soldaduras en la sección JSC 1 Y JSC 1 de la tubería de alta presión se observó e identifico a detalle esta indicación encontrando un desgaste en los biseles de la unión de la placa rolada, no considerada relevante y recomendando solo un monitoreo constante.

Al inspeccionar la sección JSC 11 Y JSC 12 solo se determinó una pequeña zona interna considerándola falta de penetración generada durante el montaje e instalación no recomendando reparación solo monitoreo programado.

Al finalizar la inspección en toda la tubería y después de redactar los reportes correspondientes se obtiene como conclusión que de acuerdo con la realización del primer barrido a (escaneo campo cercano) y el barrido b (campo lejano) y con una apertura de un escaneo de 30° a 70° se concluyó que el material de la tubería se encuentra en condiciones de operación ya que el desgaste encontrado no fue mayor a 0.100" más menos 0.002" en las secciones encontradas considerando no relevante y especificándolo, en la siguiente ilustración:

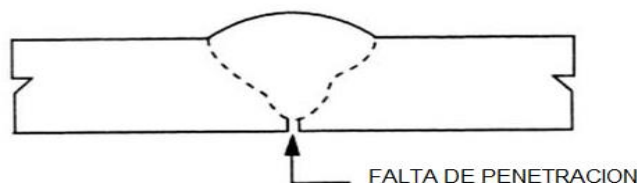


Ilustración 11 Imagen representativa de falta de penetración.

Como se aprecia en las imagen el desgaste encontrado es similar mismo que se genero durante la instalacion y montaje y se ha mantenido con un desgaste muy ligero por la erosion ejercida por la presion del agua interna de igual forma se mencionan en la tabla los puntos para la evaluacion con ultrasonido:

Ubicación	Defecto	Recomendacion
S.L. entre S.C.1 (7/16") y S.C.1 (7/16")'0	No relevante	Monitoreo
S.L.entre S.C.11 (7/16") y S.C.12 (7/16")	No relevante	Monitoreo
S.L entre S.C 28 (5/8") y S.C.29 (5/8")	No relevante	Monitoreo
S.L entre S.C.4 (3/4") y S.C.5 (3/4")	No relevante	Monitoreo

Tabla 4 Puntos para evaluación con ultrasonido.

De acuerdo a la evaluacion realizada las indicaciones encontradas no se consideran relevantes debido a que ninguna cumple los siguientes criterios de rechazo:

- 1.- la longitud de una indicacion individual no excede de 1"(25 mm)
- 2.- la suma de las longitudes de las indicaciones en una longitud del cordon continuo de 12" (300mm) excede a 1"(25 mm).
- 3.- la suma de las longitudes de las indicaciones exceden el 8% de longitud en cualquier soldadura de 12"(300mm) de longitud de cordon.

3.6 Estudios metalográficos.

Equipos utilizados para la técnica de réplicas metalográficas.

- Microscopio metalográfico portátil marca Quasar
- Minitaladro marca Makita.
- Lijas de carburo de silicio grados 120, 180, 240, 320, 400, y 600.

- Pasta diamante de diferente grano.
- Reactivos de ataque (de acuerdo con el material a ensayar).

La realización de esta técnica está basada en el procedimiento SIDMA-PR-PND-RM-01 el cual nos describe la metodología para la realización de los estudios metalográficos y es la siguiente:

1.- Estado superficial: La superficie a ser examinada deberá estar libre de humedad, polvo, grasa, etc. La temperatura de la superficie a inspeccionar será mantenida dentro de lo posible a temperatura ambiente y nunca mayor de 40°C.

2.- Preparación de la zona a inspeccionar:

- Desbaste en bruto: En el caso de que la zona a inspeccionar presente capas de óxido, éstas serán removidas con un disco abrasivo, empleando posteriormente lijas de grado 80 y 120. Durante todas las operaciones de esmerilado y pulido, el movimiento deberá realizarse en sentido perpendicular a las ralladuras existentes, esto facilitará darse cuenta del momento en que las ralladuras más profundas hayan sido sustituidas por lo menos profundas, características del abrasivo más fino.
- Desbaste fino: El desbaste fino será realizado mediante la utilización de las lijas grado 240 a 600 y realizando dicho pulido conforme a la técnica explicada en el punto anterior
- Pulido: Para el pulido se utilizará un paño del tipo microcloth, empleando la pasta de diamante como elemento abrasivo y aceite mineral como agente dispersante. Para alcanzar el éxito en el pulido fino, dependerá mucho del tiempo utilizado y del cuidado puesto durante las etapas previas de pulido.

- Ataque químico: Una vez pulida a espejo la zona de donde se extraerá la réplica metalográfica, se procederá a efectuar el ataque químico de la misma con el fin de hacer evidente los aspectos micro estructurales del material.

La selección del reactivo de ataque, así como la forma de aplicación dependerá del tipo de material y micro estructura por revelar de acuerdo a la siguiente tabla:

Reactivo	Modo de aplicación	Usos
Nital al 4% 96ml alcohol 4 ml HNO ₃	Por goteo, inmersión y humectación de 45 a 90 S.	Aceros al carbono baja y media aleación. Aceros de alta velocidad. Aceros grado herramienta.
Gliceregia o también llamada mezcla de ácidos 10 ml ácido acético, 10 ml HNO ₃ , 20 ml HCL, 3 gotas de glicerina.	Por goteo, inmersión y humectación de 1.5 a 3.5 min.	Para aceros inoxidables, y aleaciones base níquel.
Cloruro férrico o 113-B. 100 ml H ₂ O , 5 g cloruro férrico (Fe CL), 20 ml HCL.	Por goteo, inmersión humectación de 1.5 a 3 min.	Para aceros inoxidables.
Reactivo de kalling 2 g cloruro cúprico 40 ml HCL 40 – 80 ml etanol 40 ml H ₂ O	Por goteo o inmersión. el tiempo que se requiera.	Normalmente usado en turbinas: para aleaciones base níquel principalmente y aceros inoxidables.

Tabla 5 Selección del reactivo de ataque.

Durante éste paso es importante el tiempo de ataque, ya que un sobre ataque obscurece totalmente la muestra (la micro estructura será poco definible), por el contrario, un ataque insuficiente no revelará totalmente la micro estructura.

3.- Dimensiones del acetato:

- Para cuantificar ablandamiento por efectos térmicos (Thermal Softening). Las dimensiones serán 10.0 x 15.0 mm, aproximadamente, de tal forma de tener siempre un rectángulo.
- Para cuantificar cavitación. Las dimensiones serán 12.0 x 20.0 mm, aproximadamente. En el caso de que la zona a examinar requiera un mayor tamaño de acetato se podrán aumentar las dimensiones del mismo, teniendo la precaución de siempre obtener un rectángulo y cortar las puntas de uno de sus lados de menor dimensión.

4.- Extracción de la replica:

En una sección de acetato con las dimensiones y forma indicadas en el apartado anterior, se coloca una o varias gotas de “acetato de metilo” (solvente) para que humedezca la sección del acetato, y antes de que la solución se evapore se coloca sobre la superficie previamente preparada y atacada; se deja un período mínimo de 60 segundos y después se retira de la superficie de inspección.

5.- interpretación metalográfica: La interpretación metalográfica deberá realizarse con detenimiento y minuciosidad en un microscopio metalográfico a diferentes aumentos, para poder definir con exactitud el dictamen de un material, para lo cual ésta actividad será llevada a cabo por personal técnico capacitado y con la experiencia suficiente en ésta actividad.

En primer instancia se realizó el procedimiento de pulido espejo en zonas de rayones, golpes de la tubería para poder evaluar el grado del material micro estructuralmente (ver ilustración 12)



Ilustración 12 Preparación de la zona a inspeccionar.

Una vez obtenido el acabado espejo en la sección de la tubería a inspeccionar se procede al ataque químico, utilizando en esta tubería Nital como reactivo.



Ilustración 13 Obtención del acabado espejo.

Después de haberse aplicado el reactivo y transcurrido unos segundos se realiza la extracción metalográfica en diferentes zonas de la tubería de 30" de diámetro para verificar el status del material con la ayuda de un microscopio.



Ilustración 14 Extracción metalográfica.

Las extracciones metalograficas se realizaron en 30 puntos diferentes de la tubería considerando esencialmente las siguientes características: golpes, codos, zonas afectadas termicamente, así como soldaduras circunferenciales y cambios de sección en espesores de la tuberías.

la evaluación metalografica determino que el material de la microestructura se encuentra con alto contenido de perlita y ferrita en la matriz con carburos dispersos y en algunas muestras se aprecia la perlita en bandas.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

4.1 Resultados

Como resultado de estos análisis se logró conocer el estado en que se encontraba la tubería y los lugares en que se encontraron daños. Así mismo estas fueron evaluadas bajo las normas correspondientes para determinar si estas son aceptadas o rechazadas.

Inspección visual		
SC 4	Entalle por disco de desbaste 3/32"	Rechazable
SC 7	Socavado de 1/32"	Rechazable
SC 14	Socavado de 1/16"	Rechazable
SC 17	Socavado de 3/32"	Rechazable
SC 20-A	Socavado de 3/32"	Rechazable
SC 25	Golpe de arco	Rechazable
SC 27	Socavado de 1/16"	Rechazable
SC 13	Socavado de 1/8"	Rechazable
SC 14	Socavado de 1/8"	Rechazable
SC 29	Socavado de 1/16"	Rechazable

Tabla 6 Secciones de toda la tubería que fueron rechazadas.

4.2 Trabajos Futuros

Como trabajos futuros se tiene la realización del procedimiento de ultrasonido arreglo de fases, así como la actualización del formato para esta técnica.

4.3 Recomendaciones

Es recomendable llevar a cabo la evaluación de la tubería de acuerdo a la norma API 2B donde la profundidad del 5% de espesor nominal de pared especificado y marcas de daños mecánicos (arrancaduras, cortes, etc....) con una profundidad del 5% del espesor nominal o 1/16" (0.061") son permitidas dentro de la inspección y no son necesarias de eliminar. En caso de que la profundidad de alguna imperfección sea mayor a lo antes ya mencionado pero que no sobre pase más del 20% en profundidad del espesor de pared nominal se podrá reparar.

ANEXOS

Anexo 1: Reporte de inspección visual.

REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL									
CLIENTE / CUSTOMER		PROYECTO / DRAFT			FECHA / DATE		HOJA		
					FEBRERO DEL 2018		1 DE 23		
O.C/ N.C / PURCHASE OF ORDER		No. COTIZACIÓN / QUOTATION NO.			No. REPORTE / REPORT NO.				
COMPONENTE / COMPONENT		NORMA DE REFERENCIA / REFERENCE OF RULE			No. DE PROCEDIMIENTO / PROCEDURE No.				
TUBERIA DE PRESION DE 5/16"		ASME SECCION V ART. 9							
MATERIAL		ZONA EXAMINADA			TIPO DE ILUMINACION				
ACERO AL CARBONO		SOLDADURA			NATURAL		ARTIFICIAL		
DATOS DE LA INSPECCIÓN									
MÉTODO DE INSPECCIÓN VISUAL			CONDICION SUPERFICIAL						
	DIRECTA		ESMERILADO	MAQUINADO	CARDEADO	SAND-BLAS	CON RECUBRIMIENTO		
	REMOTA		LIMPIEZA MANUAL Y/O CON SOLVENTE		DESPUES DE SOLDAR		DESPUES DE SERVICIO		
DATOS DEL EQUIPO DE BOROSCOPIA									
EQUIPO UTILIZADO		MARCA		MODELO		No. DE SERIE		CODIGO	
N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
TIPO DE SONDA									
LONGITUD			N/A			DIAMETRO			N/A
NORMA DE CRITERIO DE EVALUACION:									
REFERENCIA		FOTOGRAFIAS	PLANO	CROQUIS	DIBUJO	TEMPERATURA DE LA PIEZA			
REGISTROS DEL EXAMEN (RECORDS OF THE EXAM)									
PIEZA No.	SECCION		DEFECTO		EVALUACION		OBSERVACIONES		
C-1	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
C-1	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
JES-1	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-1	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-2	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-3	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
JES 3	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
JEU (P-N1)	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
JEU (P-N1)	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-1	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-2	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-3	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-4	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-5	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-8A	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-9	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-10	SOLDADURA		NINGUNO		ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
INSPECCIONADO POR:					EVALUADO POR:				

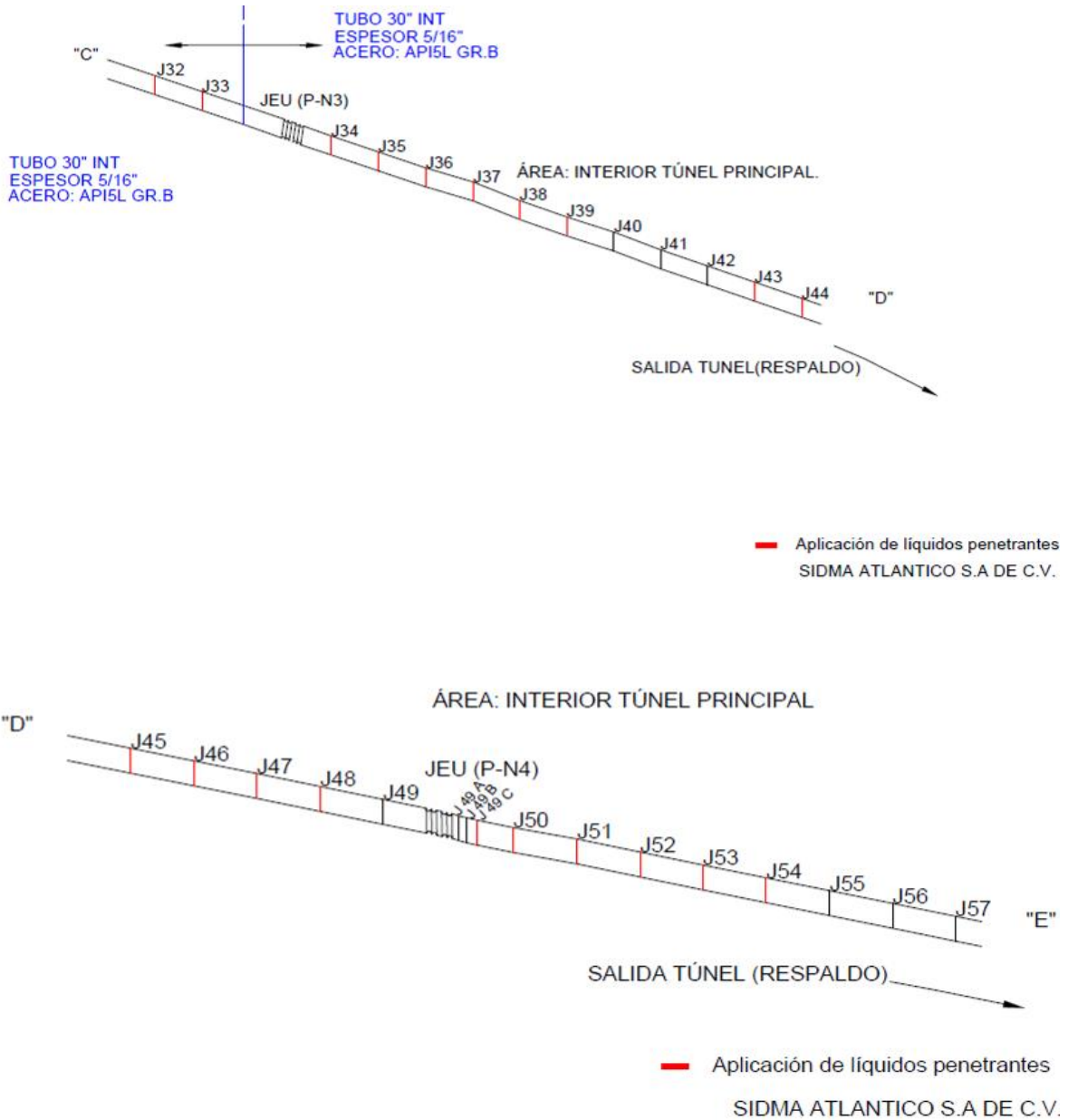
REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL											
CLIENTE / CUSTOMER		PROYECTO / DRAFT			FECHA / DATE		HOJA				
PRIMERO EMPRESA MINERA S. A. DE C. V.		CENTRA HIDROELECTRICA LAS TRUCHAS			FEBRERO DEL 2018		2 DE 23				
O.C/ N.C / PURCHASE OF ORDER		No. COTIZACIÓN / QUOTATION NO.			No. REPORTE / REPORT NO.						
4500052469		SIDMA-C.H.LASTRUCHAS-91-17			SIDMA-C.H.LASTRUCHAS-DI-006-18						
COMPONENTE / COMPONENT		NORMA DE REFERENCIA / REFERENCE OF RULE			No. DE PROCEDIMIENTO / PROCEDURE No.						
TUBERIA DE PRESION DE 5/16"		ASME SECCION V ART. 9			SIDMA-PR-PND-VT-02						
MATERIAL		ZONA EXAMINADA			TIPO DE ILUMINACION						
ACERO AL CARBONO		SOLDADURA			NATURAL		ARTIFICIAL				
DATOS DE LA INSPECCIÓN											
MÉTODO DE INSPECCIÓN VISUAL		CONDICION SUPERFICIAL									
DIRECTA		ESMERILADO		MAQUINADO		CARDEADO		SAND-BLAS		CON RECUBRIMIENTO	
REMOTA		LIMPIEZA MANUAL Y/O CON SOLVENTE			DESPUES DE SOLDAR			DESPUÉS DE SERVICIO			
DATOS DEL EQUIPO DE BOROSCOPIA											
EQUIPO UTILIZADO		MARCA		MODELO		No. DE SERIE		CODIGO			
N/A		N/A		N/A		N/A		N/A			
TIPO DE SONDA											
LONGITUD				N/A			DIAMETRO			N/A	
NORMA DE CRITERIO DE EVALUACION:											
REFERENCIA		FOTOGRAFIAS		PLANO		CROQUIS		DIBUJO		TEMPERATURA DE LA PIEZA	
REGISTROS DEL EXAMEN (RECORDS OF THE EXAM)											
PIEZA No.	SECCION			DEFECTO			EVALUACION		OBSERVACIONES		
SC-11	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-12	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-13	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-14	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-15	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-16	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-20	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-21	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-22	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-23	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-24	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-25	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-28	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-29	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-31	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-32	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
SC-33	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
S/N	SOLDADURA			NINGUNO			ACEPTABLE		SIN COMENTARIOS		
INSPECCIONADO POR:					EVALUADO POR:						
_____					_____						

Anexo 2: Reporte de inspección por líquidos penetrantes.

REPORTE DE INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES										PROCEDIMIENTO No.			
CLIENTE:					REPORTE No:								
PROYECTO:					FECHA:					FEBRERO DEL 2018			
COMPONENTE:					HOJA:					1 DE 7			
O. C/ N. C.:					No. COTIZACION:								
CODIGO DE REFERENCIA			ZONA DE EXAMINACION			ACABADO SUPERFICIAL							
ASME SECC. V ART. 6			SOLDADURA			SOLDADURA		METAL BASE					
MATERIAL		CODIGO DE EVALUACION				BURDO		MAQUINADO					
ACERO AL CARBONO		ASME SECC. VIII				ESMERILADO		FORJADO					
DATOS TECNICOS													
TIPO	MARCA	MODELO	SERIE	LOTE									
PENETRANTE	MAGNAFLUX	SKL-SP2	08864	17M11K									
REVELADOR	MAGNAFLUX	SKD-S2	06714	16H06K									
REMOVEDOR	MAGNAFLUX	SKC-S	021913	17H01K									
DATOS DE LA LAMPARA DE LUZ NEGRA					DATOS DEL MEDIDOR DE LUZ								
MARCA:		N/A			MARCA:		N/A						
MODELO:		N/A			MODELO:		N/A						
No. DE SERIE:		N/A			No. DE SERIE:		N/A						
CODIGO:		N/A			CODIGO:		N/A						
DATOS DEL ENSAYO													
TIPO DE PENETRANTE													
COLOREADOS		FLOURESCENTES			ALTA TEMPERATURA								
REMOVIBLES CON AGUA		REMOVIBLES CON SOLVENTE			REMOVEDOR ALTA TEMPERATURA								
APLICACIÓN DEL PENETRANTE													
INMERSION			ROCIADO			BROCHA							
TIPO DE REVELADOR													
ACUOSO			NO ACUOSO			HUMEDO							
LIMPIEZA PREVIA:		SI		TIEMPO DE SECADO:		7 MINUTOS		TIPO DE ILUMINACION:		NATURAL			
TEMPERATURA DE LA PIEZA:		12.8°C		NIVEL DE INSPECCION:		100%							
HUMEDAD ATMOSFERICA:		72.6		TIEMPO DE PENETRACION:		15 Min.		TIEMPO DE REVELADO:		7 MINUTOS			
RESULTADOS OBTENIDOS													
IDENTIFICACION	DISCONTINUIDAD	EVALUACION	LOCALIZACION Y DIMENSION DE DEFECTO				COMENTARIOS						
C-1	NINGUNA	ACEPTABLE	N/A				SIN COMENTARIOS						
C-1	NINGUNA	ACEPTABLE	N/A				SIN COMENTARIOS						
JES 1	NINGUNA	ACEPTABLE	N/A				SIN COMENTARIOS						
SC-1	NINGUNA	ACEPTABLE	N/A				SIN COMENTARIOS						
NOMENCLATURA DE DEFECTO						NIVELES DE DEFECTOS			EVALUACION				
F	FISURA	C	CRATER	P	POROSIDAD	FF	FALTA DE FUSION	L	LIGERO	M	MEDIO	A	ACEPTABLE
G	GRIETA	T	TRASLAPE	S	SOCAVADO	Z	OTROS DEFECTOS	B	BASTO	S	SEVERO	N	RECHAZABLE

REPORTE DE INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES										PROCEDIMIENTO No.			
CLIENTE:					REPORTE No:								
PROYECTO:					FECHA:					FEBRERO DEL 2018			
COMPONENTE:					HOJA:					2 DE 7			
O. C/ N. C.:					No. COTIZACION:								
RESULTADOS OBTENIDOS													
IDENTIFICACION		DISCONTINUIDAD		EVALUACION		LOCALIZACION Y DIMENSION DE DEFECTO				COMENTARIOS			
SC-		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-2		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-3		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
JES 3		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
JEU (P-N1)		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
JEU (P-N1)		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-1		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-2		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-3		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-4		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-5		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-8A		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-9		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-10		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-11		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-12		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-13		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-14		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-15		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-16		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-20		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
SC-21		NINGUNA		ACEPTABLE		N/A				SIN COMENTARIOS			
NOMENCLATURA DEL DEFECTO						NIVELES DE DEFECTO				EVALUACION			
F	FISURA	C	CRATER	P	POROSIDAD	FF	FALTA DE FUSION	L	LIGERO	M	MEDIO	A	ACEPTABLE
G	GRIETA	T	TRASLAPE	S	SOCAVADO	Z	OTROS DEFECTOS	B	BASTO	S	SEVERO	N	RECHAZABLE
INSPECCIONADO POR:						APROBADO POR:							

Anexo 3: Planos representativos de la aplicación de líquidos penetrantes.



Anexo 4: Reporte de la inspección por ultrasonido arreglo de fases.

REPORTE DE INSPECCION POR ULTRASONIDO (PHASED ARRAY)

CLIENTE:		HOJA:	1	DE	1
PROYECTO:		FECHA:	ENERO-FEBRERO-2018		
PROCEDIMIENTO:		O.C./N.C.:			
NORMA DE REFERENCIA:	ASME SECCION V ART 4 Y ART 5	No. DE COTIZACION:			
NORMA DE EVALUACION:	API 5L Y API 1104	No. REPORTE:			

DATOS DEL EQUIPO

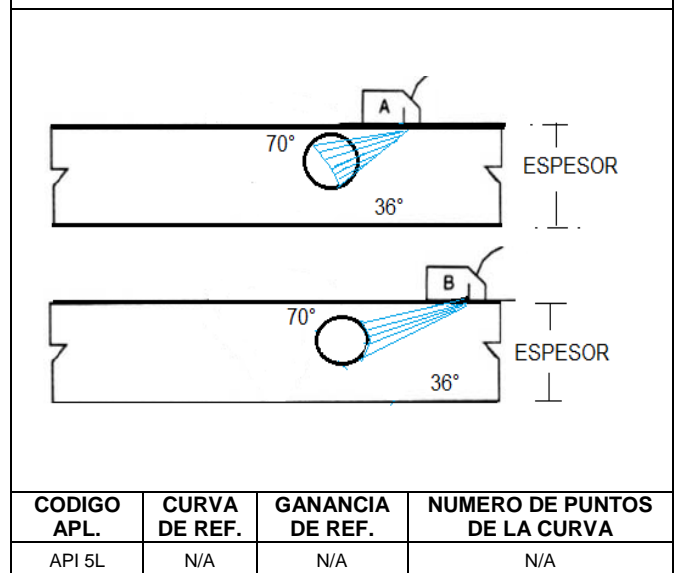
EQUIPO UTILIZADO:	PHASOR ARRAY	BLOCK DE REFERENCIA:	DSC
MARCA:	KRAUTKRAMER	MARCA:	PANAMETRICS
MODELO:	PHASOR XS	MODELO:	DSC TEST BLOCK
NUMERO DE SERIE:	0216NN	NUMERO DE SERIE:	SER N.-30007
CODIGO:	ASME SECCIÓN 5 ART. 4	CODIGO:	N/A
FECHA DE CALIBRACION:	31-AGOSTO-2017	PALPADOR:	36° INC V/N2337IN/SEC Z-OFSET12.37MM
FECHA DE RECALIBRACION:	31-AGOSTO-2018	ZAPATA:	HAZ ANGULAR
NUMERO DE CERTIFICADO:	DF17.0365	ENCONDER:	N/A

DESCRIPCION DE LA ZONA EXAMINADA

MATERIAL:	API 5L X42	
SECCION:	SOLDADURA	
ESTADO SUPERFICIAL:	ACEPTABLE	
IDENTIFICACION:	N/A	
SOLDADURA	ZAC	FUNDICION Y FORJA
TUBERIA	PLACA	OTRO

DATOS DE LA CALIBRACION		LEY FOCAL	
VEL. TRANS.:	0.2323	No. DE ELEM.:	32
VEL. LINEAL.:	0.1779	PRIMER ELEM.:	1 LIM INF
RANGO DE CAL.:	56.0	ULTIMO ELEM.:	N/A
TIPO DE ONDAS:	FOCAL	ANGULO MAX.:	70°
SWEEP DELAY:	N/A	ANGULO MIN.:	30°
FRECUENCIA:	5.0 MHZ	ANGLE STEP.:	56°
ACOPLANTE:	Gel	FOCUS DEP.:	N/A

MAPA DE ESCANEO



REPORTE DE INDICACIONES POR ULTRASONIDO (PHASED ARRAY)

CLIENTE:		HOJA	1	DE	15
PROYECTO:		FECHA:	ENERO-FEBRERO-2018		
PROCEDIMIENTO:		O. DE COMPRA:			
NORMA DE REFERENCIA:	ASME SECCION V ART 4 Y ART 5	No. DE COTIZACION:			
NORMA DE EVALUACION:	API 5L Y API 1104	No. REPORTE:			

REPORTE DE INDICACIONES

NUMERO	INDENTIFICACION DE ELEMENTO	° TRANSDUCTOR	CURVA TGC		TRAYECTORIA SA	PROYECCION PA	ESPESOR DA	RECORRIDO DEL SONIDO	PROFUNDIDAD DESDE "SA A PA"	DISTANCIA		EVALUACION DE DISCONTINUIDAD	OBSERVACIONES
			NIVEL REF.	NIVEL IND.						SA	DA		
			A	B									
1	S.L.ENTRE S.C.33Y S.C.34(5/16"API 5L GR B)	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
2	S.L.ENTRE J.C.80 A LA S.C.82(5/16"API 5L GRB—API 5L X42)	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
3	S.L.ENTRE S.C.50 A LA S.C.48(5/16"-3/8"API 5LGR X42)	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
4	S.L.ENTRE S.C.21 A LA S.C.19(3/8"-7/16" API 5LX42)	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
5	S.L.ENTRE S.C.21 A LA S.C.19(7/16" API 5L X42)	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
6	S.C.13(7/16")API 5LX42	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
7	S.C.12(7/16") API 5L X42	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
8	S.L.ENTRE S.C.13 Y S.C.12(API5LX42)	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
9	S.C.8 (7/16")API5L X42	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
10	S.C.7(7/16" API 5L X42)	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
11	S.L.ENTRE S.C.8 Y S.C.7(7/16") API 5L X42	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
12	S.C.6(7/16")API 5L X42	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
13	S.C.5(7/16")API 5L X42	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
14	S.L.ENTRE S.C.6 Y S.C.5(API 5L X42)	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1
15	S.C.4(7/16") API 5L X42	ANGULAR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ACEPTABLE	1

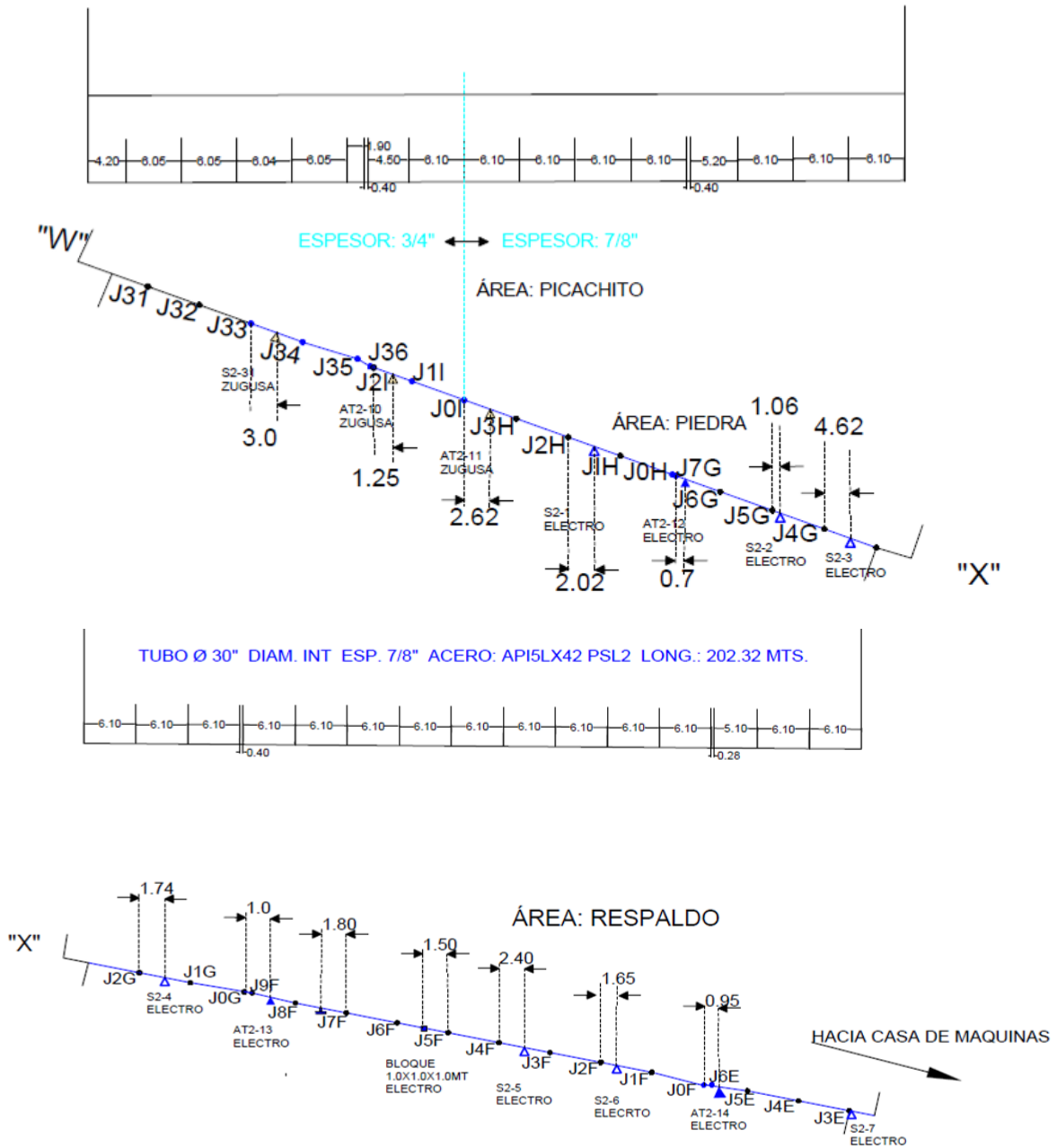
OBSERVACIONES 1. NO SE ENCONTRO NINGUNA INDICACION.

OBSERVACIONES 2. INDICACION NO RELEVANTE.

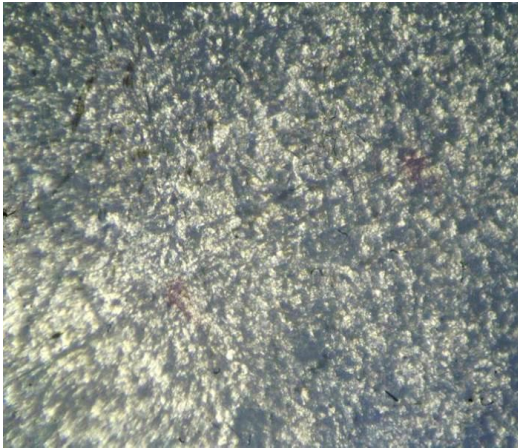
OBSERVACIONES 3. ELIMINAR/REPARAR.

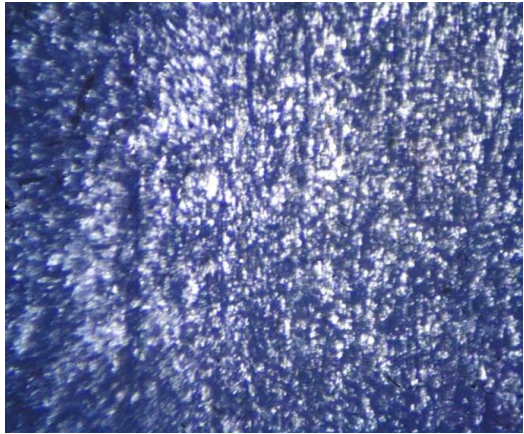
OBSERVACIONES 4. INDICACION RELEVANTE (RECHAZABLE).

Anexo 5: Plano representativo de la realización de ultrasonido arreglo de fases.



Anexo 6: Reporte de inspección por la técnica de réplicas metalográficas.

REPORTE DE METALOGRAFIAS				
REPORTE No:		O. DE COMPRA:		FECHA: ENERO DE 2018
CLIENTE:			No. DE COTIZACION:	
COMPONENTE:				UNIDAD: N/A
INSTALACION:		UBICACIÓN: DURANGO		CIRCUITO: N/A
DIAMETRO: 30"		ESPESOR NOMINAL: N/A	MATERIAL: API 5L	ESPECIFICACION: X42
DATOS TECNICOS DE LA INSPECCION				
PROCEDIMIENTO:		SECCION	LADO	ZONA
AUMENTOS:	100 X	ZAC	EXTERNO	2
NORMAS:	ASTM E 112			
ANÁLISIS METALOGRÁFICO				
		ZONA INSPECCIONADA	REACTIVO	TAMAÑO DE GRANO
		ZAC	NITAL AL 3%	4
ANÁLISIS DE LA MICROESTRUCTURA				
<p>Fotomicrografía extraída en zona afectada por el calor (ZAC) soldadura longitudinal identificando buen contenido de ferrita y perlita no apreciándose detrimentos o micro fisuras. los valores de dureza se encuentran dentro del rango establecido para este tipo de material.</p>				
ENSAYOS DE DUREZA				
ZONA	DUREZA BRINELL (HB)			
	PRIMER LECTURA	SEGUNDA LECTURA	TERCER LECTURA	VALOR PROMEDIO
2	166	161	170	165
PROPIEDADES MECANICAS				
ESFUERZO DE LA CENDENCIA (PSI)			ESFUERZO DE LA TENSION (PSI)	
42,000			60,000	
ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL				
API 5L X42				

REPORTE DE METALOGRAFIAS							
REPORTE No:		O. DE COMPRA:		FECHA: ENERO DE 2018	HOJA : 3 DE 30		
CLIENTE:			No. DE COTIZACION:				
COMPONENTE:				UNIDAD: N/A			
INSTALACION:		UBICACIÓN: D		CIRCUITO: N/A	PRESION DE OPERACIÓN: N/A		
DIAMETRO: 30"	ESPESOR NOMINAL: N/A	MATERIAL: API 5L		ESPECIFICACION: X42			
DATOS TECNICOS DE LA INSPECCION							
PROCEDIMIENTO:		SECCION	LADO	ZONA	PARTE		
AUMENTOS:	100X	ENTRE S-5 Y S-6	EXTERNO	3	CUERPO		
NORMAS:	ASTM E 112						
ANÁLISIS METALOGRÁFICO							
		ZONA INSPECCIONADA	REACTIVO	TAMAÑO DE GRANO			
		METAL BASE	NITAL AL 3%	4			
ANALISIS DE LA MICROESTRUCTURA							
<p>FOTOMICROGRAFIA EXTRAIDA DEL METAL BASE DONDE SE OBSERVA UNA MATRIZ FERRITICA CON PERLITA (ZONAS BLANCAS) NO SE APRECIAN DAÑOS MICROESTRUCTURALES. LOS VALORES DE DUREZA SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO ESTABLECIDO PARA ESTE TIPO DE MATERIAL.</p>							
ENSAYOS DE DUREZA					PROPIEDADES MECANICAS		
ZONA	DUREZA BRINELL (HB)				ESFUERZO DE LA CENDENCIA (PSI)		ESFUERZO DE LA TENSION (PSI)
	PRIMER LECTURA	SEGUNDA LECTURA	TERCER LECTURA	VALOR PROMEDIO			
3	177	177	184	179	42,000	60,000	
ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL							
API 5L X 42							

BIBLIOGRAFÍA

James F. Shackelford. (2005). Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros. Madrid: Pearson education, S.A.

ASM International Handbook Committee. (1989). ASM handbook. Volumen 17, Nondestructive evaluation and quality control. Metals Park, Ohio: ASM International.

Cembrero, J. Ferrer, C; Pascual, M.; Pérez, M. A. (2005). Ciencia y tecnología de materiales Problemas y Cuestiones. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

Paul Fernando Mosquera Ávila y Marcelo F. Sánchez Espinosa. (2015). Detección de fallas superficiales e internas en tubería de alta presión. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Marta López Jenssen, Ana Hidalgo Aedo y Dagoberto Obreque Quezada. (2007). Replicas metalográficas como ensayo no destructivo usadas para la evaluación metalúrgica del material de tubos de caldera. 10/11/2018, de Conferencia Panamericana de END Buenos Aire Sitio web: <http://www.ndt.net/article/panndt2007/papers/99.pdf>