

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Mejoramiento del mantenimiento de hidrociclones con
controles de calidad en los distribuidores de pulpa de la
línea 001-002 en la Unidad Minera Antapaccay**

Dangelo Benjamin Palaco Guzmán

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2021

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Continental por encaminarme en mi formación académica y profesional, a toda la plana de docentes que proyectaron a ser una persona ambiciosa y enfocada en lograr mis objetivos como Ingeniero Mecánico. Una vez más a mis padres, sin su apoyo moral no me hubiera encaminado a este sendero de conocimiento y logros, y a mi familia presente que son mi motivación constante para lograr mis objetivos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, en primer lugar, por protegerme y darme su bendición. A mi papá Benjamín y mi mamá Trinidad, por apoyarme siempre y mostrarme ese ejemplo sin importar los obstáculos en la vida llena de retos, siempre luchando por sus hijos.

A mi hermano por la motivación y sus buenos deseos.

A mi esposa y mi hija, porque las amo y son el combustible que alimenta mis ganas de seguir adelante, enriqueciendo mis objetivos.

No hubiera logrado esta meta sin el apoyo de todos los mencionados.

ÍNDICE

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Índice.....	iv
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	ix
Resumen.....	x
Introducción.....	xi
CAPÍTULO I.....	12
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	12
1.1 Datos generales de la institución	12
1.2 Actividades principales de la institución o empresa	12
1.2.1 Servicio de mantenimiento de plantas mineras.....	13
1.2.2 Servicio de fabricaciones de estructuras metálicas.....	13
1.2.3 Servicio de camiones grúa	13
1.2.4 Reseña histórica de la institución o empresa	14
1.3 Organigrama de la institución o empresa.....	15
1.4. Visión y misión	16
1.4.1. Visión.....	16
1.4.2. Misión	16
1.4.3. Valores	16
1.5. Bases legales.....	17
1.6. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	18
1.7. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la institución.....	19
CAPÍTULO II.....	21
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	21
2.1 Antecedentes o diagnóstico situacional	21
2.1.1 Descripción del área de la obra	22
2.2 Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	23
2.3 Justificación de la actividad profesional	24
2.4 Resultados esperados	25

CAPÍTULO III	26
MARCO TEÓRICO	26
3.1 Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	26
3.1.1 Conceptos básicos.....	26
3.1.2 Circuito doble molienda.....	28
3.1.3 Conceptos de hidrociclones	28
3.1.4 Conceptos de funcionamiento de un hidrociclón.....	29
3.1.5 Tipos de hidrociclones	32
3.1.6 Partes de un hidrociclón.....	35
3.1.7 Aplicaciones de un hidrociclón.....	38
3.1.8 Dimensiones de hidrociclón Krebs gMAX	38
3.1.9 Revestimiento del hidrociclón	40
3.1.10 Nido de hidrociclones y tanque colector de pulpa	41
3.1.11 Válvula de cuchilla isogale	42
3.1.12 Datos técnicos de fallas de equipo	44
3.1.13 Mantenimiento de hidrociclón	44
3.1.14 Tipo de material del hidrociclón	49
3.1.15 Controles de calidad aplicados en un hidrociclón	50
3.1.16 Inspección de válvulas de cuchilla isogale.....	56
CAPÍTULO IV	59
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	59
4.1 Descripción de las actividades profesionales.....	59
4.1.1 Enfoque de las actividades profesionales	59
4.1.2 Alcance de las actividades profesionales	60
4.1.3 Entregables de las actividades profesionales.....	60
4.2 Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	61
4.2.1 Metodología.....	61
4.2.2 Técnicas	61
4.2.3 Instrumentos.....	62
4.2.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades... 62	
4.3 Ejecución de las actividades profesionales.....	64
4.3.1 Cronograma de las actividades realizadas	64
4.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	67

CAPÍTULO V.....	69
RESULTADOS.....	69
5.1 Resultados finales de las actividades realizadas	69
5.1.1 Resultados obtenidos.....	69
5.2 Logros alcanzados	70
5.3 Dificultades encontradas	71
5.4 Planteamiento de mejoras.....	71
5.4.1 Metodologías propuestas.....	72
5.5 Análisis.....	72
5.6 Aporte del tesista en la institución	73
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	75
Lista de referencias	76
Anexos	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama institucional	15
Figura 2. Agentes que intervienen en flotación	26
Figura 3. Circuito doble de molienda	28
Figura 4. Hidrociclón estándar marca Krebs	29
Figura 5. Hidrociclón	30
Figura 6. Funcionamiento de un hidrociclón.....	31
Figura 7. Tipos de accesos de partículas hacia el hidrociclón.....	32
Figura 8. Voluta tangencial actual de Antapaccay.....	32
Figura 9. Hidrociclón vertical entrada voluta.....	33
Figura 10. Hidrociclón horizontal	34
Figura 11. Hidrociclón fondo plano.....	34
Figura 12. Intel y voluta de un hidrociclón	35
Figura 13. Vortex del hidrociclón	36
Figura 14. Ápex de un hidrociclón	36
Figura 15. Cuerpo cilíndrico de un hidrociclón	37
Figura 16. Tamaño de separación de partículas y el diámetro del hidrociclón .	37
Figura 17. Sección cónica de un hidrociclón	38
Figura 18. Dimensiones del hidrociclón.....	39
Figura 19. Tipos de alimentación	40
Figura 20. Nido de hidrociclones	42
Figura 21. Tanques colectores de pulpa	42
Figura 22. Válvula de cuchilla Isogale	43
Figura 23. Desmontaje de bastones overflow	45
Figura 24. Desmontaje de hidrociclón	46
Figura 25. Lápiz metálico y calibrador pie de rey	47
Figura 27. Factores de eficiencia	48
Figura 28. Tipos de acero según ASTM.....	49
Figura 29. Deformación de un material	50
Figura 30. Inspección visual hidrociclón.....	52
Figura 31. Aplicación de tintes penetrantes.....	54
Figura 32. Hidrociclón terminado.....	56

Figura 33. Retiro de válvulas de cuchilla	57
Figura 34. Retiro de válvula de cuchilla isogale	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de la empresa	12
Tabla 2. Resumen de actividades y servicios brindados	13
Tabla 3. Leyes y reglamentos	18
Tabla 4. Dimensiones estándar de un hidrociclón Krebs	39
Tabla 5. Especificaciones de hidrociclones Krebs.....	39
Tabla 6. Elastómeros diferentes.....	41
Tabla 7. Frecuencia de falla de hidrociclones nido 001.....	44
Tabla 8. Resultado de proceso de tintes penetrantes	55
Tabla 9. Cronograma de actividades por día.....	64
Tabla 10. Cronograma de actividades por día.....	65
Tabla 11. Servicio de mantenimiento de hidrociclones de la línea 1	66
Tabla 12. Frecuencia de fallas de hidrociclones.....	70

RESUMEN

En los últimos años en el Perú se viene dando un crecimiento exponencial de las actividades mineras en diferentes regiones que comprenden el país, es por lo que cada vez se requiere la innovación constante para poder seguir creciendo al ritmo que se viene dando.

Por lo expuesto, en el área de molienda de minerales se desarrolla el trabajo de mejoramiento del mantenimiento de hidrociclones con controles de calidad en los distribuidores de pulpa de la Línea 001-002 en la unidad minera Antapaccay Cuzco, es por lo que se contribuye innovando en el crecimiento del sector minero, siempre cumpliendo los estándares y protocolos expuestos de seguridad y calidad en el trabajo realizado.

La supervisión de este trabajo para obtener los resultados de ejecución en el mantenimiento de hidrociclones, aplicando los controles de calidad que también implica la inspección y mantenimiento de los nidos de hidrociclones, todo ello se realiza con la supervisión constante en los trabajos, la coordinación óptima de las actividades, la administración de recursos de personal de transporte de repuestos, al final de cada labor se realizan los reportes de los trabajos realizados con los jefes de área de la empresa dueña de contrato y de la empresa contratista.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo de suficiencia profesional es de detallar todas las actividades realizadas en campo y en oficina para el Mejoramiento del mantenimiento de hidrociclones con controles de calidad en los distribuidores de pulpa de la Línea 001-002 en la unidad minera Antapaccay, el presente trabajo se divide en cinco capítulos detallados a continuación.

Capítulo 1: aspectos generales de la empresa o institución, el cual detalla los aspectos de la empresa en la que se desarrollan todas las actividades principales de este trabajo, se describen las bases legales en el presente trabajo, visión y misión de la empresa, organigrama y descripción del cargo y qué labor realiza el bachiller.

Capítulo 2: aspectos generales de las actividades profesionales, donde se desarrollan los antecedentes situacionales, la identificación de las oportunidades para desarrollar el presente trabajo, objetivos y justificación.

Capítulo 3: marco teórico, donde se exponen las bases teóricas de las actividades realizadas.

Capítulo 4: descripción de las actividades profesionales, donde se desarrollan todas las actividades realizadas del bachiller en referencia a las actividades de campo y administrativas.

Capítulo 5: los resultados, se refiere a la evaluación de los resultados finales, a los logros y dificultades obtenidos, planteamiento de mejoras, análisis y aporte del bachiller a la institución o empresa.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

1.1 Datos generales de la institución

Tabla 1.

Datos de la empresa

Nombre de la empresa	Dimarza S. A. C.
R. U. C.	2053664920
Tipo de empresa	Sociedad Anónima Cerrada
Dirección	Asoc. Aptasa Mz - C Lte - 4 Cerro Colorado – Arequipa
Unidades Mineras	Hudbay MMG Las Bambas Antapaccay Cerro Verde Souther Copper Sierra Gorda
Creación	1 de octubre de 1990
Gerente General	Ricardo Vargas Pomachagua
Actividad Económica	Mantenimiento de plantas mineras. Fabricaciones de estructuras metálicas.
Número de trabajadores	216
Página web	http://www.dimarza.com/

1.2 Actividades principales de la institución o empresa

La principal actividad económica de Dimarza S. A. C. es la de prestar servicio de mantenimiento de plantas mineras de concentración de minerales de tajo abierto, fabricación de estructuras metálicas, servicio de alquiler de

camiones grúas, esto bajo una línea de personal capacitado y entrenado para realizar trabajos de calidad y puntualidad.

Siguiendo los protocolos y estándares nacionales e internacionales del cliente para realizar un trabajo en el tiempo requerido, de calidad y de costo accesible.

Tabla 2.
Resumen de actividades y servicios brindados

Actividades	Servicios
Mantenimiento de plantas mineras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Servicio de cambio de poleas deflectoras, motrices, de contrapeso ✓ Servicio de cambio de cambio de cóncavos, <i>main shafte</i>, chancadora primaria ✓ Servicio de cambio de HPGR rodillo de molienda de alta presión en chancadora secundaria ✓ Servicio de mantenimiento de nido de ciclones en molienda ✓ Servicio de mantenimiento de celdas de flotación
Fabricaciones de estructuras metálicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fabricación de mesas para chutes de transferencia ✓ Fabricación de estructuras para cambio de poleas ✓ Fabricación de tuberías <i>spool</i> de diferentes dimensiones
Alquiler de camiones grúa	Alquiler de camiones grúa de 15 t, 25 t para izaje de cargas y traslado

1.2.1 Servicio de mantenimiento de plantas mineras

En los diferentes servicios realizados en el mantenimiento de planta en las unidades de Hudbay, MMG Las Bambas, Antapaccay, Cerro Verde, Souther Copper se viene realizando diferentes servicios de mantenimiento.

1.2.2 Servicio de fabricaciones de estructuras metálicas

Dimarza S. A. C. en el área de control de ingeniería realiza el diseño según medidas proporcionadas por el cliente para la fabricación de estructuras metálicas con planchas de acero ASTM 36 que se fabrican según el control de ingeniería propio de la empresa.

1.2.3 Servicio de camiones grúa

El servicio de camiones grúa es en interior de mina en el que se realizan actividades de movimiento de materiales, estructuras, herramientas de peso considerable, ya que estos camiones poseen una pluma capaz de levantar

diferente peso.

1.2.4 Reseña histórica de la institución o empresa

Dimarza S. A. C. inició sus labores en noviembre de 1999, el fundador y gerente general es el Sr. Ricardo Vargas Pomachagua, iniciando sus operaciones con la actividad de transporte de personal a la unidad minera Antamina, para luego ingresar al rubro de movimiento de tierras; y así extendiéndose hacia otras unidades mineras como Hudbay, MMG Las Bambas, Antapaccay, Cerro Verde, Souther Copper, Sierra Gorda.

Logrando posicionarse como una empresa contratista de prestigio dentro del rubro minero, brindando el servicio de mantenimiento de plantas mineras. Estando la oficina central en Río Seco, distrito de Cerro Colorado, Arequipa.

Actualmente, es una empresa con una imagen sólida y con una trayectoria de más de 19 años en el mercado, y tiene como objetivo ser sostenible y comprometido con el servicio que se brinda en las diferentes unidades mineras, teniendo siempre un estricto control de ingeniería de recursos humanos de logística, todo esto conlleva a la mejora continua, ya que en esta empresa siempre se vienen desarrollando nuevas propuestas de proyectos de varios campos de operación.

1.3 Organigrama de la institución o empresa

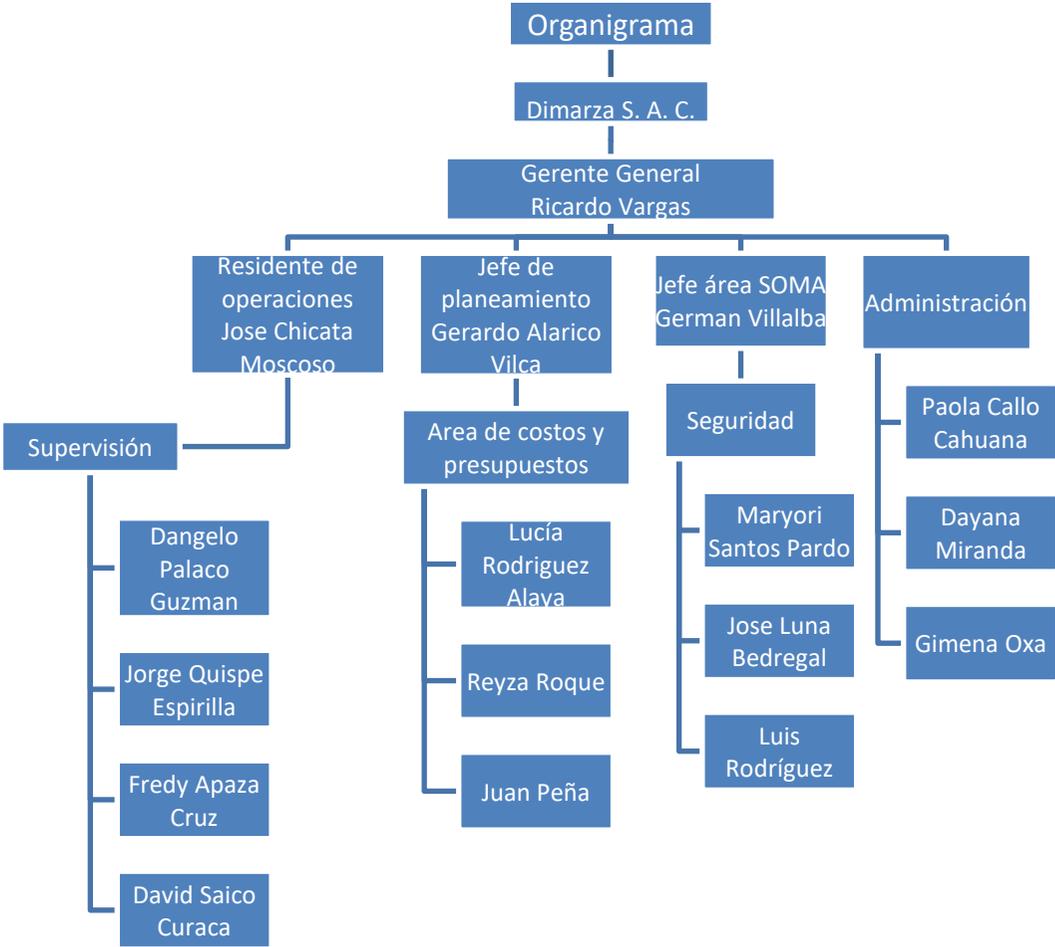


Figura 1. Diagrama institucional

1.4. Visión y misión

1.4.1. Visión

Ser conocida como la mejor empresa peruana en ejecución de proyectos que brinda un servicio integral en el sector minero con la más avanzada tecnología y el personal altamente capacitado, garantizando la seguridad, calidad, cumplimiento y protección del medio ambiente.

1.4.2. Misión

Brindar a sus clientes el mejor servicio enmarcado dentro de la eficiencia tecnológica y profesional, utilizando normas nacionales e internacionales en calidad y seguridad para ofrecer servicios altamente competitivos.

Hacer de cada obra o servicio el mejor certificado de garantía, ofreciendo a nuestros clientes soluciones prácticas, viables y económicas.

Ser partícipes y gestores del desarrollo de nuestro país, generando fuente de trabajo y ennoblecendo la labor profesional y de todo aquel que conforme nuestra familia institucional.

1.4.3. Valores

a) Seguridad

- ✓ Nos comprometemos a garantizar la salud y la seguridad de nuestra gente.
- ✓ Somos responsables de nuestra propia salud y seguridad, así como también de salud y seguridad de todo el personal.
- ✓ Todo tenemos la capacidad de tomar las medidas necesarias ante una conducta peligrosa.

b) Resultados

- ✓ Nos enfocamos en resultados que marcan la diferencia y nos esforzamos por responder a las expectativas o bien superar las mismas.
- ✓ Innovación y agregado de valor.
- ✓ Nos comprometemos a informar con veracidad y exactitud.
- ✓ Celebramos nuestros éxitos y reconocimiento de logros.

c) Excelencia

- ✓ Nos orientamos hacia los resultados.
- ✓ Poseemos una orientación clara hacia las necesidades de los clientes.
- ✓ Actuamos de manera más efectiva.
- ✓ Establecemos relaciones mutuamente beneficiosas basadas en la confianza.

d) Orientación al cliente

- ✓ Nuestra prioridad es el cliente.
- ✓ Conocemos al cliente y a su entorno.
- ✓ Comunicamos al cliente sobre los beneficios a los que accede con Dimarza S. A. C.

e) Trabajo en equipo

- ✓ Todo el equipo conoce y acepta los objetivos de Dimarza.
- ✓ Estamos comprometidos con lo que se hace en conjunto.
- ✓ Poseemos una comunicación frecuente y efectiva.
- ✓ Poseemos un buen ambiente de trabajo.

1.5. Bases legales

La empresa Dimarza S. A. C. es una empresa dedicada al sector minero cumpliendo con el decreto supremo DS-024 y las diferentes leyes de trabajo o reglamentos, así también cumpliendo los contratos firmados con las empresas mineras.

Tabla 3.
Leyes y reglamentos

D. S. N.° 024-2016-EM	Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería
D. S. N.° 023-2017-EM	Modificación de diversos artículos y anexos del reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, aprobado por D. S. N.° 024-2016-EM
Ley N.° 29783	Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
D. S. N.° 005-2012-TR	Reglamento de la Ley N.° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
Ley N.° 30222	Ley que modifica la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
D. S. N.° 006-2014-TR	Modificación del Reglamento de la Ley N.° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, Aprobado por Decreto Supremo N.° 005-2012-TR
Reglamento Interno de Trabajo	Reglamento editado y aprobado por Multiservicios y Contratistas Sailors S. A. C. – 2018.
Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo	Reglamento editado y aprobado por compañía minera Argentum S. A. – Multiservicios y Contratistas Sailors S. A. C. – 2018.
Contrato de volquete	Contrato de locación de servicios de transporte de volquete con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2019. Compañía minera Argentum S. A. – Multiservicios y Contratistas Sailors S. A. C.
Contrato de camiones	Contrato de locación de servicios de transporte de camiones con vigencia hasta 14 de octubre de 2022. Compañía minera Argentum S. A. – Multiservicios y Contratistas Sailors S. A. C.
Contrato de línea amarilla	Contrato de locación de servicios de mantenimiento de vías con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2019. Compañía minera Argentum S. A. – Multiservicios y Contratistas Sailors S. A. C.
Contrato de camionetas	Contrato de arrendamiento de vehículos de camionetas con vigencia hasta el 1 de setiembre de 2020. Compañía minera Argentum S. A. – Multiservicios y Contratistas Sailors S. A. C.

1.6. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

La empresa dispone de varias áreas dispuestas para el servicio ofrecido como son:

- ✓ Área de planeamiento y costos
- ✓ Área de supervisión operativa
- ✓ Área de recurso humano
- ✓ Área de administración de personal
- ✓ Área de logísticas y EPP
- ✓ Área de transportes
- ✓ Área de contabilidad y finanzas

El área de supervisión y de planeamiento realiza las propuestas técnicas a diferentes unidades mineras cuando hay licitaciones, luego, el cliente te invita a presentar las valorizaciones del servicio para luego asignarte el servicio en mención.

Después Dimarza S. A. C. procede a realizar los requerimientos internos para poder realizar el servicio como personal, herramientas, consumibles, unidades de transporte; todo esto se llevará a la mina para realizar el mantenimiento del equipo, la labor del área de supervisión se enfoca en realizar el mantenimiento del equipo dentro de las horas programadas realizando un trabajo con seguridad y de calidad.

Para el fin de este proyecto se procedió a realizar el mantenimiento de 2 hidrociclones del nido de hidrociclones.

1.7. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la institución

a) Cargo en la empresa: Supervisor Mecánico

b) Finalidad del cargo:

✓ Realizar la supervisión de mantenimiento de equipos de planta.

c) Funciones como Supervisor Mecánico:

✓ Informe diario de las actividades realizadas con reporte.

✓ Elaboración de propuestas técnicas.

✓ Elaboración de requerimiento de recursos, herramientas y materiales.

✓ Supervisión en campo y coordinación de trabajos con supervisión de la unidad minera.

✓ Elaboración de informe de trabajo terminado.

✓ Elaboración de planos en Autocad, SolidWork.

✓ Elaboración de tiempos de trabajo GANTT.

d) Reportes:

✓ Reporte al residente de la unidad.

- ✓ Reporte al gerente operativo.
- ✓ Reporte al supervisor del área o dueño del área operativa donde se realizan los trabajos.
- ✓ Reporte al administrador de contrato de la unidad minera vinculada.
- ✓ Reporte de cualquier incidente, accidente, condición insegura, actos subestándar a persona SOMA de la empresa contratista y de la unidad minera dueña del área.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1 Antecedentes o diagnóstico situacional

Desde el año 2019 se viene realizando el mantenimiento preventivo de los nidos de hidrociclones en los 8 hidrociclones de cada línea y 2 hidrociclones que se tiene de repuesto en el área de molienda de Antapaccay, para lo cual se realizó un contrato por el valor de S/ 5,598,522,00 soles, no incluye IGV en un periodo de 3 años.

La empresa Dimarza S. A. C. viene realizando mantenimiento de diferentes unidades mineras incluyendo la de Antapaccay por tener una vasta experiencia en el sector minero de mantenimiento de equipos no amovibles.

Los hidrociclones de clasificación de partículas de mineral son equipos esenciales para el proceso de molienda con flotación, ya que estos equipos realizan dicha clasificación, siendo las partículas menores (micras) el rebose que se irá hacia la siguiente etapa de flotación de minerales y las partículas mayores que se irán de nuevo al circuito de molinos de molienda.

Para el caso de los hidrociclones que se realiza mantenimiento se detectó que estos se cambiaban diariamente al menos uno o dos hidrociclones en las

dos baterías o nidos de hidrociclones, dado este contexto se optó por mejorar este sistema aplicando controles de calidad al mantenimiento de hidrociclones, así se pudieron detectar las fallas comunes y realizar un mejor mantenimiento siguiendo los parámetros y normas peruanas y normas ASTM.

2.1.1 Descripción del área de la obra

El área donde se ejecutó el mantenimiento se encuentra ubicado en la unidad minera Antapaccay.

La unidad minera Antapaccay tiene como ubicación el distrito de Espinar, provincia de Espinar, limita al Norte con la región Abancay, al Este con la región Arequipa, al Sur con la región Puno y al Oeste con la provincia de Velille a una altura de 3928 m s. n. m. en la región de Cuzco.

a) Ubicación geográfica

Las coordenadas del trabajo están localizadas en la siguiente dirección:

Paralelo de latitud Sur: -14.795260818479266

Meridianos de longitud Oeste: -71.42077405147336

b) Ubicación política

Región: Cuzco

Departamento: Cuzco

Provincia: Espinar

Distritos: Espinar

c) Condiciones climatológicas y el relieve

El clima de la zona de Espinar es generalmente frío, en el invierno su temperatura oscila de -4 °C y 15 °C y en verano su temperatura oscila entre 5 °C. y 19 °C. Se debe tener en cuenta que para la realización de este diseño el clima que presenta este sector donde se enfocó la investigación es un clima ideal para poder desarrollar y poner en marcha el proyecto de investigación.

d) Altitud del área del proyecto

La altura del proyecto es de 3928 m s. n. m. zona sierra de Cuzco.

e) Vías de acceso

Las carreteras de acceso a Espinar y la unidad minera son asfaltadas y en buen estado de mantenimiento.

La carretera principal es la de Arequipa a Espinar con la Panamericana sur, y la vía de Cuzco Espinar por Sicuani.

2.2 Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

Dimarza S. A. C. venía desarrollando el mantenimiento de hidrociclones de clasificación de pulpa de mineral en los distribuidores de pulpa 001 y 002 del área de molienda de la unidad minera Antapaccay, este mantenimiento se realizó en 8 hidrociclones que son el total del nido, más 1 hidrociclón por línea que vendría a ser el repuesto, es en donde la unidad minera decide si comprar más hidrociclones que conlleva a mayor gasto o mejorar el mantenimiento, para esto la empresa contratista Dimarza S. A. C. presentó un proyecto de optimización para mejorar el mantenimiento de hidrociclones, esta vez aplicando controles de calidad para alargar la vida útil de estos equipos y por ende optimizar costos.

Para tal fin, se optó por el mejoramiento del mantenimiento de los hidrociclones de clasificación de pulpa de mineral con la optimización de los controles de calidad aplicados al revestimiento interno del hidrociclón, al acero estructural del que está fabricado este hidrociclón, a los controles de calidad aplicado a la soldadura de la estructura de juntas del hidrociclón. Como trabajo adicional también se realizó el mantenimiento general de los nidos de hidrociclones, el mantenimiento de las tinas *Overflow Underflow*, el distribuidor de hidrociclones y las válvulas de cuchilla que permiten el paso de la pulpa de mineral.

Objetivos de la actividad profesional

- ✓ Realizar reportes diarios de avance de trabajo del mantenimiento del hidrociclón.
- ✓ Realizar informes de trabajos concluidos y ser presentados antes de los 3 días hábiles después de terminado el servicio.
- ✓ Realizar una supervisión en campo siguiendo las normas, estándares de la unidad minera Antapaccay.
- ✓ Ser responsable que todo el personal a cargo cumpla las obligaciones del trabajador como indica el DS-024.
- ✓ Ser responsable de la seguridad de todo el personal que labore en este mantenimiento.
- ✓ La seguridad es primera ante cualquier situación que se presente.
- ✓ Mejorar los tiempos de ejecución del servicio de mantenimiento del hidrociclón.
- ✓ Cumplir la ley N.º 29783 de seguridad y salud en el trabajo y DS-024.
- ✓ Elaboración una Gantt de mantenimiento de hidrociclones siguiendo a detalle el plan de mantenimiento.
- ✓ Elaboración de registros de protocolos aplicados en campo y su archivado.

2.3 Justificación de la actividad profesional

Se requería de mejorar el mantenimiento de los hidrociclones para fines de optimizar recursos, costos de operación, costos de mantenimiento por lo que el profesional autor de este trabajo que se desempeña como supervisor de campo en Dimarza S. A. C. vio la oportunidad de intervenir este equipo tan necesario para el proceso de clasificación de partículas de mineral en el área de molienda de minerales.

Segundo, se tuvo la necesidad de mejorar el área de supervisión de mantenimiento de hidrociclones con profesionales capaces, preparados y con metas profesionales para desarrollar aún más las habilidades profesionales como comunicación entre personal, responsabilidad y mejora continua, para así dentro de esta área de supervisión tener los conocimientos para desarrollar un trabajo eficaz, cumpliendo los protocolos y las medidas de seguridad con un

mismo fin el de seguir realizando trabajos sin observaciones. Y entre supervisores compartir datos técnicos de equipos al que se realiza mantenimiento o información de personal que sean de interés común, también brindar esta información a las unidades mineras que las soliciten.

2.4 Resultados esperados

- ✓ Reportes detallados del estado del antes y después de cada hidrociclón por cada día al finalizar el turno de trabajo.
- ✓ Informes detallados y exactos del mantenimiento de hidrociclones y cambios realizados en los equipos intervenidos.
- ✓ Presentación de informe de actividades realizadas en los plazos adecuados sin demoras.
- ✓ Tener un registro de protocolos implementados en el mantenimiento de hidrociclones.
- ✓ Base de datos actualizada de los operarios actuales tales como mecánicos, soldadores, *riggers* que efectúan el mantenimiento.
- ✓ Seguir el plan de Elaboración de Gantt de actividades del mantenimiento de hidrociclones.
- ✓ Comunicación entre las diferentes áreas de la empresa a fin de mejorar conjuntamente.
- ✓ Cumplir con los trabajos sin tener incidentes o accidentes en el trabajo como reportes de seguridad.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1 Conceptos básicos

a) Etapa de flotación de pulpa de minerales

El proceso de flotación es generalmente la concentración de mineral de donde se van a separar partículas sólidas de algún mineral que serán procesadas, para el proceso de flotación se emplean agentes químicos, tratamientos físicos y demás.

b) Agentes en el proceso de flotación

En toda flotación intervienen agentes como la pulpa de mineral.

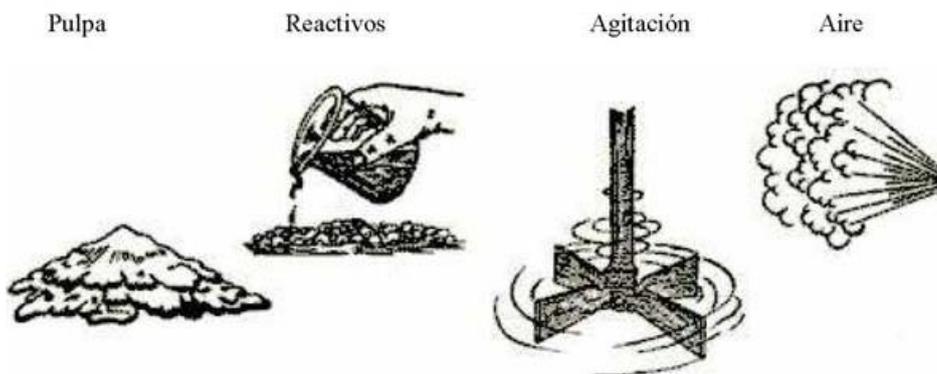


Figura 2. Agentes que intervienen en flotación (1)

c) Pulpa de mineral

La pulpa se constituye generalmente de mineral con agua y agentes químicos, ya estará pulverizada por el proceso de molienda a través de los molinos SAG, la pulpa en su interior tiene partículas sólidas que son básicamente lo que la conforman.

d) Aire industrial

El aire principalmente sirve para formar burbujas acompañadas de partículas de agentes químicos, lo que produce agitación en la pulpa del mineral, estas burbujas hacen flotar las partículas sólidas que se necesitan como el cobre, oro, molibdeno.

e) Movimiento rotacional

El movimiento rotacional dinámico de una máquina sirve para que la pulpa de mineral siempre esté en movimiento y no se sedimente en la parte inferior de los tanques o celdas de flotación, así mismo ayudan a producir burbujas en la pulpa de mineral.

f) Molienda de minerales

El objetivo principal del proceso de molienda es la reducción del tamaño de las partículas procedentes de chancado, con una misma finalidad de producir tamaños de partículas que permitan encontrar el mineral en su estado natural, estas partículas valiosas podrán ser recuperadas en procesos de flotación o remolienda.

Para molienda se emplean varios equipos de diferentes marcas sean molinos SAG o bolas, chancadoras giratorias o cónicas, equipos giratorios, en la etapa de molienda con molino SAG en este caso de Antapaccay, al material chancado se le agregan reactivos como lechada de cal y agua.

g) Granulometría

Las mallas o tamices se utilizan para clasificar la pulpa del mineral en varias fracciones de tamaño y por lo tanto determinar las distribuciones de

tamaño de partícula. Las mallas o tamices de clasificación de pulpa de mineral se utilizan generalmente en tamaños de partículas mayores a aproximadamente 50 micras (0,050 mm), esto según norma ASTM E-11 pruebas y materiales (1).

La granulometría de la pulpa son las partículas sólidas salientes del molino de bolas, molino SAG, por este sistema se van a separar las partículas sólidas del mineral según tamaños para obtener las cantidades en peso de cada porcentaje de pulpa que aporta para el peso total, para tal fin, se usan mallas con distintas aberturas, con estas mallas se conoce el tamaño máximo de pulpa en cada malla. Este peso se representa en partículas pasantes o retenidas.

3.1.2 Circuito doble molienda

En el circuito doble que es el propio de Antapaccay, la molienda SAG, en el proceso de molienda global. Su principal función es la de reemplazar etapas de chancado secundario y terciario. En el tipo de molienda SAG el molino SAG viene a ser como un molino de barras mejorado.

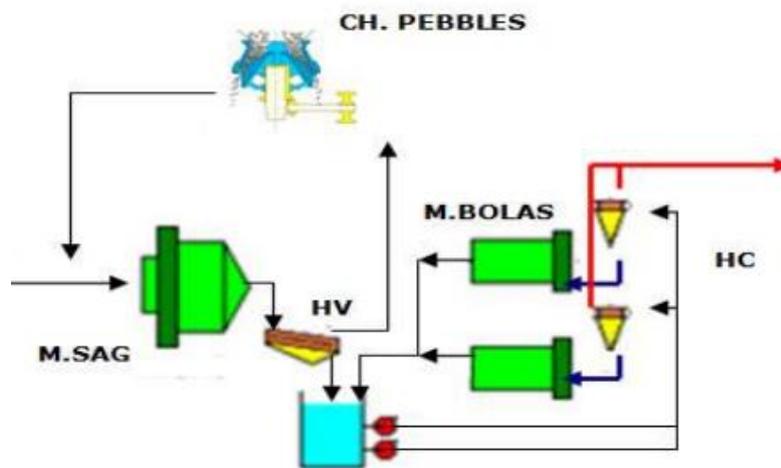


Figura 3. Circuito doble de molienda (2)

3.1.3 Conceptos de hidrociclones

Los hidrociclones son equipos o piezas estáticas cuya función principal es de clasificar los sólidos de la pulpa de mineral, para ello se utilizan las fuerzas centrífugas en el interior del hidrociclón a una presión determinada, esta puede ser bombeada, por lo general a través de las bombas Warman o por gravedad.

Las principales ventajas que ofrece son su fácil fabricación, su gran capacidad respecto al espacio que ocupa y su bajo costo de fabricación y mantenimiento comparados con los clasificadores mecánicos.



Figura 4. Hidrociclón estándar marca Krebs

3.1.4 Conceptos de funcionamiento de un hidrociclón

Un hidrociclón se define por el diámetro de la sección cilíndrica, las demás dimensiones son en función de ese diámetro, el cual consta de una sección cónica abierta en la parte inferior llamada (Apex). La voluta superior del hidrociclón es cerrada con una plancha a través de la cual pasa un *spool* central llamado *vortex finder* que viene a ser la descarga (*overflow*). El *vortex finder* se extiende en la parte superior del cuerpo del hidrociclón por medio de una sección corta y removible conocida como *vortex*, este previene un cortocircuito de la entrada de pulpa o alimentación hacia el *overflow*, esto quiere decir que el *vortex* previene que la pulpa de alimentación vaya directamente hacia la descarga *overflow*, ya que esta guiará a la pulpa hacia el cuerpo del hidrociclón.

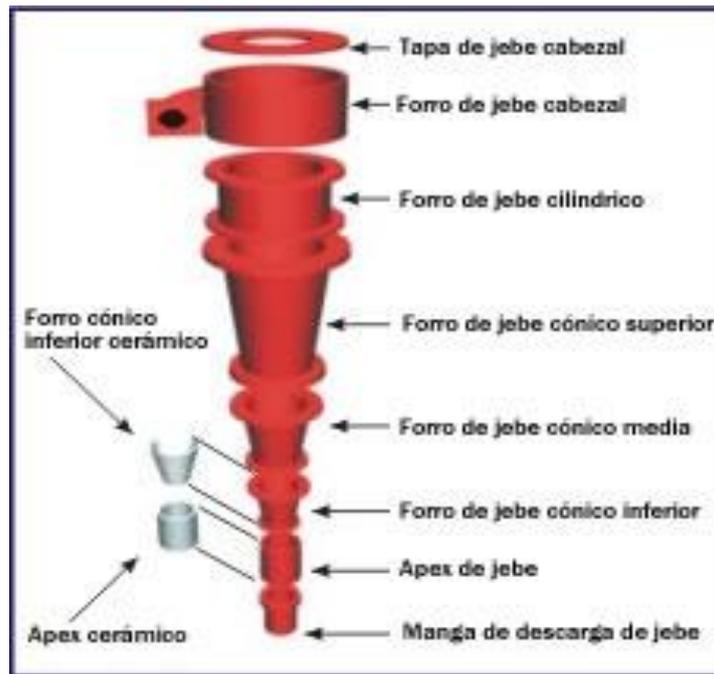


Figura 5. Hidrociclón (3)

La presión hidrostática hará que la velocidad de la pulpa se acelere dentro de la cámara cilíndrica del hidrociclón. En la parte media del hidrociclón se formará un efecto de estrangulación en la parte cónica inferior donde la pulpa de mineral en estado rotante que, por la misma acción de las fuerzas centrifugas, se separa en dos corrientes, la primera que se concentra hacia los revestimientos laterales o paredes laterales llevando en sí las partículas sólidas gruesas hacia el Apex y la segunda corriente que va a subir por el centro del hidrociclón directamente hacia el *vortex finder* que va a llevar las partículas sólidas livianas o partículas finas.

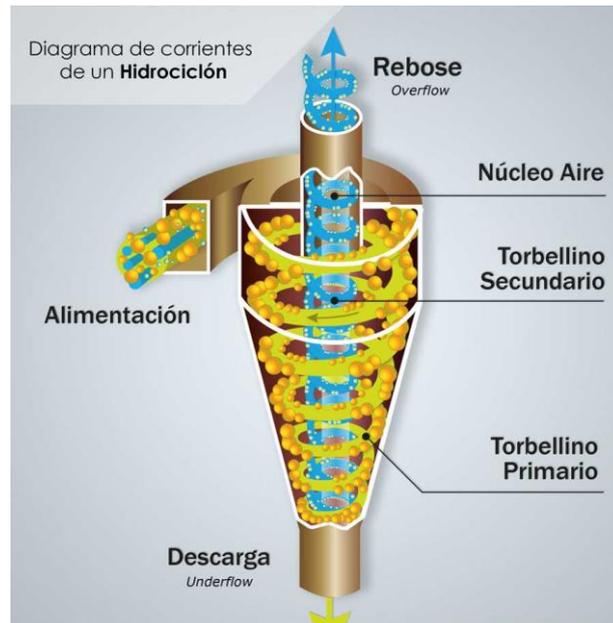


Figura 6. Funcionamiento de un hidrociclón (4)

a) Entrada de partículas sólidas

En esta sección se va a controlar la entrada de las partículas sólidas, la velocidad y caudal de la pulpa y tiene por finalidad guiar a las partículas sólidas de la pulpa de mineral hacia los revestimientos o paredes del hidrociclón.

Según los antecedentes de investigación se sabe que el diseño de ingreso puede influenciar en la eficiencia de clasificación. La mayoría de los ingresos como en fabricantes de hidrociclones como Krebs son rectangulares, pero el ingreso de la pulpa se puede hacer de dos formas: “Involuta” y “Tangencial”.

El diseño “Involuta” es relativamente nuevo e innovador, con un mayor diámetro, reduce las turbulencias propias de las fuerzas centrífugas y así mejora la clasificación de partículas sólidas y reduce el desgaste de los revestimientos en los hidrociclones.

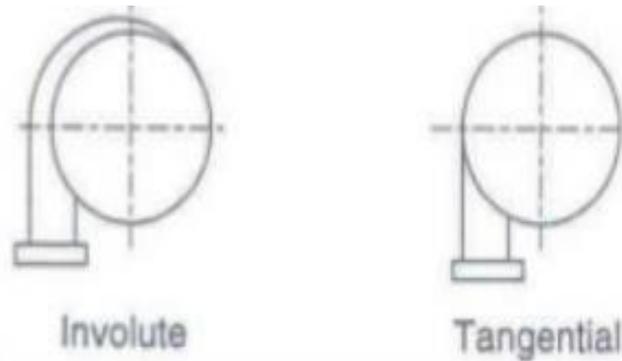


Figura 7. Tipos de accesos de partículas hacia el hidrociclón (5)



Figura 8. Voluta tangencial actual de Antapaccay

b) Derrame

En la operación de clasificación de partículas el derrame es una parte importante para la operación, ya que este influencia en la presión para un volumen predefinido y, generalmente, mientras más grande es el diámetro del *vortex finder* mayor proporción de sólidos van hacia el derrame y por el contrario, si el *vortex finder overflow* tiene diámetro más pequeño, esto significa un derrame más fino con baja concentración de sólidos.

3.1.5 Tipos de hidrociclones

Los tipos de hidrociclones en la operación de procesamiento de minerales actualmente en el mercado son:

- ✓ Hidrociclón vertical (de voluta y tangenciales)
- ✓ Hidrociclón horizontal
- ✓ Hidrociclón de fondo plano

a) Hidrociclón vertical entrada voluta

Esta clase de hidrociclones son en realidad novedosos y ofrecen ventajas frente a los hidrociclones convencionales, tales como mayor capacidad volumétrica, mejor eficiencia de clasificación, menor turbulencia, mayor tiempo de duración del revestimiento.



Figura 9. Hidrociclón vertical entrada voluta (6)

b) Hidrociclón horizontal

Esta clase de hidrociclones producen menor cantidad de partículas finas (corto circuito) por el Apex *underflow* de alta densidad, por lo que producen menor carga circulante y permite mayor tiempo de duración de los revestimientos. Cabe recalcar que estos ciclones logran una separación de partículas sólidas más gruesas con respecto a los verticales y para compensarlo la pulpa de alimentación de los ciclones horizontales deberá ser de menor densidad; aquello significará un corte fino, pero con la disminución de densidad de pulpa en el *vortex overflow*.



Figura 10. Hidrociclón horizontal (3)

c) Hidrociclón fondo plano

El hidrociclón de fondo plano está compuesto de una forma cilíndrica con un fondo en su totalidad plano. El principio de funcionamiento en estos hidrociclones es casi igual a los hidrociclones estándares, con la única diferencia que en estos hidrociclones se forma en la base una cama de partículas gruesas, esta cama rota alrededor del eje del hidrociclón. Los hidrociclones de fondo plano tienen semejanza en tema operacional con los hidrociclones horizontales en los siguientes aspectos, ambos pueden efectuar separación gruesa, la densidad del *underflow* es alta.

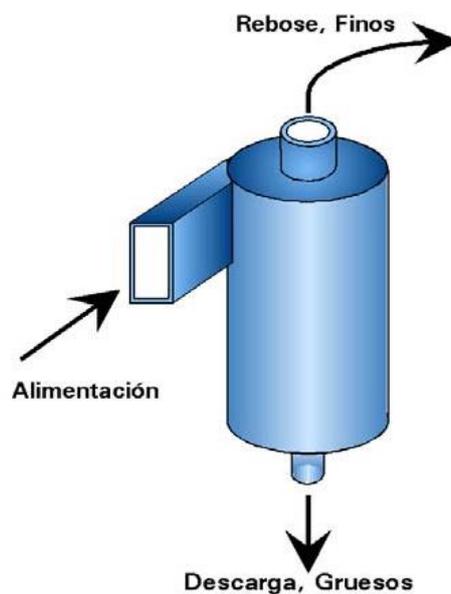


Figura 11. Hidrociclón fondo plano (3)

3.1.6 Partes de un hidrociclón

a) Inlet y voluta

El Inlet es la abertura de entrada a la sección que se llama voluta de cabezal de entrada, es normalmente un orificio cilíndrico que tiene una dimensión mayor en el sentido paralelo al eje del hidrociclón, el Inlet es el ingreso de la alimentación hacia el hidrociclón. El valor de área del Inlet viene a ser aproximadamente el 8% del área de la sección cilíndrica. El cabezal es el elemento más importante del hidrociclón ya que esta recibe el flujo turbulento que viene de las bombas *Warman* y forma flujos laminares en el interior del hidrociclón.

En un circuito cerrado de molienda o clasificación se puede observar que la granulometría y el caudal de la pulpa del Inlet del hidrociclón es siempre la misma, así aumente o baje la carga circundante, porque el molino estabiliza cualquier alteración de esas variables antes que ingresen al hidrociclón.



Figura 12. Intel y voluta de un hidrociclón (7)

b) *Vortex finder overflow*

La principal función del *vortex overflow* es controlar el tamaño de separación de partículas sólidas y el flujo de salida de la pulpa, su altura se extiende hasta por debajo de la entrada de alimentación (Inlet de ingreso) para impedir el corto circuito del flujo de alimentación hacia el flujo de rebalse. Para un hidrociclón estándar ya diseñados el diámetro interior del *vortex finder*

overflow corresponde aproximadamente el 35% del diámetro del hidrociclón. El tamaño d_{50} de la partícula se incrementa al aumentar el diámetro del *vortex*.

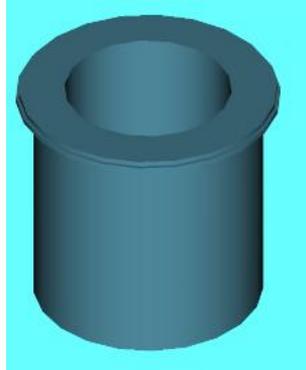


Figura 13. Vortex del hidrociclón (7)

c) Sección Apex

Su función es descargar las partículas gruesas del *underflow*, de tal forma que se obtenga su máxima eficiencia, por lo tanto debe ser de un tamaño adecuado y óptimo para permitir la máxima salida de pulpa gruesa que se devuelve hacia los molinos de bolas para volver al ciclo de molienda.



Figura 14. Ápex de un hidrociclón

d) Sección cilíndrica

Una parte importante del hidrociclón es el diámetro de la sección cilíndrica del hidrociclón, el diámetro interno del cilindro influye en el tamaño de clasificación de partículas sólidas. En un hidrociclón de Krebs el diámetro del hidrociclón viene a ser el mismo que el de la sección cilíndrica. Su función principal es mantener las partículas sólidas lo más posible para que en el interior puedan ser clasificadas.

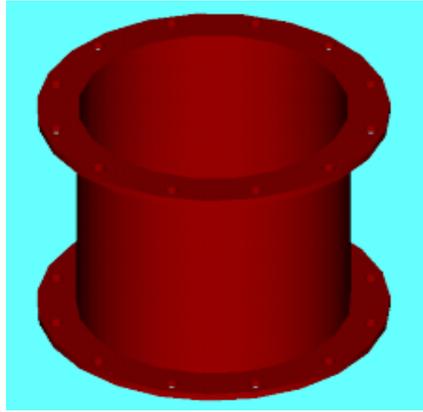


Figura 15. Cuerpo cilíndrico de un hidrociclón

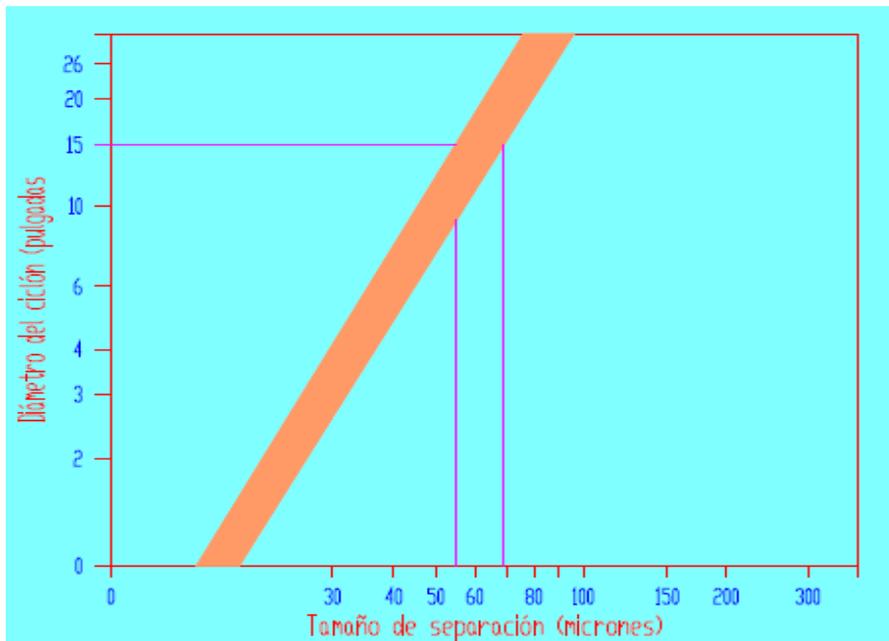


Figura 16. Tamaño de separación de las partículas y el diámetro del hidrociclón (7)

e) Sección cónica

En ángulo de la sección cónica es generalmente de 10° y 20° y su función principal es mantener las partículas sólidas lo más posible para que en el interior puedan ser clasificadas.

Con el aumento de la longitud del hidrociclón el tamaño de la clasificación de partículas d50 disminuye.



Figura 17. Sección cónica de un hidrociclón (7)

3.1.7 Aplicaciones de un hidrociclón

El hidrociclón es un equipo versátil, ya que puede usarse como separador, clasificador y espesador. Desde tiempos pasados hasta la fecha, en relativamente breve tiempo, se ha convertido en un componente de equipo muy importante para procesos de flotación de minerales.

Este sistema de clasificación o separación de partículas sólidas presenta algunas desventajas como el alto costo de mantenimiento, pero su implementación en plantas mineras presenta un mejor rendimiento de las ventajas de un hidrociclón.

Operaciones y funcionamiento de hidrociclones en plantas mineras.

- Espesamiento de pulpas de grano muy fino en molinos industriales.
- Deslame o lavado de suelos.
- Clasificación selectiva de bacterias en sistema de lixiviación.

3.1.8 Dimensiones de hidrociclón Krebs gMAX

Primero, se debe saber que en las plantas mineras existen muchos componentes que realizan una separación o clasificación, ya sea de partículas sólidas finas o partículas sólidas gruesas, un ejemplo viene a ser una zaranda tipo banana *Ludowici* que clasifica según el tipo de malla que tienen.

La separación de partículas sólidas de un hidrociclón depende del d_{50c} y la separación de una zaranda vibratoria depende de la abertura de las mallas.

Tabla 4.
Dimensiones estándar de un hidrociclón Krebs

Hidrociclón Dh	Vortex finder overflow Do	Diámetro Apex underflow Du	Ingreso Inlet Di	Altura voluta B/	HC altura sección cónica	sección cónica ángulo	Diámetro del hidrociclón DC
Hidrociclones Krebs	101.6 mm - 4"	80 mm	101.6 mm - 4"	270 mm	700 mm	11.25°	400 mm

Tomada del Manual Krebs (8)

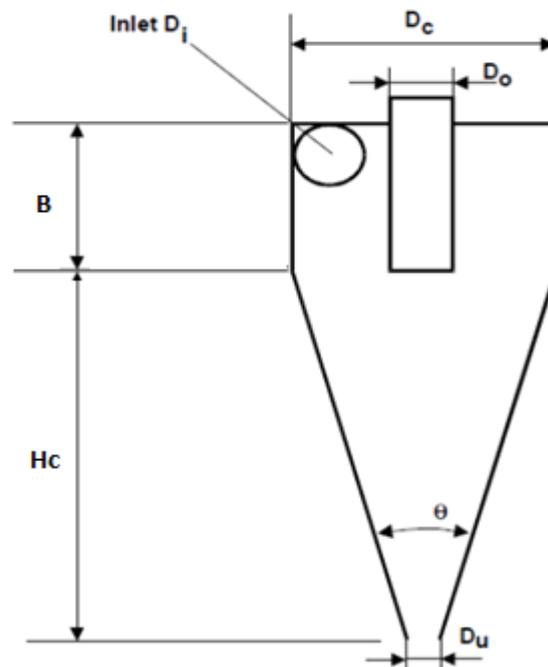


Figura 18. Dimensiones del hidrociclón (6)

Tabla 5.
Especificaciones de hidrociclones Krebs

Peso neto	Presión máxima recomendada	Flujo volumétrico de Inlet	Flujo volumétrico de underflow	Peso de sólidos Inlet
125 kg	10 kg/cm ² 142.233 Psi	106.90 m ³ /h	76.70 m ³ /h	7100 TM/día

Tomada del Manual Krebs (8)

Según los estudios realizados, los hidrociclones con entrada o alimentación envolvente (tipo *involute*) son más eficientes que hidrociclones típicos de alimentación tangencial porque su diseño permite la preclasificación de las partículas antes de ingresar a la parte cilíndrica del hidrociclón, esto quiere

decir que bien ingresa la pulpa de mineral estas ya van formando la fuerza centrífuga necesaria para realizar la clasificación o separación de partículas sólidas en el interior del hidrociclón, esto reduce la turbulencia de la pulpa y aumenta la eficiencia de los hidrociclones.

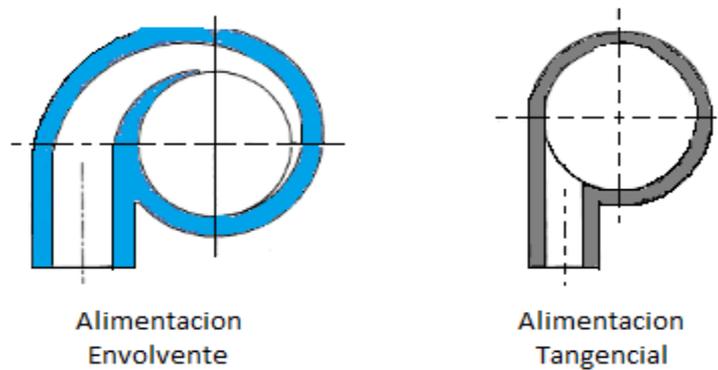


Figura 19. Tipos de alimentación (9)

3.1.9 Revestimiento del hidrociclón

Los fabricantes de hidrociclones como Krebs utilizan elastómeros como el caucho natural o caucho neopreno ya que estos son relativamente eficientes en circuitos donde de plantas mineras donde existe una temperatura menor de 50 °C, por lo que, para las necesidades de la unidad minera Antapaccay no sería viable, por ello, calculada la abrasión de 70 °C (dato proporcionado por la unidad minera) que sufren estos hidrociclones, en su operación se debe considerar otro tipo de elastómero que sea eficiente y duradero.

También, se debe considerar la carga de rotura para elegir el elastómero adecuado, en este caso el caucho nitrilo tiene una carga de rotura de 12 MPa siendo superior a los demás elastómeros.

Tabla 6.
Elastómeros diferentes

Características técnicas	Caucho natural	Caucho nitrilo	Caucho neopreno	EPDM
Color	Azul oscuro	Negro	Negro	Gris claro
Peso específico (g/cm ³)	2.47	2.31	1.55	1.5
Dureza (Shore A)	65.00	70	65	51.7
Carga de Rotura (MPa)	4.00	12	3.5	0.45
Alargamiento de rotura	200%	250%	280%	120%
Resistencia de la abrasión (mm ³)	Baja	Buena	Buena	Baja
Temperatura de trabajo (°C)	-25 °C / 70 °C	-30 °C / 140 °C	-30 °C / 120 °C	-40 °C /

En conclusión, se utiliza el elastómero caucho de nitrilo, ya que posee una resistencia a la abrasión óptima para el trabajo y tiene una excelente carga de rotura ya que el hidrociclón estará sometido a diferentes exigencias.

3.1.10 Nido de hidrociclones y tanque colector de pulpa

El nido de hidrociclones o distribuidor consta de 8 hidrociclones de forma radial con una brida ciega por motivo de sobrecarga del sistema o una forma de liberar carga rápidamente y evitar daños al nido de hidrociclones.

La forma radial del nido de hidrociclones brinda al sistema un flujo uniforme, en la descarga *overflow* del hidrociclón se tendrá un tanque o tina colectora de pulpa llamada tina *overflow* donde se almacenarán las partículas de la pulpa ya clasificadas, este tendrá una descarga *spool* hacia la siguiente área de flotación de mineral.

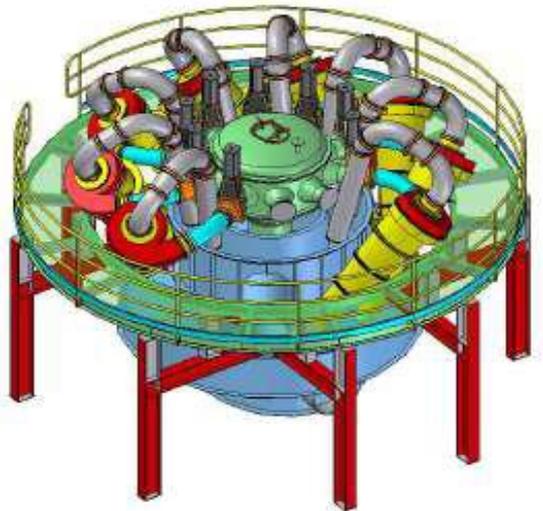


Figura 20. Nido de hidrociclones

El caso de la tina o tanque colector del *underflow* donde descarga el material grueso de los hidrociclones será situada debajo de la tina del *overflow*, esta tina tendrá un *spool* que descargará sobre un chute de transferencia y seguirá su trayecto hacia los molinos de bolas para que la pulpa gruesa vuelva a ser molida.

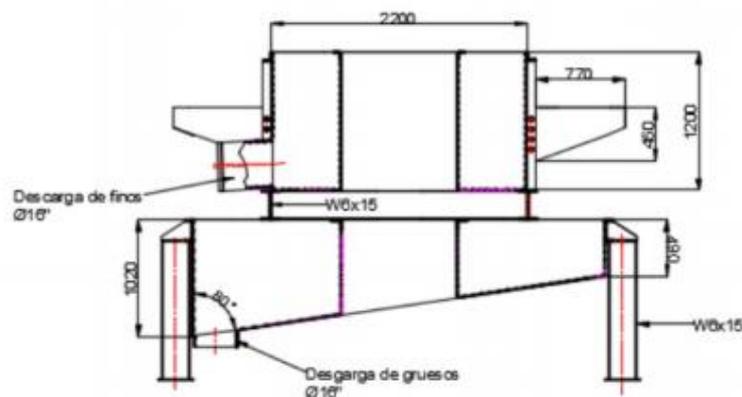


Figura 21. Tanques colectores de pulpa

3.1.11 Válvula de cuchilla *isogale*

Las válvulas de cuchilla *isogale* son de tipo válvula compuerta, ya que tienen una lámina en su interior que sube y baja con un vástago en el interior y que permite realizar un **corte** al fluido de manera eficaz. Las válvulas de cuchilla son diseñadas para operarlas en condiciones donde el fluido contiene un alto grado de sólidos y que, con cualquier otro tipo de válvula, no podría cerrarse, ya

que podría causar fugas en el circuito.

La aplicación más común de las válvulas de cuchilla *isogale* son en las papeleras, las plantas mineras e industriales. También puede ser usada en cementeras y comúnmente en lugares donde el fluido es muy arenoso viscoso y con alto grado de sólidos. Cabe resaltar que las válvulas de cuchillas *isogale* aplicadas al sector minero son más resistentes a la corrosión, ya que los fluidos son mucho más abrasivos y el desgaste es mayor.

Las válvulas de cuchilla son fabricadas de diferente tipo de acero uno de ellos el acero inoxidable, hierro, acero al carbón y por sus características que tienen que son de un peso promedio de 70 kg lo que las hace manipulables. Pueden ser automatizadas con actuadores hidráulicos o con actuadores neumáticos de aire (10).



Figura 22. Válvula de cuchilla Isogale

3.1.12 Datos técnicos de fallas de equipo

Según los datos de estudio se procedió a detallar la frecuencia de falla de estos equipos antes de realizado el mantenimiento.

Tabla 7.
Frecuencia de falla de hidrociclones nido 001

Frecuencia de falla de hidrociclones nido 001				
Equipo	Tag	Fallas detectadas	Fecha de reporte	Mantenimiento
Hidrociclón 1	NH 001	Rotura de Apex	23/3/2021	Programado
Hidrociclón 2	NH 002	Rotura de cono	23/3/2021	Programado
Hidrociclón 3	NH 003	Perforación de plancha en sección cilíndrica	10/3/2021	Programado
Hidrociclón 4	NH 004	No presenta	26/3/2021	No programado
Hidrociclón 5	NH 005	Desgaste del revestimiento	27/3/2021	Programado
Hidrociclón 6	NH 006	No presenta	12/3/2021	No programado
Hidrociclón 7	NH 007	Rotura de Inlet	29/3/2021	Programado
Hidrociclón 8	NH 008	Rotura de revestimiento	8/3/2021	Programado

Tomada del reporte predictivo de la unidad minera Antapaccay

3.1.13 Mantenimiento de hidrociclón

A) Retiro de hidrociclones para mantenimiento:

Para realizar el mantenimiento preventivo del revestimiento de los hidrociclones, primero, se requiere su desmontaje como se describe a continuación.

Preparación del área de trabajo y equipo, esto conlleva a la elaboración de un permiso de trabajo en este caso sería un *Iperc*, ingreso al área, *Petar*, permiso de operación de puente grúa.

Para el desmontaje de conductos receptores del *overflow* o bastones.

Se procede a colocar la maniobra (eslinga de 2 t con el grillete de 1/2") en la oreja del bastón de *overflow*, luego el operador de la grúa puente le da una ligera tensión y desmonta el acople *victaulic* que une la tubería de descarga de *overflow* (rebalse de finos) con el hidrociclón, empleando el uso de herramientas manuales y pistola neumática de 3/4" encastre.



Figura 23. Desmontaje de bastones overflow

Luego se procede a colocar las maniobras en tres puntos de la parte superior de la cabeza del hidrociclón, seguido con dos eslingas de la misma longitud y una tercera eslinga con un teclé de palanca de 1 1/2 t incorporado (esto para regular la inclinación de la maniobra de retiro), se le da ligera tensión y se desmonta el acople de la *victaulic* que une la alimentación del hidrociclón con el *Spool*.

Seguido, con una barreta se procede a palanquear y se procede a retirar el hidrociclón con apoyo del puente grúa del área de nidos de hidrociclones, todo el personal durante los izajes permanecerá fuera del área demarcada.

El hidrociclón se trasladará hacia el área de reparaciones o patio de hidrociclones.



Figura 24. Desmontaje de hidrociclón

B) Mantenimiento de hidrociclones

Se realizará la inspección del estado de los diversos componentes del hidrociclón:

- ✓ Revestimientos del hidrociclón.
- ✓ Inspección del estado de la estructura de plancha de acero.
- ✓ Estado de las juntas de soldadura lado de bridas.
- ✓ Estado de los agujeros de las bridas de unión entre secciones, agujero de 5/8" para perno de 5/8" con cabeza de 15/16".

Inspección del revestimiento interno con lápiz metálico, vernier para medir la profundidad o espesor del revestimiento antes de llegar a la estructura propia del hidrociclón.



Figura 25. Lápiz metálico y calibrador pie de rey

El personal procederá a realizar el retiro de las secciones a intervenir del hidrociclón previa inspección de estas partes, seguido con pistola de encastre de $\frac{3}{4}$ " y dado tubular de 15/16", procederán al retiro de las secciones.

Luego se procederá al cambio del revestimiento de las secciones a realizar el mantenimiento.



Figura 26. Retiro de sección cónica del hidrociclón

Evaluación de estructura del hidrociclón

Personal de Dimarza S. A. C. procederá a verificar las juntas de soldadura, si estas se encuentran en mal estado procederá a realizar el soldeo, en este caso

se usará una de bisel único simple en "V" en un solo lado o lado exterior.

Material base: Astm A36 (11)

Proceso de soldadura: SMAW

Tipo de junta: a tope en "V"

Ángulo del bisel: 60°

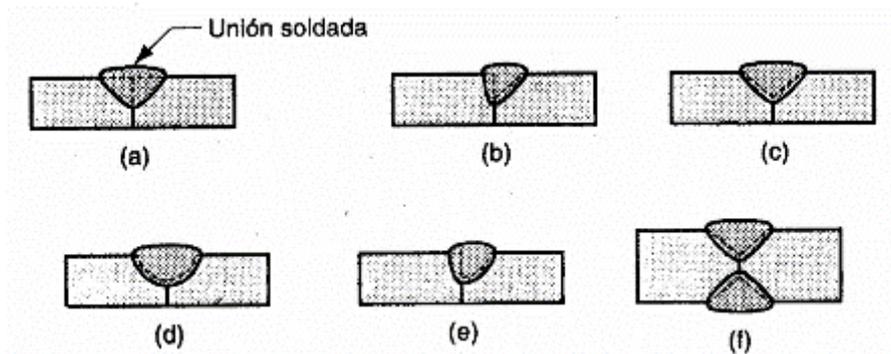


Figura 27. Factores de eficiencia

C) Montaje de hidrociclón en distribuidor

Se procederá en forma similar al desmontaje, pero en sentido inverso. Se colocan las maniobras al hidrociclón para luego aproximarlos a su ubicación en el distribuidor de hidrociclones, para lograr que ingrese debido al espacio reducido se deberá mover a los lados y palanquear con las barretas, asimismo, dar la inclinación adecuada por medio del teclé de palanca para que pueda ingresar. Una vez asentado sobre su base se procede a montar el *Spool* de alimentación, manipulando el extremo del *Spool* en ambos sentidos hasta hacer coincidir con la alimentación del hidrociclón, si se requiere realizar movimientos de inclinación y giro del hidrociclón se realizará con apoyo de vientos y de barretas. Luego se instala el acople *victaulic* y se procede con el ajuste de los pernos de fijación con la pistola de impacto de $\frac{3}{4}$ ", previa verificación del correcto asentado y ubicación del empaque del acople para posibles atriciones del empaque.

Luego, se procederá a mover ligeramente el hidrociclón en ambos lados hasta hacer coincidir los agujeros del hidrociclón con su base. Posicionado sobre su base se procede a asegurarlo con los pernos de sujeción con pistola de impacto de $\frac{3}{4}$ ".

Finalmente, se procede a montar la tubería *overflow* o bastones, izándolo del cáncamo en su parte superior, y colocando el acople *victaulic*, proceder de forma similar al paso anterior.

3.1.13 Tipo de material del hidrociclón

Para dimensionar el material para los hidrociclones, primero se comparan los diferentes tipos de acero como el acero A36, A53, A106 del mercado, teniendo en cuenta el precio y la disponibilidad.

Para fin de este proyecto se realizó un protocolo de calidad para el acero al carbono A36 porque el hidrociclón es un equipo estacionario y este no sufrirá los efectos de impacto o de tracción de material y también en el tema de disponibilidad ser más comerciable, ser más accesible en tema de costos y de transporte.

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-586
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415

Figura 28. Tipos de acero según ASTM (12)

a) Tensión de rotura: es la máxima tensión que un material puede soportar antes que su sección principal se deforme. Según la norma ASTM A6 y por tabla la resistencia a la tracción de acero A36 es de 40.8 kg/mm² o 400 MPa (12).

b) Límite elástico: es el punto máximo que un material en este caso el acero A36 puede soportar sin sufrir grandes deformaciones.

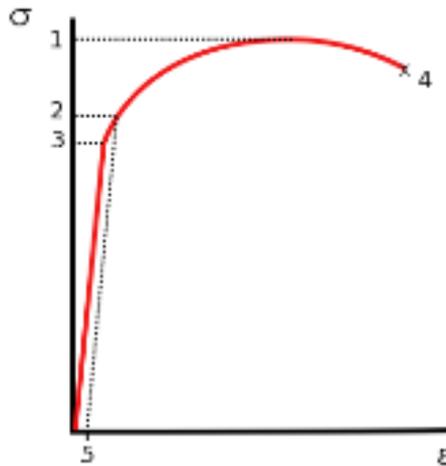


Figura 29. Deformación de un material (13)

Donde:

- 1: tensión de rotura
- 2: límite elástico
- 3: límite de proporcionalidad
- 4: fractura

c) Resistencia a la corrosión: el hidrociclón en operaciones estará en contacto directo con la pulpa de mineral, esta contiene aditivos químicos que podrían atravesar el revestimiento interno del hidrociclón y podría causar corrosión en el acero del hidrociclón.

3.1.14 Controles de calidad aplicados en un hidrociclón

El hidrociclón necesariamente debe someterse a controles de calidad como todo accesorio, máquina construida por el hombre, este control de calidad debe aplicarse terminada su fabricación para confirmar sus propiedades mecánicas para evitar cualquier anomalía en su funcionamiento, este control se

realizó en la empresa Dimarza S. A. C. en el distrito de Cerro Colorado, Río Seco.

Para el control de calidad se aplicará ensayos no destructivos, ya que estos entran en acción durante varios estados de la fabricación y también durante inspecciones regulares ya en estado de operación. Durante la fabricación los ensayos no destructivos permitirán detectar piezas defectuosas.

Dentro de los ensayos no destructivos se tienen:

- ✓ Inspección visual
- ✓ Inspección con radiografía
- ✓ Inspección por tintes penetrantes

1. Ensayo no destructivo

El hidrociclón fue sometido a ensayos no destructivos para comprobar la calidad del material que a continuación se detalla:

a) Inspección visual

La inspección visual es el primer control de los dispositivos ya terminados o ya construidos y también del equipo en operación. Consiste en revisar la calidad de la superficie, revelando defectos de superficie durante la fabricación y posteriormente en la operación. Su objetivo es detectar defectos superficiales como:

Abrasión: generada generalmente por arenas o suciedades durante el tratamiento propio del material acero al carbono A36.

Daños mecánicos: durante su fabricación pueden producirse golpes o caídas del material, lo que puede influir en la resistencia del material por un efecto conocido como concentraciones de tensiones o límite de rotura.

Daños en fundición: propios de la fundición del material cuando presenta poros mayormente por la inclusión de arenas de fundición.

Fisuras en el material: fisuras o agrietamientos, puede indicar que el material ha tenido un mal tratamiento térmico y no debería de usarse ese material.

La principal limitación del método de inspección visual es cuando se refiere a la detección de fisuras, como es comprensible el ojo humano tiene limitaciones propias.

Para este caso su efecto se realizó al 100% del hidrociclón realizado después de su fabricación y antes del pintado.

Resultado: las diferentes imperfecciones halladas fueron eliminadas durante el proceso de sustitución o rectificado.



Figura 30. Inspección visual hidrociclón

b) Inspección con radiografía

Este método de inspección radiográfica se suele aplicar para la detección de defectos internos del material, entonces este método de inspección radiográfica es considerado como una forma de investigación para hallar el nivel de la calidad de los aceros al carbono fundidos.

Generalmente, la inspección por radiografía puede ser aplicada para toda clase de fundición de acero, pero tiene restricciones como los grandes espesores a los cuales el método con radiografía no sería exacto.

Para este trabajo el tipo de control es gammagrafía al 100%. El equipo de gammagrafía empleado fue el de fuente de iridio -192 radioisótopos. Marca *Tech-Ops* modelo 660, actividad 25 curies.

La técnica empleada es de pared simple, vista simple, distancia y longitud de la película de 8". Se tomaron 19 placas. El criterio de aceptación fueron la norma, *ASTM 03.03 Nondestructive testing* (14).

Resultado: se realizó un informe indicando que las placas radiográficas muestran no tener defectos internos.

c) Inspección con tintes penetrantes

Este método es muy usado en la actualidad para verificar la calidad en el tipo de soldadura que se realiza en el proceso de construcción de equipo o piezas, su principal objetivo es la detección de imperfecciones abiertas en la superficie de los equipos o piezas.

El método de tintes penetrantes dependerá de las propiedades de los líquidos que formen un poder humectante suficiente para mojar la superficie de la pieza sometida a examen al tiempo que les permitan fluir sobre ella, formando una película razonablemente continua y uniforme, así como una facultad o poder de penetración que les faculten para introducirlo en la discontinuidad abierta a la superficie.

Forma de aplicación:

Primero, se realiza la limpieza del área donde se va a aplicar el tinte penetrante, en este caso en 3 puntos del hidrociclón y en las juntas de soldadura de las bridas.

Segundo, se procede a aplicar el *spray* limpiador en todo el contorno de la zona a inspeccionar, se debe tener cuidado de limpiar todo el polvo existente.

Tercero, se procede a aplicar el *spray* penetrante unas dos veces en la zona a verificar la porosidad, luego, se procede a esperar un promedio de 5 minutos, pasado este tiempo se procede a eliminar todo el exceso de tinte residual con un trapo o paño industrial.

Cuarto, se procede a aplicar el *spray* revelador de porosidades en el metal y juntas de soldadura, luego, se procede a esperar 1 minuto y si tuviera porosidades o imperfecciones saldrán a la luz pequeños puntos color rojo dependiendo del grado de porosidad o deformación. Se procedió a realizar el llenado del protocolo de calidad de tintes penetrantes por cada hidrociclón intervenido.

Quinto, se procede a realizar la limpieza de todo el líquido residual.



Figura 31. Aplicación de tintes penetrantes

Conclusiones: para este trabajo se utilizó el kit de tintes penetrantes marca **SK-816**, durante el proceso de inspección del acero estructural y de la soldadura de las juntas de las bridas, para verificar porosidades y rajaduras superficiales, el criterio de aceptación será los contemplados por la norma internacional (AWS *American Welding Society*).

- ✓ Clase 1. Primer punto en la pared del hidrociclón.
- ✓ Clase 2. Segundo punto en la pared del hidrociclón.
- ✓ Clase 3. Tercer punto en la pared del hidrociclón.

Resultado: al aplicar el revelador en el control final de los puntos aleatorios de las paredes del hidrociclón no se encontraron discontinuidades lineales ni poros, encontrándose dentro de los criterios aceptables de la norma *AWS American Welding Society* y la norma **ASTM E165** (15).

Tabla 8.
Resultado de proceso de tintes penetrantes

Material	Proceso	Tipo de discontinuidad	Tiempo	Resultado
Acero al carbono A-36	Fundición	Porosidades	30 min	Sin observaciones
	Extrusión y forja	Traslapes	30 min	Sin observaciones
		Falta de fusión	30 min	Sin observaciones
	Soldadura	Porosidades	30 min	Sin observaciones
	Fabricación	Grietas	30 min	Sin observaciones
	Acabado	Grietas de fatiga	30 min	Sin observaciones

d) Resultados generales

Después de realizar los controles de calidad y los ensayos no destructivos se obtuvo el producto final, ya terminado el hidrociclón, se requiere cada cierto tiempo realizar el monitoreo de las condiciones de operación y el estado de la estructura del hidrociclón para garantizar su condición de operación y evitar fugas de pulpa de mineral que puede conllevar a tener que parar las operaciones y por ende un índice de pérdida por mal mantenimiento.



Figura 32. Hidrociclón terminado

3.1.15 Inspección de válvulas de cuchilla *isogale*

El supervisor encargado coordinará con las áreas de electricidad e instrumentación para el retiro de accesorios de cada especialidad en caso haya interferencias para efectuar el cambio de válvula de cuchilla del nido de hidrociclones.

Inspección de válvula de cuchilla con el mecánico de Antapaccay y el líder mecánico de Dimarza, previa inspección se realiza la coordinación de cambio.

Desmontaje válvula de cuchilla del nido:

Se coloca la maniobra (eslinga de 2 t con el grillete de ½”) en la oreja de izaje de la válvula de cuchilla. El operador de la grúa puente le da una ligera tensión y desmonta los acoples *victaulic* que se encuentra a los extremos de la válvula, empleando el uso de herramientas adecuadas (pistola neumática, llaves mixtas, francesas, etc.), la válvula retirada se colocará en una zona libre que no obstaculice.

Cortar los pernos de sujeción con soldadura *chamfercord*, que no se pudo retirar con la pistola neumática.



Figura 33. Retiro de válvulas de cuchilla

Para el montaje de la nueva válvula de cuchilla se procede en forma similar al desmontaje, pero en sentido inverso. Se colocan las maniobras y se aproxima a su ubicación en el nido, para lograr que ingrese debido al espacio reducido se deberá mover a los lados y palanquear con las barretas. Presentación, alineamiento y cambio de empaquetadura de sello, luego colocar los pernos de sujeción de las juntas de tipo *vitaulic*, aprieta con la pistola de impacto, previa verificación del correcto asentado y ubicación del empaque del acople para evitar su atrición, de ser necesario, golpear con la comba el acople para un mejor ensamble y asentado. Luego, se procede a ajustar los pernos de sujeción de acuerdo a la tabla de torque usando las herramientas adecuadas (pistola neumática, llaves mixtas, francesas, torquímetro).



Figura 34. Retiro de válvula de cuchilla isogale

Se comunicará a los departamentos de electricidad e instrumentación el término de la actividad para que se apersonen a restaurar los elementos que cada especialidad haya retirado.

Verificación de la carrera de trabajo de la nueva válvula de cuchilla instalada, para ver la apertura y cierre de la válvula.

El operador del puente grúa deberá mantener una buena comunicación con el *Rigger* para realizar el izaje.

Los vigías deberán despejar el área, colocar cintas rojas, letreros de prohibición de paso, cerrar temporalmente todo acceso durante el izaje, deberán contar con silbatos de aviso.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1 Descripción de las actividades profesionales

4.1.1 Enfoque de las actividades profesionales

El presente informe de suficiencia profesional está orientado en asistir a la supervisión de obra en los aspectos administrativos, técnico-económico y gestión de planeamiento.

a) Aspecto administrativo. El cumplimiento con lo estipulado en el contrato de servicios de mantenimiento de equipo de hidrociclones en el nido de hidrociclones línea 1 y 2 planta molienda Antapaccay.

- Elaboración y presentación de informes de las actividades realizadas con evidencia de fotos y presentación en *Power Point*.
- Elaboración, revisión y constatación del mantenimiento realizado en campo.

b) Aspecto técnico-económico. Cumplimiento de lo establecido por la empresa contratista y el cliente:

- ✓ Procedimientos de trabajo (PETS), estándares de Dimarza S. A. C.
- ✓ Protocolos de calidad del servicio.
- ✓ Control administrativo y económico del servicio prestado, alojamiento del personal en Espinar, transporte del personal del hotel de Espinar hacia la

mina, alimentación del personal, EPP requerido para el servicio, también incluye las mascarillas KN95 que por estar en emergencia sanitaria es obligatorio.

- ✓ Seguimiento y control de todas las actividades de campo con un reporte vía WhatsApp y vía reporte diario escrito.
- ✓ Elaboración de valorización del servicio prestado, control de los costos del proyecto.

c) Aspecto planeamiento del proyecto. Cumplimiento en el seguimiento y control de tiempos establecidos y aprobados por el cliente.

- Elaboración de un Gantt de servicio planificado con MS Project.
- Elaboración de curso S de avance del proyecto.
- Elaboración de buenas y malas prácticas de las personas con relación a los actos subestándar.

4.1.2 Alcance de las actividades profesionales

El alcance de las actividades profesionales será de tipo descriptivo ya que el presente trabajo detalla las actividades profesionales realizadas en campo, en el área de supervisión de mantenimiento de hidrociclones con la mejora del control de calidad para estos equipos.

Este trabajo abarca todo el mantenimiento de los hidrociclones desde el inicio hasta la entrega del equipo al dueño de contrato.

4.1.3 Entregables de las actividades profesionales

Como resultado de este proyecto se procede a enumerar los entregables detallados a continuación.

- ✓ Gantt de trabajo proyectado.
- ✓ Curva S de trabajo proyectado y trabajo realizado.
- ✓ Protocolo de ajuste de pernos en los hidrociclones.
- ✓ Procedimiento y protocolo de soldadura en tubos y bridas.
- ✓ Ensayo no destructivo tipo radiografía del acero del hidrociclón.
- ✓ Planos elaborados del hidrociclón.

4.2 Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1 Metodología

Las metodologías aplicadas para el desarrollo de las actividades desempeñadas fueron el tipo descriptivo ya que en todo este proyecto se describe todo lo concerniente al mantenimiento de hidrociclones.

4.2.2 Técnicas

Procedimiento por el cual se va a efectuar el método con conjuntos de instrumentos.

a) Técnica de observación: aspecto por el cual como supervisor operativo procederé a realizar las observaciones de campo, de personal a cargo, de la situación de riesgo que se presenten, a continuación se detallan algunos ejemplos:

- ✓ Observación de que el personal operativo cuente con todos los implementos de trabajo.
- ✓ Verificación de peligros y evaluación de riesgos en el área de trabajo para poder realizar un mantenimiento sin daños a la propiedad o daños personales como incidentes o accidentes de trabajo.
- ✓ Demarcación del área al realizar izajes de los hidrociclones, contar con *rigger* de izajes, también colocar tarjeta de demarcación con vigías de izajes.

b) Técnico de supervisión: por la cual se procede a realizar el monitoreo presencial de las actividades de mantenimiento del hidrociclón cuando se realicen trabajos críticos como trabajos de izaje, trabajos en caliente o trabajos en altura, y el monitoreo no rutinario que se realiza de improviso para verificar las actividades de los operarios y sus actitudes.

c) Técnica de investigación por Internet: en el contexto actual de la tecnología al alcance de la mano, la mayoría de información se encuentra en internet, para este trabajo se recolectaron datos técnicos de los hidrociclones, distribuidor de hidrociclones, juntas de soldadura y válvula de cuchilla *isogale*.

d) Técnica de documentales: registros y data de los procedimientos de trabajos, Gantt de proyección de trabajos.

4.2.3 Instrumentos

Instrumentos de investigación, son los que permiten a las técnicas poder ser utilizadas en datos técnicos.

Instrumentos de técnica de observación:

- ✓ Block de notas
- ✓ Fotos
- ✓ *Check list* de uso de EPP
- ✓ Protocolos de calidad aprobados por Antapaccay
- ✓ Procedimiento de trabajo seguro aprobado por Antapaccay
- ✓ Programación semanal y diaria

Instrumentos de técnica de Internet:

- ✓ Fichas técnicas de hidrociclones de Krebs *FLsmith*
- ✓ Programas informáticos

Instrumentos de técnica de documental:

- ✓ Gantt de actividades y tiempos de trabajo
- ✓ Protocolos de recepción de materiales
- ✓ *Check list* de herramientas
- ✓ Iperc continuo
- ✓ Informe técnico del servicio
- ✓ PETS (procedimientos de trabajos seguro) de hidrociclones.

4.2.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

a) Materiales de las actividades de la supervisión:

- ✓ Computadora laptop ICore i5
- ✓ Microsoft Excel 2016
- ✓ Microsoft Word 2016
- ✓ Flexómetro
- ✓ Impresora

- ✓ Cuaderno de notas
- ✓ Lapicero

b) Materiales de las actividades de personal mecánico y soldador

- ✓ Tiza de caldero
- ✓ Flexómetro
- ✓ Escuadra de tope
- ✓ Cuaderno de notas
- ✓ Lapicero
- ✓ Kit de tintes penetrantes

4.3 Ejecución de las actividades profesionales

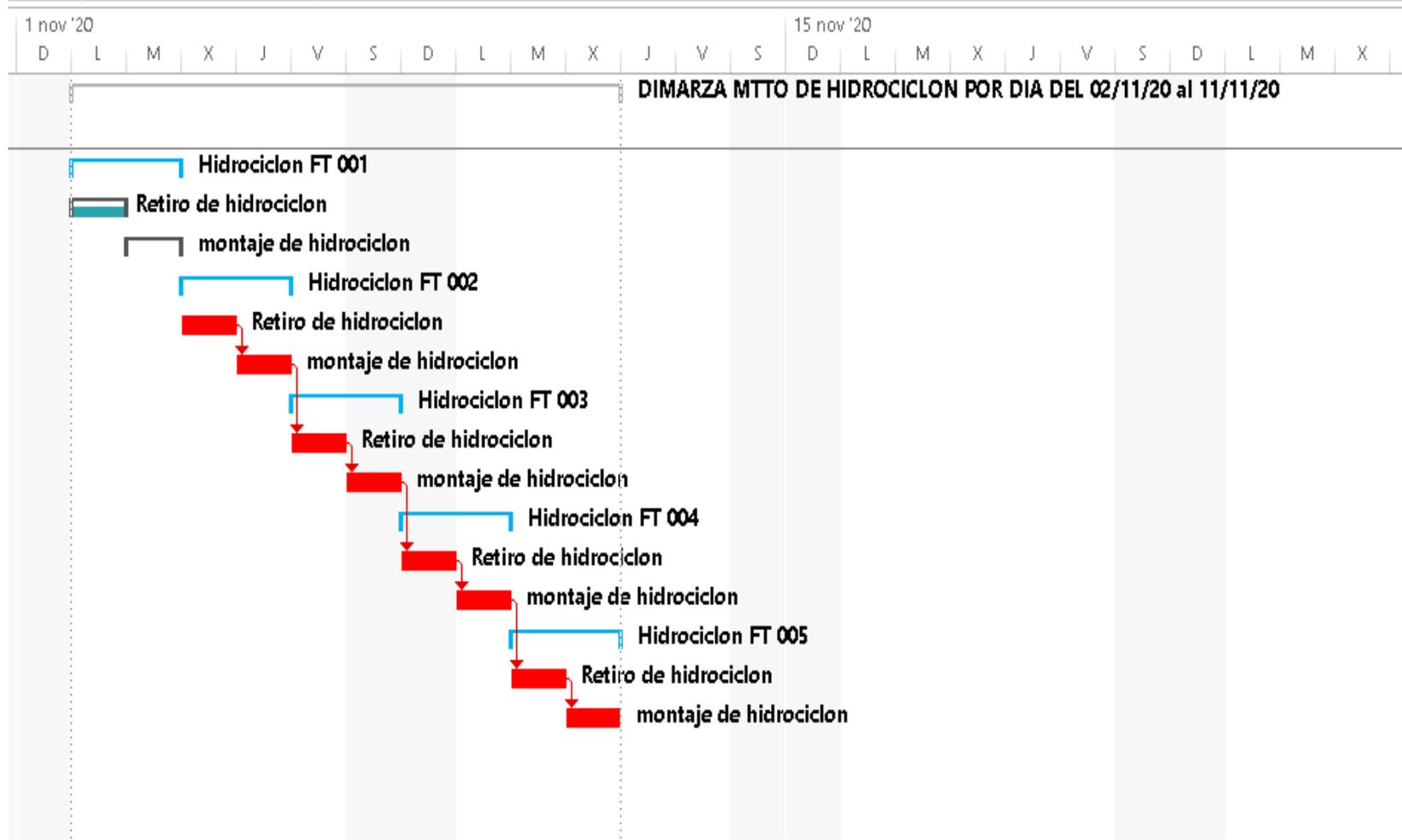
4.3.1 Cronograma de las actividades realizadas

Tabla 9.

Cronograma de actividades por día

ACTIVIDAD	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
▲ DIMARZA MTTO DE HIDROCICLON POR DIA	10 días	lun 2/11/20	mié 11/11/20	
▲ Hidrociclon FT 001	2 días	lun 2/11/20	mar 3/11/20	
▷ Retiro de hidrociclon	1 día	lun 2/11/20	lun 2/11/20	
▷ montaje de hidrociclon	1 día	mar 3/11/20	mar 3/11/20	
▲ Hidrociclon FT 002	2 días	mié 4/11/20	jue 5/11/20	
Retiro de hidrociclon	12 horas	mié 4/11/20	mié 4/11/20	40
montaje de hidrociclon	12 horas	jue 5/11/20	jue 5/11/20	42
▲ Hidrociclon FT 003	2 días	vie 6/11/20	sáb 7/11/20	
Retiro de hidrociclon	12 horas	vie 6/11/20	vie 6/11/20	43
montaje de hidrociclon	12 horas	sáb 7/11/20	sáb 7/11/20	45
▲ Hidrociclon FT 004	2 días	dom 8/11/20	lun 9/11/20	
Retiro de hidrociclon	12 horas	dom 8/11/20	dom 8/11/20	46
montaje de hidrociclon	12 horas	lun 9/11/20	lun 9/11/20	48
▲ Hidrociclon FT 005	2 días	mar 10/11/20	mié 11/11/20	
Retiro de hidrociclon	12 horas	mar 10/11/20	mar 10/11/20	49
montaje de hidrociclon	12 horas	mié 11/11/20	mié 11/11/20	51

Tabla 10.
Cronograma de actividades por día



4.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

Se procede a detallar la secuencia operativa de los trabajos de supervisión desarrolladas en la empresa Dimarza S. A. C. para el mantenimiento de los hidrociclones.

- a) Programación de actividades: según el Gantt mostrado en el punto anterior las actividades están programadas para 10 días. Un total de 12 horas para retiro e inspección de un hidrociclón, 12 horas para el mantenimiento y entrega del equipo.

- b) Primer día: el personal llegará a campo, al lugar denominado plataforma de molinos Antapaccay, luego, el presente tesista, como supervisor operativo, realizará la difusión del PETS (procedimiento escrito de trabajo seguro), el profesional de seguridad realizará la charla de seguridad para la prevención de accidente laborales, posteriormente, el personal operativo realiza el llenado de permisos tales como:
 - a. Permiso de ingreso al área
 - b. Iperc continuo
 - c. Petar (altura, caliente, izajes)

Después se realizará la aprobación escrita de dichos documentos con el supervisor del área operativa de Antapaccay, cabe señalar que no se empezará o realizará trabajos sin previa autorización del supervisor mencionado.

- c) Ejecución de los trabajos: con la obtención del permiso y firma de los permisos se procederá a realizar las actividades del mantenimiento mencionadas en el punto 4.3.1, cabe señalar que toda actividad se realizará siguiendo las normas y estándares para trabajos de alto riesgo proporcionados por la unidad minera.

- d) La supervisión: en esta etapa se procederá a verificar el cumplimiento de los procedimientos de trabajo de Dimarza del personal operativo asignado, se realiza el formato de actitudes de los trabajadores, reporte de avance diario. En coordinación con el supervisor del área de Antapaccay las actividades

programadas, si se genera algún cambio en el proceso de mantenimiento, se realiza un seguimiento minucioso de las actividades de controles de calidad.

Verificar que el personal cumpla los estándares de seguridad y no se registre condiciones ni actos inseguros, el personal no deberá exponerse a las cargas suspendidas durante la labor de izaje de hidrociclones u otros componentes. El personal soldador, al realizar trabajos de soldadura, tendrá que utilizar ropa de cuero con guantes de caña larga, careta facial, escafpines, extintor en el punto de trabajo a una distancia no mayor a 3 metros.

e) Elaboración de informe y valorizaciones: cada 10 días se realizará el informe técnico incluyendo todos los hidrociclones a los que se realizó el mantenimiento con los controles de calidad establecidos, y se realizará la valorización del servicio de mantenimiento tales como:

- ✓ Costo de mano de obra de personal supervisor
- ✓ Costo de mano de obra del personal mecánico
- ✓ Alimentación del personal
- ✓ Transporte del personal
- ✓ Alquiler de camioneta
- ✓ Listado de herramientas utilizados
- ✓ Gastos administrativos

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Resultados finales de las actividades realizadas

Terminada la exposición del trabajo se determinó como resultado el de mejorar el mantenimiento de los hidrociclones con los controles de calidad implementados. Se determina:

Implementar los controles de calidad en el mantenimiento de hidrociclones para alargar la vida útil del material del revestimiento interno de caucho de nitrilo y detectar a tiempo los fallos en la plancha de acero al carbono A36 (11) propio de la estructura del hidrociclón para realizar el proceso de soldadura SMAW (proceso de soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido) (16).

Implementar los protocolos de calidad en campo evidenciados con documentos y fotografías, ya que esto no se venía dando.

5.1.1 Resultados obtenidos

Terminado de aplicar el mantenimiento en los hidrociclones se realizó la detección de fallas de estos equipos, esto por parte del predictivo de la compañía minera Antapaccay. Se determinó que los hidrociclones estaban fallando en menor frecuencia ya sea por el trabajo realizado y también que después de

realizado el mantenimiento de estos equipos se propuso al área de predictivo de la compañía minera Antapaccay que se debía de hacer en secuencia o cada día la detección de fallas de un hidrociclón desde el 001 hasta el 008, así, con este nuevo método de detección de fallas también mejoró el proceso del mantenimiento.

Tabla 12.
Frecuencia de fallas de hidrociclones

Frecuencia de falla de hidrociclones nido 001				
Equipo	Tag	Fallas detectadas	Fecha de reporte	Mantenimiento
Hidrociclón 1	NH 001	No presenta	1/12/2021	No programado
Hidrociclón 2	NH 002	No presenta	2/12/2021	No programado
Hidrociclón 3	NH 003	Rotura de Apex	3/12/2021	Programado
Hidrociclón 4	NH 004	No presenta	4/12/2021	No programado
Hidrociclón 5	NH 005	Desgaste del revestimiento	6/12/2021	Programado
Hidrociclón 6	NH 006	No presenta	7/12/2021	No programado
Hidrociclón 7	NH 007	Rotura de Inlet	8/12/2021	Programado
Hidrociclón 8	NH 008	Desgaste del revestimiento	9/12/2021	Programado

Tomada del reporte de predictivo de la unidad minera Antapaccay

5.2 Logros alcanzados

Se optimizó el procedimiento de cambio de hidrociclones, ya que el anterior no aplicaba los pasos correctos de cómo realizar un mantenimiento.

Se cumplió con los parámetros de los controles de calidad implementados en el mantenimiento de los hidrociclones en los distribuidores de pulpa de la línea 1 y 2.

Se cumplió con el Gantt de trabajo establecido, cumpliendo las horas de trabajo planificadas y siguiendo el plan de mantenimiento preestablecido por Dimarza S. A. C.

Se cumplieron los estándares de trabajos de alto riesgo establecidos por la unidad minera Antapaccay, no se tuvo ninguna observación de seguridad en los trabajos asignados y realizados.

Se cumplió con los protocolos de sanidad establecidos por esta pandemia en el nivel minero, el personal en todo momento utilizó mascarilla KN95 y protector facial.

Se realizó un registro de las actividades diarias realizadas.

Se realizaron y elaboraron los protocolos de calidad establecidos para el mantenimiento de hidrociclones.

5.3 Dificultades encontradas

- ✓ El mantenimiento de hidrociclones se realizaba siguiendo un antiguo procedimiento de trabajo.
- ✓ No había un adecuado procedimiento para realizar trabajos de alto riesgo para la unidad minera Antapaccay.
- ✓ No se cumplía los tiempos establecidos para realizar cada servicio de mantenimiento.
- ✓ No se realizaba charlas o capacitaciones al personal de los equipos a intervenir, no se proporcionaba datos técnicos del equipo.

5.4 Planteamiento de mejoras

Realizar un mejor control de recursos de mano de obra, insumos, materiales, transporte.

Uso correcto de los procedimientos actuales de trabajo establecidos por Dimarza S. A. C. para minimizar los riesgos operativos de trabajos de alto riesgo.

Capacitación al personal operativo de proceso de soldadura SMAW, ciclones Krebs.

Regirse al Gantt de trabajo para optimizar tiempos operativos y tiempos muertos.

Registro de tiempos muertos para su análisis y mejora.

5.4.1 Metodologías propuestas

Uso de protocolos, procedimientos e instructivos de trabajo concertados por el cliente y la contratista.

5.5 Análisis

El proyecto de mantenimiento de hidrociclones en los distribuidores de pulpa línea 1 y 2 se desarrolla con un sistema o herramienta de programación, en este caso el Microsoft Project para la realización de cartas Gantt de mantenimiento dividido en 2 partes.

La primera es para el retiro del hidrociclón, para realizar su mantenimiento con los controles de calidad.

La segunda es para el montaje del hidrociclón ya realizado el mantenimiento.

Todo esto de manera de realizar el trabajo de mantenimiento en 10 días de 5 hidrociclones de la batería de hidrociclones que consta de 8.

Es así como, complementando a la supervisión del servicio con el sistema y herramientas de programación, se procede a obtener un óptimo servicio de ejecución y control de la programación optimizando los recursos cotizados juntamente con la seguridad.

5.6 Aporte del tesista en la institución

Mejoramiento del mantenimiento de hidrociclones después de aplicar los controles de calidad establecidos, ya que con ello se pudo reducir la frecuencia de fallas de estos equipos.

El aporte del tesista en este trabajo fue muy importante, ya que gracias a ello se pudo culminar las innovaciones de los trabajos de mantenimiento con los controles de calidad nuevos implementados y en la actualidad aún se sigue implementando dichos trabajos.

Se aportó en el tema de controles de calidad bajo inspección no destructiva con tintes penetrantes, apoyando netamente en el procedimiento correcto de su aplicación y realizando el llenado de los protocolos de calidad para la aplicación de tintes penetrantes.

Aporte logístico en tema de herramientas, se organizó mejor la lista de distribución de herramientas y consumibles para que no falten en campo ya que perjudica en la labor de mantenimiento.

El tesista dio capacitaciones al personal operativo del procedimiento de trabajo de mantenimiento de hidrociclones siguiendo los controles de calidad.

CONCLUSIONES

- ✓ Mejoramiento del mantenimiento de hidrociclones después de aplicar los controles de calidad establecidos ya que con ello se pudo reducir la frecuencia de fallas de estos equipos.
- ✓ Con los controles de calidad establecidos se logró identificar los puntos débiles del acero A36 (11) para proceder a realizar su reparación y así alargar la vida útil del hidrociclón.
- ✓ Se aplicó el mantenimiento preventivo en los diferentes hidrociclones de los distribuidores de pulpa de la línea 001 y 002 y se mejoró la disponibilidad de estos equipos.
- ✓ A través de este trabajo se logró exponer todo lo concerniente al mantenimiento programado de los hidrociclones aplicando los controles de calidad en el nido de hidrociclones.
- ✓ Los resultados obtenidos por el control de calidad con tintes penetrantes aseguran un acero estructural resistente para trabajar con altas presiones y resistente a la corrosión.
- ✓ El revestimiento utilizado asegura preservar la estructura física del hidrociclón trabajando a altas condiciones de corrosión del material.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda seguir este plan de mantenimiento para continuar con los resultados obtenidos e identificar oportunidades de mejora para la innovación constante.
- ✓ Durante el mantenimiento de hidrociclones se recomienda la inspección previa de los equipos para evitar la carga de material en el interior de estos equipos, ya que en ocasiones estos pueden estar cargados y al momento de realizar los izajes puede dispersarse carga de mineral.
- ✓ Se recomienda por el área de seguridad siempre realizar charlas de seguridad previas al inicio de trabajos para retroalimentar a todo el personal involucrado, así se puede concientizar al personal para reducir las tasas de condición subestándar.
- ✓ Se recomienda seguir con los resultados y parámetros establecidos en este trabajo de investigación a fin de poder conseguir los resultados deseados en el mantenimiento de los hidrociclón.
- ✓ Se recomienda seguir el nuevo método de detección de fallas esto por el área de predictivo de la compañía minera Antappacay que, en conjunto con el área de mantenimiento, se logró modificar y establecer según las condiciones dadas en estos equipos de los hidrociclones.

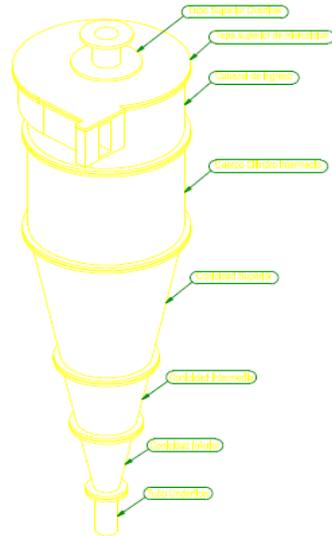
LISTA DE REFERENCIAS

1. **ASTM.** *ASTM E11-20.* p. 2.
2. **COP, Moly.** *Curso de molienda de minerales con aplicaciones en ambiente MolycopTools.* <https://www.slideshare.net/jaramjc/moly-cop-molienda-sag>
3. **ALNICOLSA.** *Hidrociclones.* 2018. <https://taninos.tripod.com/hidrociclon.htm>
4. **ERAL CHILE.** *Hidrociclones.* 2015. <https://eralchile.com/equipo/hidrociclones>
5. **MANRIQUE, Dayvi.** *Informe de suficiencia y competencias desarrolladas en el area de supervison de proyecto impermeabilizacion de areas estancadas en bateria 1 y bateria 2 lote 8 loreto en el periodo 2018-2019.* Universidad Continental, 2019.
6. **PAREDES, Diego.** *Diseño de un hidrociclón para clasificación de partículas sólidas de lechado de cal en planta concentradora.* 2018.
7. **PEDRO, Por; LÓPEZ, Hugo.** *Aplicación de hidrociclones en procesamiento de minerales.* 2015. p. 57. <https://es.slideshare.net/nohearenales/aplicacion-de-hidrociclones-en-procesamiento-de-minerales>
8. **BOUSO, Juan Luis.** *Hidrociclones de fondo plano.* 1999. p. 1–14.
9. **FL SMITH GMAX.** *gMAX ® Hydrocyclones Finer particle separation with patented technology gMAX ® Hydrocyclone performance.* p. 8.
10. **MINERALS, Weir.** *Válvula de guillotina Isogale.* 2015. <https://www.directindustry.es/prod/weir-minerals/product-23306-438411.html>
11. **ASTM.** *ASTM A36. Altos Hornos de Méjico.* 2013. p. 1–31. http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/Capitulo_1.pdf%0Ahttp://www.ahmsa.com/manual_ahmsa_2013
12. **ASTM.** *ASTM A6.* 2013.
13. **INGEMECANICA.COM.** *Clasificación de aceros segun ASTM.* <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>
14. **ASTM.** *ASTM 03.03. Human Relations* 2020. Vol. 3, n.º 1, p. 1–8. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=bth&AN=92948285&site=eds-live&scope=site%0Ahttp://bimpactassessment.net/sites/all/themes/bcorp_im

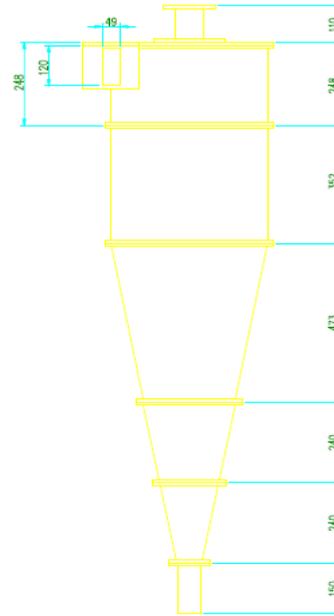
pact/pdfs/em_stakeholder_engagement.pdf%0Ahttps://www.glo-
bus.com/help/helpFiles/CDJ-Pa

15. **ASTM.** ASTM E165 Standard Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry. *Annual Book of ASTM Standards*. 2011. Vol. I, p. 1–17. DOI 10.1520/E0165-12.2. This standard is issued under the fixed designation E165/E165M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.
16. **WEST ARCO.** *Manual de Soldadura*. 2005. p. 207.

ANEXOS



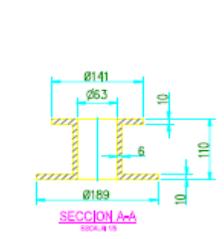
VISTA ISOMETRICA HIDROCICLON
100% 1:1



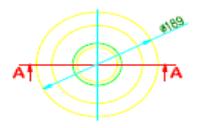
VISTA FRONTAL HIDROCICLON
100% 1:1

DIS. REV.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIS. REV.	APROBADO	NÚMERO DE PLANOS	REFERENCIA DE PLANOS

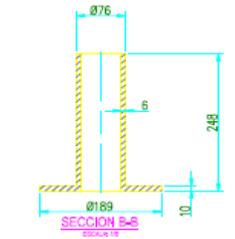
		APROBADO 20/05/2020 DISEÑADO POR: DPC FECHA: 20/05/2020 REVISADO POR: DPC FECHA: 20/05/2020 APROBADO POR: DPC FECHA: 20/05/2020 DTC DE PROYECTO: DPC FECHA: 20/05/2020 CUENTE: ANTAPACCAY FECHA: 20/05/2020	APEQUIPA - PERU HIDROCICLON PLANO 02 ESCALA NÚMERO DE PLANO 002
--	--	---	---



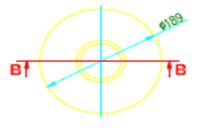
SECCION A-A
ESCALA 1:1



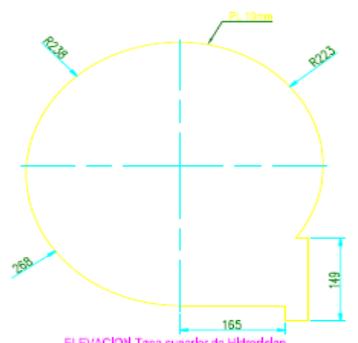
ELEVACION Tubo Superior Overflow
ESCALA 1:1



SECCION B-B
ESCALA 1:1



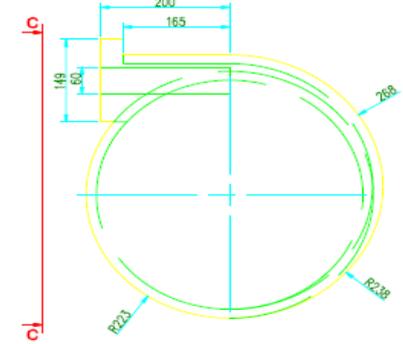
ELEVACION Tubo Overflow
ESCALA 1:1



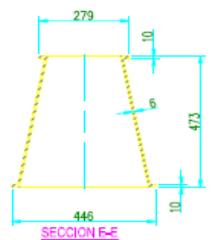
ELEVACION Tapa superior de Hidrodon
ESCALA 1:1



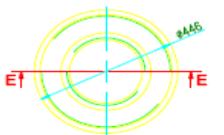
C.C.C
(1:1)



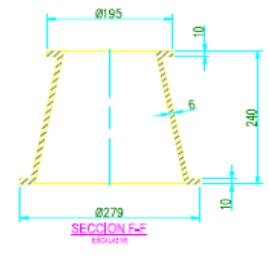
ELEVACION Cabezal de Ingreso
ESCALA 1:1



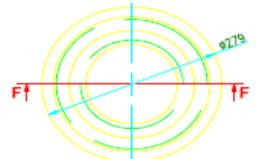
SECCION F-E
ESCALA 1:1



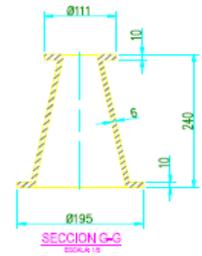
ELEVACION Conicidad Superior
ESCALA 1:1



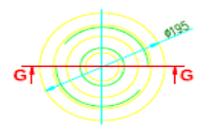
SECCION F-F
ESCALA 1:1



ELEVACION Conicidad Intermedia
ESCALA 1:1



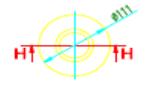
SECCION G-G
ESCALA 1:1



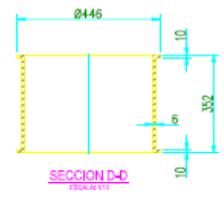
ELEVACION Conicidad Inferior
ESCALA 1:1



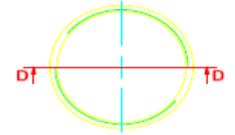
SECCION H-H
ESCALA 1:1



ELEVACION Tubo Underflow
ESCALA 1:1



SECCION D-D
ESCALA 1:1



ELEVACION Cuerno Cilindro Intermedia
ESCALA 1:1



REGISTRO DE INSPECCIÓN

POR TINTES PENETRANTES

DMZ -SGI-QC-
M-112

Revisión : 00

Pág. 1 de 1

Proyecto	Mantenimiento de hidrociclones línea 1					
Área:	Mantenimiento	Realizado por:	DPG			
Cliente:	Minera Antapaccay					
Registro N.º : 0152						
Fecha de inspección : 12/05/20						
Plano de referencia:						
Elemento/ equipo: hidrociclón 1-10						
Tipo de material/espesor:		Plano de Referencia:				
Tipo de Limpieza	Tipo de Líquido Penetrante	Tipo de Revelador	Criterio de Aceptación			
Acuoso/Spray	Spray	Acuoso/ Spray	ASTM E 165 - 02			
Tiempo de secado	Intervalo de tiempo	Tiempo de revelado	Poslimpiado			
1 - 3 minutos	10 - 15 minutos	1 - 5 minutos	Inmediato			
CROQUIS DEL ELEMENTO						
						
Inspecciones						
Ítem	Identificación / localización	Aceptar	Rechazar	Reparación		Comentarios
				Aceptar	Rechazar	
1	Punto 1	Bueno		X		S/N

2	Punto 2	Bueno		X		S/N
3	Punto 3	Bueno		X		S/N
4	Punto 4	Bueno		X		S/N
5	Punto 5	Bueno		X		S/N
Observaciones:						
Aprobación :						
QC Contratista		Supervisor contratista		Supervisor MMG		
Nombre:		Nombre:		Nombre:		
Firma:		Firma:		Firma:		
Fecha:		Fecha:		Fecha:		



REGISTRO DE INSPECCIÓN TOPOGRÁFICA DISTANCIA ENTRE EJES	DMZ-SGI-QC-M- 204 Pág. 1 de 1 Rev. 00
--	--

Proyecto:	Mantenimiento de hidrociclones		
área:	Campo	Realizado por:	DPG
Cliente:	Minera Antapaccay		

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Montaje:	Fabricación:

Registro N.º :

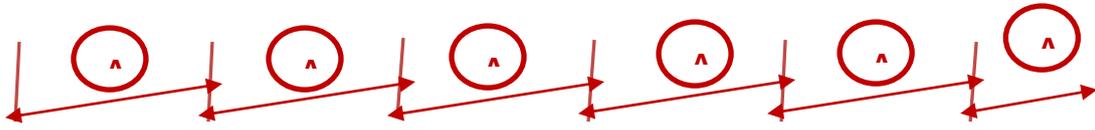
Instrumento de verificación

Equipo: hidrociclón 1	Marca: Krebs
Modelo: 01	Fecha de calibración: 12/5/20

Control:

Ubicación	LEV.	Dist. teórica	Dist. real	Diferencia	Comentarios
1		20 mm	22 mm	02 mm	Diferencia por desgaste en el revestimiento
2		35 mm	34 mm	01 mm	Diferencia por desgaste en el revestimiento
3		40 mm	38 mm	02 mm	Diferencia por desgaste en el revestimiento
4		85 mm	83 mm	02 mm	Diferencia por desgaste en el revestimiento
5		25 mm	23 mm	02 mm	Diferencia por desgaste en el revestimiento

Croquis del elemento



Distancia entre ejes lado derecho e izquierdo

BM:

Aprobado

Rechazad

o

Topógrafo Contratista	QC Contratista	Supervisión Contratista	Supervisión MMG
Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:

**Número de mallas y aberturas según Norma ASTM de U.S. Standard
Sieve**

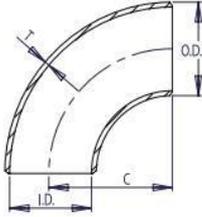
Número malla (U.S. STD. Sieve)	Abertura (mm)	Abertura (pulg.)
4	4.76	0.187
5	4.00	0.157
6	3.35	0.132
8	2.38	0.0937
10	2.00	0.0787
12	1.68	0.0661
14	1.41	0.0555
16	1.19	0.0469
18	1.00	0.0394
20	0.841	0.0331
25	0.707	0.0278
30	0.595	0.0234
35	0.500	0.0197
40	0.420	0.0165
45	0.354	0.0139
50	0.297	0.0117
60	0.250	0.0098
70	0.210	0.0083

80	0.177	0.0070
100	0.149	0.0059
200	0.074	0.0029
325	0.044	0.0017
400	0.037	0.0014

Características tubos y accesorios

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Fulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	(in.)	(mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2500	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2500	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2500	176	2500	176
				0.375	9.52	-	160	-	-	2500	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	2500	176	2500	176
3	80	3.500	88,9	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	1930	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
				0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
4	100	4.500	114,3	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	2700	190	2800	197
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	2800	197	2800	197
				0.531	13.49	-	160	22.51	33.54	2800	197	2800	197
0.674	17.12	XXS	-	27.54	41.03	2800	197	2800	197				
5	125	5.563	141,3	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	1220	86	1420	100
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	1420	100	1650	116
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	1670	117	1950	137
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	1820	128	2120	149
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	2020	142	2360	166
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	2230	157	2600	183
6	150	6.625	168,3	0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	1020	72	1190	84
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	1190	84	1390	98
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	1360	96	1580	111
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	1520	107	1780	125
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	1700	120	1980	139
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	1870	131	2180	153
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	2040	143	2380	167
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	2350	165	2740	193
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	2800	197	2800	197
				0.719	18.26	-	160	45.35	67.56	2800	197	2800	197
0.864	21.95	XXS	-	53.16	79.22	2800	197	2800	197				

LONG RADIUS SCHEDULE STD



WELDBEND NOTES

1. Conforms to ASME B16.9 & ASTM A234 WPB.
 2. All dimensions are in inches.
 3. For bevel detail see page 107.
 4. For dimensional tolerances see page 108.
 5. For sizes larger than 48" please call.
 6. All weights are in pounds and approximated or estimated.
- * This size and thickness does not correspond to any pipe schedule number.

Pipe Size	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Center to End	Pipe Schedule Number	Approx. Weight in Pounds
	O.D.	I.D.	T	C		
½	0.84	0.622	0.109	1.50	40	0.16
¾	1.05	0.824	0.113	1.50	40	0.17
1	1.32	1.054	0.133	1.50	40	0.40
1 ¼	1.66	1.380	0.140	1.88	40	0.55
1 ½	1.90	1.610	0.145	2.25	40	0.80
2	2.38	2.072	0.154	3.00	40	1.60
2 ½	2.88	2.474	0.203	3.75	40	3.20
3	3.50	3.068	0.216	4.50	40	4.80
3 ½	4.00	3.548	0.226	5.25	40	6.60
4	4.50	4.026	0.237	6.00	40	8.90
5	5.56	5.044	0.258	7.50	40	15.10
6	6.62	6.060	0.280	9.00	40	24.00
8	8.62	7.976	0.322	12.00	40	47.80
10	10.75	10.020	0.365	15.00	40	83.40
12	12.75	12.000	0.375	18.00	*	123.00
14	14.00	13.250	0.375	21.00	30	155.00
16	16.00	15.250	0.375	24.00	30	206.00
18	18.00	17.250	0.375	27.00	*	262.00
20	20.00	19.250	0.375	30.00	20	324.00
24	24.00	23.250	0.375	36.00	20	466.00
30	30.00	29.250	0.375	45.00	*	720.00
36	36.00	35.250	0.375	54.00	*	1039.00
42	42.00	41.250	0.375	63.00	*	1420.00
48	48.00	47.250	0.375	72.00	*	2000.00

Clasificación de aceros según ASTM

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-586
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415

Distribución de hidrociclón en distribuidor

