



Universidad  
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación

# **Diseño de un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire a una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018**

**Pedro Jesus Inca Alca**

Arequipa, 2019

Para optar el Grado Académico de Bachiller  
en Ingeniería Industrial



Repositorio Institucional Continental

Trabajo de Investigación



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

## **ASESOR**

Ing. Julio Efraín Postigo Zumarán.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecer a Dios por todo lo que me ha dado en el pasado, por lo que me da día a día y por todo lo que está por llegar, por brindarme la vida y la oportunidad de alcanzar mis metas.

A mi familia, por su apoyo incondicional, que me ha ayudado y motivado siempre a seguir adelante, en cada reto que se me ha presentado en la vida en especial en la culminación de este Trabajo de Investigación.

A todas las personas, que formaron parte importante en mi formación Universitaria, Ingenieros, compañeros y amigos, por su tiempo, sus conocimientos y, sobre todo, por la paciencia que tuvieron para guiarme en la realización y culminación de mi carrera universitaria.

## **DEDICATORIA**

Dedico la culminación exitosa de este trabajo de investigación con profundo amor, y gratitud a mis padres, por haber guiado mis pasos en cada momento de mi vida, enseñándome con el ejemplo que solo las personas que se esfuerzan alcanzan lo que se proponen, permitiéndome así ser una persona útil para a la sociedad

A mi esposa y a mi pequeña hija Ariana por ser mi fuente de apoyo y motivación, por ellas y para ellas que hicieron posible el inicio y la culminación de este proyecto.

***Pedro Jesús Inca Alca.***

# INDICE

AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
INDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema. ....	1
1.1.2 Formulación del problema. ....	3
1.1.2.1 Formulación del problema general. ....	3
1.1.2.2 Formulación de problemas específicos. ....	3
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	4
1.3.1 Justificación.....	4
1.3.1.1 Justificación técnica. ....	4
1.3.1.2 Justificación económica. ....	4
1.3.1.3 Justificación social. ....	4
1.3.2 Importancia.....	4
1.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES .....	6
1.4.1 Variable independiente.....	6
1.4.2 Variable dependiente.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2 MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	7

2.2	BASES TEÓRICAS .....	8
2.2.1	Flotación de minerales.....	8
2.2.2	Celdas de flotación. ....	8
2.2.3	Celdas de flotación KYF-300 .....	9
2.2.4	Ubicación del equipo en el proceso. ....	11
2.2.5	Partes principales del equipo.....	11
2.2.5.1	Sistema de accionamiento .....	12
2.2.5.2	Rotor.....	12
2.2.5.3	Tanque.....	13
2.2.5.4	Sistema de control. ....	14
2.2.5.5	Soplador D600-31.....	15
2.2.5.6	Parámetros de rendimiento. ....	16
2.2.6	Principio de funcionamiento.....	17
2.2.7	Objetivo de la celda de flotación. ....	17
2.2.8	Tipos de celdas de flotación. ....	18
2.2.9	Circuitos de flotación. ....	18
2.2.10	Tiempo de flotación (en circuito de flotación).....	19
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	19
2.3.1	Faja transmisión. ....	19
2.3.2	Rotor. ....	19
2.3.3	Polea. ....	19
2.3.4	Disponibilidad. ....	20
2.3.5	Periodo de desgaste.....	20
2.3.6	Diagrama de Pareto.....	20
CAPÍTULO III:.....		21
3	METODOLOGÍA.....	21
3.1	MÉTODO, Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	22
3.3.1	Población.....	22
3.3.2	Muestra. ....	22
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	22
CAPÍTULO IV .....		23
4	PROPUESTA DE DISEÑO .....	23

4.1	DESCRIPCION ACTUAL DEL ENTORNO DE TRABAJO.....	23
4.1.1	Diseño actual.....	25
4.2	DOP .....	28
4.3	RESULTADOS ESPERADOS.....	29
CAPÍTULO IV .....		30
5	PRESUPUESTO.....	30
5.1	INVERSIÓN DEL PROYECTO .....	30
5.1.1	Inversión en Activos Fijos Tangibles.....	30
5.1.1.1	Fabricación de componentes .....	30
5.1.1.2	Materiales .....	31
5.1.1.3	Insumos .....	31
5.1.1.4	Resumen de Inversión en Activos Fijos Tangibles.....	32
5.1.2	Inversión en Activos Fijos Intangibles .....	32
5.1.2.1	Servicio de instalación a todo costo: .....	32
5.1.2.2	Capacitación .....	33
5.1.2.3	Adiestramiento .....	33
5.1.2.4	Documentos de Gestión.....	33
5.1.2.5	Envíos y embalados.....	33
5.1.2.6	Resumen de Inversión en Activos Fijos Intangibles.....	34
5.1.3	Inversión Total.....	34
CONCLUSIONES .....		35
RECOMENDACIONES.....		37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		38
ANEXOS.....		40



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Parámetros de Rendimiento .....	16
<b>Tabla N° 2:</b> Defectos generados cuando ingresa aire a los rodamientos.....	24
<b>Tabla N° 3:</b> Cuadro resumen.....	24
<b>Tabla N° 4:</b> Mantenimiento no programado por fallas en línea de aire.....	25
<b>Tabla N° 5:</b> Mantenimiento Programado Esperado.....	29
<b>Tabla N° 6:</b> Inversión fabricación de componentes.....	30
<b>Tabla N° 7:</b> Inversión de materiales.....	31
<b>Tabla N° 8:</b> Inversión Insumos.....	31
<b>Tabla N° 9:</b> Resumen de Inversión Activos Fijos Tangibles.....	32
<b>Tabla N° 10:</b> Inversión de servicio de instalación a todo costo .....	32
<b>Tabla N° 11:</b> Inversión en Capacitación.....	33
<b>Tabla N° 12:</b> Inversión en Adiestramiento .....	33
<b>Tabla N° 13:</b> Inversión en elaboración de documentos de Gestión.....	33
<b>Tabla N° 14:</b> Inversión en envíos y embalados.....	33
<b>Tabla N° 15:</b> Resumen de Inversión Activos Fijos Intangibles .....	34
<b>Tabla N° 16:</b> Inversión Total (Activos Fijos Tangibles e Intangibles).....	34

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Ubicación del equipo en el proceso.....	11
<b>Figura N° 2:</b> Partes principales de la celda de flotación.....	11
<b>Figura N° 3:</b> Sistema de accionamiento. ....	12
<b>Figura N° 4:</b> Rotor .....	13
<b>Figura N° 5:</b> Tanque.....	14
<b>Figura N° 6:</b> Sistema de Control.....	15
<b>Figura N° 7:</b> Principio de funcionamiento .....	17
<b>Figura N° 8:</b> Diagrama de Pareto (Defectos generados cuando ingresa aire a los rodamientos).....	25
<b>Figura N° 9:</b> Mantenimiento no programado por fallas en línea de aire .....	26
<b>Figura N° 10:</b> Celda de flotación KYF-300 – Ubicación del ingreso de línea de aire.....	26
<b>Figura N° 11:</b> Celda de flotación KYF-300 .....	27
<b>Figura N° 12:</b> DOP – Proceso de Flotación.....	28

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N° 1:</b> AUTOCAD Mecanismo Completo .....	41
<b>Anexo N° 2:</b> AUTOCAD Despiece.....	43
<b>Anexo N° 3:</b> AUTOCAD Tubería de Aire .....	45
<b>Anexo N° 4:</b> AUTOCAD Reducción Campana .....	47
<b>Anexo N° 5:</b> AUTOCAD Tapa Metálica .....	49
<b>Anexo N° 6:</b> AUTOCAD Anillo de Bronce.....	51
<b>Anexo N° 7:</b> AUTOCAD Brida ANSI 150 .....	53
<b>Anexo N° 8:</b> AUTOCAD Adaptador Roscado .....	55
<b>Anexo N° 9:</b> AUTOCAD Polea Conducida.....	57
<b>Anexo N° 10:</b> AUTOCAD Mecanismo 3D .....	59

## **RESUMEN**

En el Perú, la minería es un actor muy importante en el desarrollo económico y social del país, las grandes empresas dedicadas al rubro minero invierten dinero y tiempo para cumplir uno de los grandes retos que es lograr la eficiencia operativa de excelencia en las plantas concentradoras de minerales.

Para lograr el reto trazado, las empresas mineras buscan motivar a los colaboradores con el fin de lograr oportunidades de mejora en los procesos y por ende en los equipos.

El presente Trabajo de Investigación busca la optimización de la línea de ingreso de aire a la celda de flotación (BGRIMM KYF-300), dado que los trabajos por mantenimiento rutinario han incrementado en su frecuencia.

Sabemos que uno de los procesos más utilizados por las empresas mineras es la concentración de minerales por medio del proceso de “flotación”, este proceso utiliza máquinas y equipos de gran envergadura, cuando los equipos presentan fallas frecuentes es prioridad de la empresa buscar soluciones óptimas que permitan la disponibilidad del equipo.

La finalidad del Trabajo de Investigación es diseñar una modificación en la línea de ingreso de aire de la celda de flotación que permita mejorar la disponibilidad del equipo y evitar que las fallas recurrentes por un diseño de fábrica inadecuado puedan ocasionar una falla catastrófica en el equipo.

La propuesta de diseño permitirá mejorar el funcionamiento de la celda de flotación y nos permitirá trazar una línea base en la realización de una modificación a futuro, para el análisis del problema se ha utilizado el diagrama de Pareto para poder identificar las fallas propias del equipo y la incidencia que genera las fallas frecuentes.

Esta propuesta pretende mejorar el nivel operativo de los equipos reflejándose en beneficios económicos para la empresa a futuro.

Del Trabajo de Investigación se puede concluir:

- Al realizar la modificación (reubicación) de la línea de ingreso de aire a la celda de flotación, se reducirá el riesgo de contaminación en el rodamiento porque en la evaluación de falla, la falla del rodamiento se presenta por ingreso de aire y condensado de agua en la cámara de rodadura del rodamiento ocasionando la degradación y emulsionado de la grasa elevando la temperatura y como consecuencia final destrucción del elemento rodante en nuestro caso es un rodamiento de cilindros de doble hilera.
- El diseño de modificación a la ubicación de la línea de ingreso de aire propuesto, reducirá la exposición de daño en el sello de seguridad del rodamiento porque el sello de seguridad aísla el portarodamiento, con el nuevo ingreso de aire propuesto que estará ubicado en la perforación central del eje o árbol principal cumpliendo su función principal que es llevar el aire a la parte inferior de la celda, lo cual permitirá que el sello actúe como un aislante.
- La modificación (reubicación) de la línea de ingreso de aire a la celda de flotación, permitirá reducir el mantenimiento periódico de la celda porque existe una frecuencia alta de recurrencia de falla prematura de los elementos rodantes tal cual como se muestra en el cuadro de Pareto es por eso que se plantea la propuesta de modificación del ingreso de aire por ser el único elemento que produce emulsión y degradación de la grasa lubricante de nuestros elementos de rodadura.

## **ABSTRACT**

In Peru, mining is a very important in the economic development and social player in the country, large companies engaged in the mining industry to invest money and time to meet one of the great challenges that is to achieve operational efficiency of excellence in the concentrator plants of minerals.

To achieve the layout challenge, mining companies seek to motivate employees to achieve opportunities for improvement in processes and therefore in the teams.

This research work seeks to optimize the line of air to enter the cell of flotation (BGRIMM KYF-300), since routine maintenance work have increased in frequency.

We know that one of the most used by the mining companies is the concentration of minerals by the process of "float", this process uses machines and large-scale equipment, when teams are frequent is a priority of the company find optimal solutions that enable equipment availability.

The aim of the research work is to design a modification on-line entry of air from the flotation cell, that allows to improve the availability of the equipment and avoid that recurrent failures inappropriate design of factory they can result in a catastrophic failure on the computer.

The design proposal will improve the functioning of the flotation cell and will allow us to draw a base line in the realization of a modification in the future, for the analysis of the

problem has been used Pareto diagram to identify the faults of the team and the impact generated by the failure frequently.

This proposal aims to improve the operational level of the teams reflected in economic benefits for the company in the future.

The work of research it can be concluded:

- To make the change (relocation) of the line of income from air to the flotation cell, the risk of contamination in the bearing will be reduced because in the assessment of fault, bearing failure arises by air from entering and condensed water in the rolling bearing Chamber causing degradation and emulsified fat by raising the temperature and as a final result destruction of the rolling element in our case is a cylinder double-row bearing
- The design of modification to the location of the proposed air input line, will reduce the exposure of damage in the safety of the bearing seal fulfilling its main function being to bring the air to the bottom of the cell, which will allow the seal to act as an insulator.
- The (relocation) modification of the line of income from air to the flotation cell, will reduce the periodic maintenance of the cell There is a high frequency of recurrence of premature failure of the rolling elements such as shown in the picture of Pareto This is why that there is the proposal for amendment of the entry of air for being the only element that produces emulsion and the fat breakdown lubricant of our rolling elements

## INTRODUCCIÓN

El objetivo primordial del Trabajo de Investigación es diseñar un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire que permita incrementar la disponibilidad en una celda de flotación, puesto que las fallas recurrentes en el equipo pueden generar un daño catastrófico futuro.

La estructura del presente Trabajo de Investigación es:

- **En el Capítulo I.**

En este capítulo se desarrolló el planteamiento del problema: general y específicos; se formuló los objetivos: general y específico; se ha sustentado la justificación e importancia del Trabajo de Investigación, se ha consignado la hipótesis y descripción de variables.

- **En el Capítulo II,**

En este capítulo se indica todos los trabajos de investigación, tesis, entre otros documentos que nos sirvieron de base para redactar el marco teórico que nos sirvió de apoyo para el desarrollo del Trabajo de Investigación y se definió términos.

- **En el Capítulo III,**

En este capítulo se trabajó el método y alcance de la investigación, el diseño de la investigación, se analizó la población y muestra y por ultimo las técnicas que nos permitieron realizar la descripción del Trabajo de Investigación.



- **En el Capítulo IV,**

En este capítulo se describe la propuesta del diseño, se realiza una breve descripción del entorno de trabajo, se explica el diseño actual. Se muestra el diseño propuesto de componentes para realizar la mejora de la línea de ingreso de aire de la celda de flotación, luego se muestra la nueva ubicación de la línea de ingreso de aire.

Se realizó un DOP el cual nos permite ver como se realiza el proceso de flotación y por último se proyectó en los resultados esperados.

- **En el Capítulo V.**

En este capítulo se redactó la inversión total que nos costaría realizar la implementación del diseño de propuesto a futuro, también se puede ver los materiales, insumos y/o servicios requeridos para la puesta en marcha de la propuesta.

- **Conclusiones y Recomendaciones**

Aquí podemos encontrar las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llegaron dado el análisis realizado en el Trabajo de investigación

- **Referencias bibliográficas.**

En esta sección podemos encontrar el listado de todas las fuentes que se ha utilizado para el desarrollo del presente Trabajo de Investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema.**

Las actividades productivas de las empresas Mineras requieren que los equipos estén disponibles al 100% en todo el proceso productivo, esto conlleva a que los equipos tengan la disponibilidad que nos permita mejorar los indicadores de productividad y extender la vida útil de los equipos involucrados, haciendo un mejor uso de los recursos (materiales, repuestos y/o insumos) dado que una parada no programada debido a fallas y/o eventos no provistos pueden ocasionar pérdidas económicas a gran escala.

Se ha escogido una empresa dedicada a la extracción de cobre, quien tiene instalado en su proceso de flotación 28 celdas de flotación, todas de la misma clase con las mismas características de operación (BGRIMM KYF-300),

La celdas de flotación es un equipo mecánico que se utiliza en minería para la recuperación y separación del mineral valioso (cobre) y la ganga (relave) este equipo consiste en un tanque cilíndrico y un mecanismo de agitación, que es un eje alargado con un rotor en un extremo que agita el líquido contenido en el tanque, mediante el ingreso de aire forzado, esta mezcla de

aire y fuerza centrífuga facilitan la recuperación exitosa del mineral, en los últimos reportes se ha incrementado los cambios de mecanismos por fallas prematuras de rodamientos del sistema de transmisión mecánico de las celdas de flotación.

Las constantes fallas de estos equipos (Celdas de Flotación), han generado que el 70% de las celdas en operación sean sustituidas o reparadas en los último .3 años de operación, viéndose necesaria la implementación de mejoras en la línea de ingreso de aire por estar provocando la contaminación de la cámara donde se alojan los rodamientos

Se ha podido identificar que el ingreso de línea de ingreso de aire a la celda de flotación es ineficiente los materiales y/o insumos que se utilizan durante el funcionamiento son reemplazados y/o cambiados vertiginosamente por nuevos, al realizar estos cambios genera requerimiento en tiempo de mantenimiento, personal y/o muchas veces paradas de planta no programados.

En el proceso de flotación, se ha realizado un conteo de las constantes paradas imprevistas de equipos, debido a la ubicación inadecuada de la línea de ingreso de aire, que detienen el normal desarrollo del proceso, por lo cual generan que no sea constante en el tiempo, se puede apreciar que las fallas más recurrentes son: ruidos de piezas, recalentamiento de rodamientos, fuga de grasa y vibraciones, las mismas que originan aumento de la jornada laboral, pérdidas de tiempo de producción, retrasos, baja eficiencia y a veces incumplimiento en la entrega del producto final.

Cuando la línea de ingreso de aire presenta deficiencias en el funcionamiento puede provocar la contaminación en el rodamiento debido al ingreso de aire, este aire tiene agua lo cual produce contaminación en el rodamiento; también existe el aumento de temperatura en el rodamiento.

Se ha podido observar que se puede realizar un modelo de mejora que elimine en 75% las fallas prematuras en las celdas de flotación de cobre. El presente trabajo de investigación propone un modelo de mejora que eleve

la disponibilidad y eliminar las fallas prematuras ocasionadas por el ingreso de la línea de ingreso de aire en las celdas de flotación de cobre.

## **1.1.2 Formulación del problema.**

### **1.1.2.1 Formulación del problema general.**

- ¿El diseño de un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire permitirá incrementar la disponibilidad en una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018?

### **1.1.2.2 Formulación de problemas específicos.**

- ¿El diseño de un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire reducirá el riesgo de contaminación en el rodamiento debido al ingreso de aire en una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018?
- ¿El diseño de un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire, reducirá la exposición de daño en el sello de seguridad del rodamiento en una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Diseñar un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire que permita incrementar la disponibilidad en una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Reducir el riesgo de contaminación en el rodamiento debido al ingreso de aire en una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018.

- Reducir la exposición de daño en el sello de seguridad del rodamiento en una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

#### **1.3.1 Justificación.**

##### **1.3.1.1 Justificación técnica.**

- A través de esta implementación se podrá mejorar la disponibilidad operativa de estos equipos también beneficios económicos que se lograran a corto y largo plazo al reducir los costos operativos y reducción de horas hombres empleadas

##### **1.3.1.2 Justificación económica.**

- Se ha realizado el estimado del costo de detenciones imprevistas por falla de los equipos en plena operación versus el costo que demandaría la implementación de la modificación en la línea de ingreso de aire de proceso siendo muy rentable para la empresa.

##### **1.3.1.3 Justificación social.**

- Al realizar esta mejora en el diseño del equipo, prolongamos la vida útil de los componentes, reduciendo la exposición de los colaboradores a riesgos y peligros como: trabajos en altura para realizar cambio de componentes, cargas suspendidas por trabajos con izaje, aportando de esta manera a la salud y seguridad de los colaboradores.

#### **1.3.2 Importancia.**

En las empresas mineras el proceso de extracción de minerales se tienen procesos y etapas importantes para el logro de sus objetivos y metas de producción estos etapas tienen una clasificación de acuerdo a la importancia de los equipos dentro del proceso Dentro de los procesos productivos de las

empresas Mineras se requiere equipos con una disponibilidad mayor a 85 %, las celdas de flotación son equipos importantes dentro del proceso de recuperación de mineral valioso, en la celda de flotación (BGRIMM KYF-300) la cercanía del ingreso de la línea de ingreso de aire con los componentes vitales como son los rodamientos de rodillos de doble hilera esta condición eleva la probabilidad de falla de todo el mecanismo incurriendo de esta manera en gastos de mantenimiento ya sean mantenimientos correctivos programables o mantenimientos correctivos no programables adicionales por fallas prematuras de estos equipos

La diferencia entre ambos tipos de mantenimiento radica principalmente en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo planificado o programado supone la corrección de la falla con tiempo, programando el personal necesario, las herramientas adecuadas, la información y los materiales y además el momento de realizar la reparación se adapta a la producción.

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo dentro del proceso productivo: si la falla o avería supone la parada inmediata de un equipo necesario e importante, la reparación comienza sin una planificación previa por clasificarse crítica. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo o avería presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado una Parada de sección o Parada de Planta, La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción.

No tiene el mismo impacto económica y plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por lo tanto, el correctivo no programado es claramente una situación más costosa e indeseable desde el punto de vista de la producción, mientras el correctivo programado es menos agresivo en cuanto a costos se refiere

## **1.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### **1.4.1 Variable independiente.**

- Modelo de mejora en la línea de ingreso de aire en un celda de flotación

### **1.4.2 Variable dependiente**

- Contaminación del rodamiento.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se consultará las siguientes investigaciones académicas:

- Collantes, M. (2017) *Propuesta de Implementación del Mantenimiento preventivo en las celdas de flotación kyf-300 para mejorar la productividad en planta de cobre - Chinalco – Perú*, Tesis para optar título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del norte Trujillo Perú 2017. El objetivo del estudio fue proponer un plan de mantenimiento preventivo, con el fin de optimizar el desempeño operativo de la maquinaria durante el proceso productivo y así tratar de disminuir la frecuencia de mantenimientos correctivos en las celdas de flotación KUF-300 la que incrementará la productividad en la planta procesado de cobre de Minera Chinalco – Perú.
- Pariona, Z (2016). *Análisis de las fallas de los equipos críticos de flotación, para reducir las pérdidas de producción en la unidad minera de Yauliyacu*, Tesis para sustentar título de Ingeniero Mecánico, Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. El objeto de estudio es realizar el análisis de criticidad a todos los equipos de la mencionada línea de producción, luego de conocer su ciclo de vida con ayuda del software MINITAB y por lo tanto se determinó el ciclo óptimo de mantenimiento preventivo de cada equipo crítico basado en el



análisis de confiabilidad con la finalidad de reducir los costos de mantenimiento aumentando así los tiempos de operación cuya finalidad es aumentar la producción en la mencionada unidad minera, entre otros aspectos.

- Palpan, Ronald (2016). *Sistema de alta eficiencia para el mejoramiento de la Lixiviación del cobre*. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Ingeniería. Con el objeto de estudio “la extracción del cobre por lixiviación en columnas y obtener un PH óptimo para tener la máxima recuperación del cobre por el método de extracción por solvente.”

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Flotación de minerales.**

“Los procesos de flotación son usados para separar o concentrar minerales y otras especies químicas. La separación por flotación es el resultado de muchos procesos fisicoquímicos complejos que ocurren en las interfaces sólido/líquido, líquido/gas y sólido/gas. La flotación depende de la probabilidad de unión de la partícula a la burbuja en la celda de flotación, la cual es determinada por la hidrofobicidad de la superficie de la partícula. En la mayoría de los sistemas de flotación, la superficie de la partícula se torna hidrofóbica por la absorción selectiva de los surfactantes llamados colectores.” (Palpan, 2016, p. 42).

### **2.2.2 Celdas de flotación.**

“Es un equipo electromecánico estacionario con un método de aire forzado, de 6,900mm de altura x 8,400mm de diámetro, produce una intensa mezcla y aireación que cumple la función de separar la pulpa en dos productos (concentrado y relave), cuenta con un cilindro de 300m<sup>3</sup> de capacidad, un agitador que para ser accionado utiliza una reducción por fajas en V acoplado a un motor de 280kW que gira a razón de 595rpm, cuenta con un tubo de aspiración cónico en el que se encuentra un rotor compuesto de 8 paletas conectado a un eje, alrededor del cilindro cuenta con un launder periférico para la colección de espumas, válvulas dardo para el control de nivel de los cajones de colección y descarga.” (Tecsop, 2012, p. 1).

Según Collantes manifiesta lo siguiente:

*“El proceso de flotación se inicia al cargar la pulpa, a la cual se agregan previamente varios reactivos químicos, en recipientes especiales denominados “celdas de flotación”, donde se agita la mezcla.*

*Por las características propias del mineral que se procesa en esta planta, primero se realiza la flotación del plomo y luego la del zinc.*

*Se introduce aire a presión a la celda para permitir la formación de pequeñas burbujas en el interior de la pulpa a las que, por efecto de reactivos espumantes como el MIBC y el F150 y reactivos modificadores como el óxido de zinc, cianuro de sodio, silicato de sodio y sulfato de cobre, se promueve la adherencia de las partículas del mineral que se desea seleccionar. De esta manera el mineral es arrastrado hasta la superficie en forma de espuma para luego ser retirado de la celda de flotación. Para flotar el cobre se utiliza Celdas de Flotación KYF-300 Metros Cúbicos*

*Estos procesos se efectúan en circuitos de cinco celdas en serie cada uno y de cada circuito salen tres productos: concentrados, mixtos y colas. Los concentrados se envían al proceso de espesamiento y filtrado. Los mixtos, en los cuales el mineral no ha podido todavía ser extraído completamente, pasa a un proceso de remolienda y clasificación, desde donde el material fino es enviado al circuito de flotación de limpieza y re-limpieza donde el concentrado es finalmente extraído. Las colas son enviadas al espesador de colas y luego al depósito de colas” (2017, p. 50).*

### **2.2.3 Celdas de flotación KYF-300**

Para definir la Celda de Flotación KYF 300, Collantes sostiene al respecto:

*El principio de operación de la celda de flotación: cuando el impulsor está rotando, la pulpa en la celda es absorbido en los espacios entre el impulsor y el estator de la parte inferior de la celda. Al mismo tiempo, el aire de baja presión producido por el soplador ingresa al distribuidor de aire que se ubica en el medio del impulsor y mezclado con la pulpa. El aire inducido se mezcla con el líquido mineral, creando millones de burbujas de aire en minutos las cuales se adhieren y llevan las partículas minerales a la superficie donde ellas son retiradas por simple desplazamiento.*

*Las Válvulas dardo están ubicadas en la junta, entre los tanques para el ajuste del nivel de pulpa en las celdas de flotación. La espuma mineral formada por la acción del rotor es descargada sobre los bordes de cada celda. Los minerales que no flotan están mojados por lo tanto permanecen en la pulpa y descargados con la pulpa.*

*Las configuraciones de la celda de flotación son las siguientes:*

*Cuatro (4) líneas de celdas de flotación 7 KYF-300. Máquinas organizadas como cajón de alimentación -1celda-válvulas dardo-1celda-válvulas dardo -1celda-válvulas dardo-2celdas-válvulas dardo- 2celdas-cajón descarga con válvulas dardo. Referirse a Celda de Flotación GA - R0534200-01-Bulk Rougher 300m3.*

*Estas celdas de flotación KYF-300 están equipadas con Válvulas dardo de cierre automático en fallas, entre cada celda de caída y 2 válvulas dardo de cierre automático en fallas en el cajón de descarga, por un total de 20 en el sistema de control de nivel, incorporando 40 válvulas de accionamiento.*

*El suministro de potencia requerido para los motores de la celda de flotación es de 4000V, 3fases, 60Hz” (2017, p.51).*

## 2.2.4 Ubicación del equipo en el proceso.

“Las celdas de flotación rougher bulk (220-FO-001 al 028) conformadas por 4 filas de 7 celdas c/u, las celdas son equipos que reciben la pulpa proveniente del overflow de los ciclones (210-CY-001 al 004) pasando previamente por los muestreadores de alimentación a flotación bulk (220-SA-001 al 004), a la primera celda se le adiciona ; el concentrado es descargado sobre las canaletas de concentrado rougher bulk (220-LA-101 al 104). Las colas de las celdas rougher bulk es descargado en los espesadores de relaves (255-TK-001 al 004.” (Tecsup, 2012, p. 1).

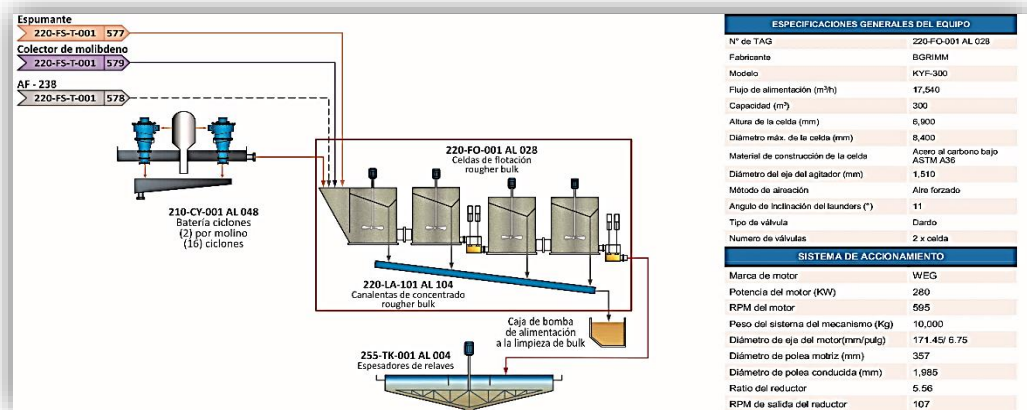


Figura N° 1: Ubicación del equipo en el proceso.

Fuente: Tecsup – Manual de Operaciones, Área 220: Flotación de cobre

## 2.2.5 Partes principales del equipo.

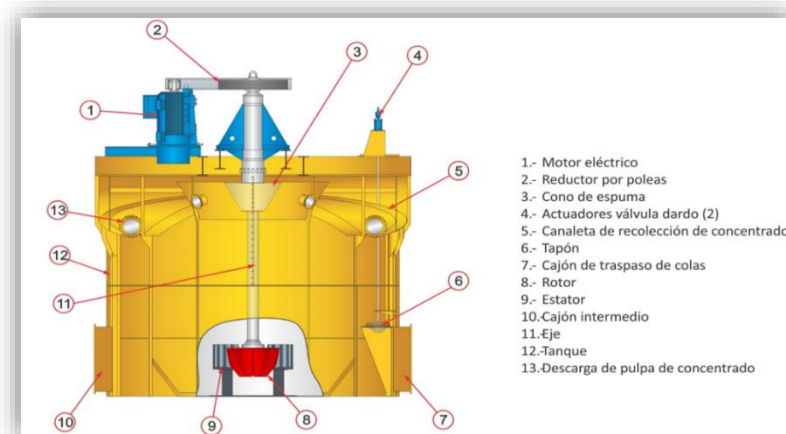
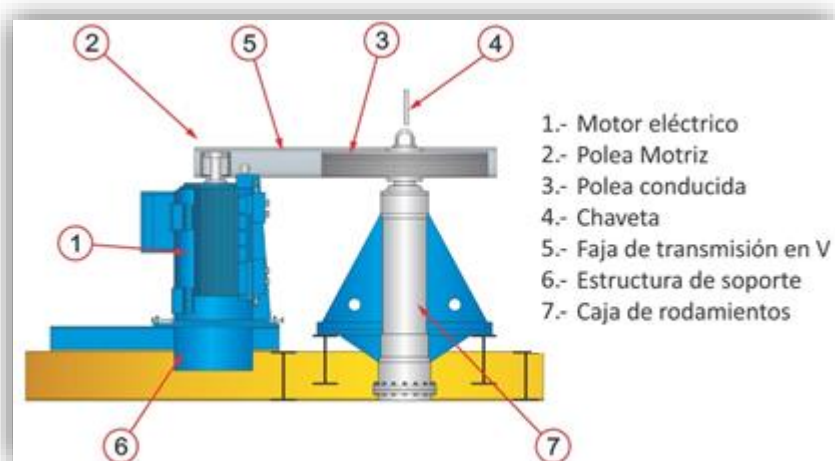


Figura N° 2: Partes principales de la celda de flotación.

Fuente: Tecsup – Manual de Operaciones, Área 220: Flotación de cobre

### 2.2.5.1 Sistema de accionamiento

“Está formado por un motor eléctrico de inducción de 280kW que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, está montado verticalmente sujeto a un soporte, el motor eléctrico utiliza un sistema de reducción de poleas y fajas el cual disminuye la velocidad a 107RPM, la polea motriz 357x8V (357 de diámetro con 8 canales en V) y la polea conducida 1,985x10 8V (1,985mm de diámetro con 8 canales en V) para fijarse tanto al eje del motor como a la caja de rodamientos utiliza chavetas, la faja de transmisión que utiliza es del tipo 8500 8V, la caja de rodamientos se acopla mediante brida al eje hueco de 330mm de diámetro.” (Tecsups, 2012, p. 3).

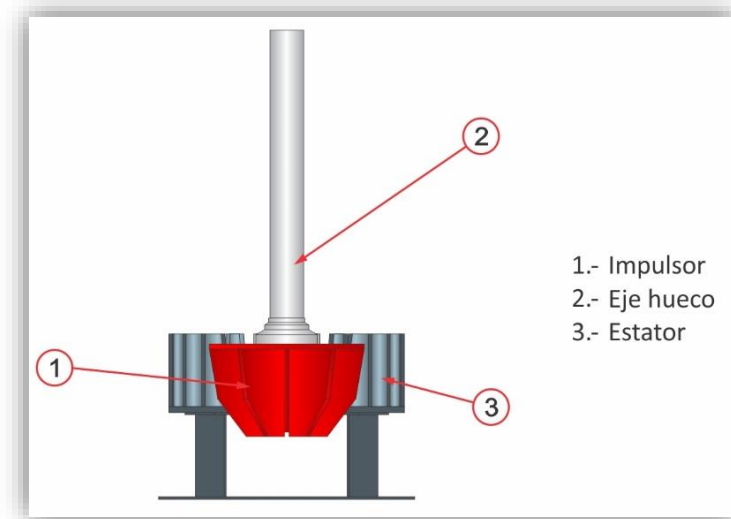


**Figura Nº 3:** Sistema de accionamiento.

**Fuente:** Tecsup – Manual de Operaciones, Área 220: Flotación de cobre.

### 2.2.5.2 Rotor.

“Tiene un diámetro de 1,510mm conformado por un impulsor centrífugo de 8 alabes inclinados; recubiertos de caucho; el rotor se encuentra acoplado al eje hueco por donde se inyecta aire a presión el cual al hacer contacto con el concentrado impactan con el estator para poder generar burbujas. El rotor en conjunto con el estator se encarga de realizar la circulación del concentrado manteniendo en suspensión las partículas sólidas.” (Tecsups, 2012, p. 3).



**Figura N° 4:** Rotor

**Fuente:** Tecsup – Manual de Operaciones, Área 220: Flotación de cobre.

### 2.2.5.3 Tanque.

“Hecho de acero de bajo carbono ASTM A36 con dimensiones aproximadas de 6,900mm de profundidad con 8,400mm de diámetro y con una capacidad aproximada de 300m<sup>3</sup>. Su función principal es contener el concentrado proveniente del área de molienda. El tanque está formado por un cuerpo superior y uno inferior, ambos cuerpos compuestos por cuatro bloques cada uno. (Ver Figura 5)

El cuerpo superior contiene:

- Cono de espuma invertido.

Se encuentra pegado en su parte superior, la función de este es mejorar el transporte de espuma hacia la canaleta de recolección.

- Canaleta de recolección de concentrado

Se encargan de recoger y transportar el concentrado (espuma)

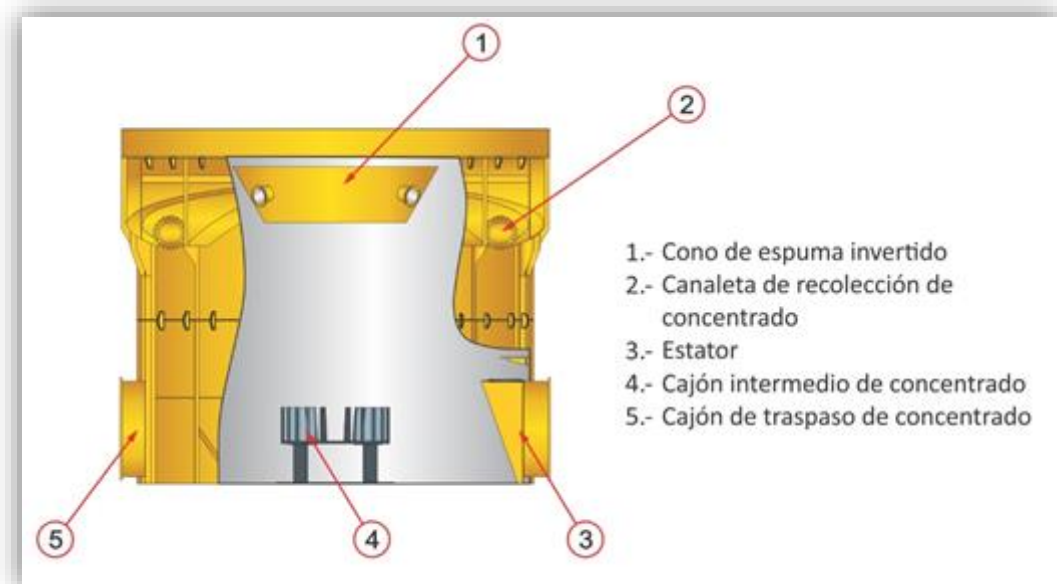
El cuerpo inferior contiene:

- Estator

Se encarga de reducir el vórtice de pulpa que pasa por el rotor esto genera finas burbujas llevando en si concentrado

- Cajón intermedio y de traspaso de concentrado

Son el medio de traspaso de las colas entre cada celda. En el cajón de traspaso en su parte superior contiene el asiento para las válvulas dardo que son parte del sistema de control.” (Tecsups, 2012, p. 4).



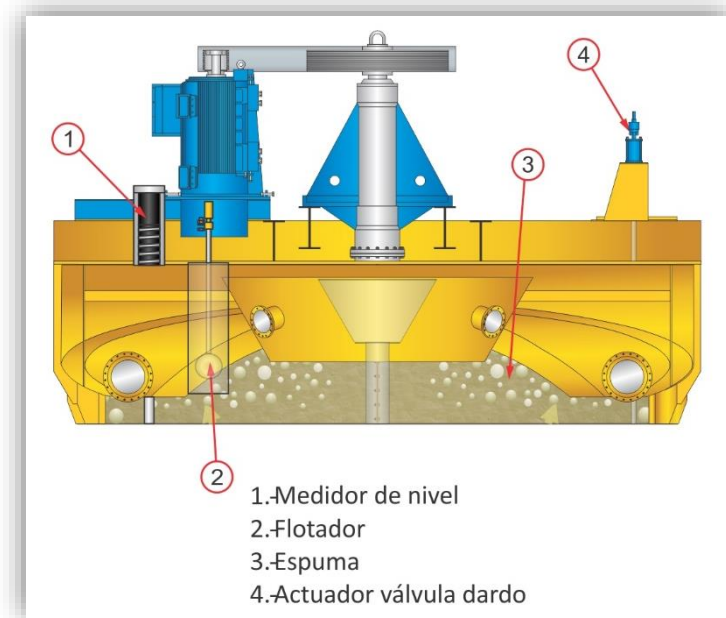
**Figura Nº 5:** *Tanque*

**Fuente:** Tecsup – Manual de Operaciones, Área 220: Flotación de cobre.

#### 2.2.5.4 Sistema de control.

“Compuesto por un detector de nivel tipo flotador, un transmisor, válvulas dardo, y cilindros neumáticos que funcionan a 7 Kpa de presión; su principio de funcionamiento empieza con el monitoreo de nivel del concentrado que envía la señal al transmisor que mediante un controlador permite actuar a las válvulas dardo para mantener un control de nivel de espuma preciso y confiable entre las celdas de flotación; permitiendo que las válvulas dardo se abran y cierren para tal fin. Las válvulas dardo son accionadas por

cilindros neumáticos los cuales reciben las señales de los controles de nivel.” (Tecsup, 2012, p. 5).



**Figura Nº 6:** Sistema de Control

**Fuente:** Tecsup – Manual de Operaciones, Área 220: Flotación de cobre.

### 2.2.5.5 Soplador D600-31.

Según el Manual del Soplador D600-31, nos dice que:

*El soplador centrífugo de tipo D600-31 tiene las características de alta Presión, curva de rendimiento estable, alta eficiencia, los cambios de Presión no influenciarán al volumen y este tiene alta aplicabilidad de cambios ocurridos en la posición de trabajo del sistema de la red de tuberías. El soplador centrífugo de tipo D600-31 tiene las características de ahorrar energía, bajo ruido, estabilidad de funcionamiento, pocas piezas desgastadas, conveniente para instalación, operación, mantenimiento y su motor no es fácil de sobrecargarse. La carcasa está hecha de hierro fundido, puede ser de beneficio para realzar la rigidez de la carcasa, para prevenir vibración y absorber el ruido.*



*El soplador centrífugo de tipo D600-31 tiene una estructura de multietapas, succión única, impulsor central, accionado con acople flexible y conexión directa del motor.*

*Las principales estructuras del soplador centrífugo son la carcasa, la base del cojinete, sello y rotor, El sello del laberinto será instalado entre cada aro y etapa de entrada del impulsor para evitar la fuga de gas. Cada rotor pasará por el proceso de equilibrio estático y dinámico.*

*La base del cojinete del soplador centrífugo D600-31 está conectada por la brida con la carcasa, hecho de HT250. El soplador centrífugo es usado de cojinete plano. El cojinete es forzado a alimentar lubricación de aceite mediante la unidad de lubricación para el aceite de turbina L-TSA32 o L-TSA46. El sistema de lubricación incluye la bomba principal de aceite, bomba eléctrica de aceite, tanque de aceite, enfriador de aceite, filtro del aceite, lubricación general y otros. Debido a la falla de potencia, la máquina se detiene. La sobrecarga podría mantener la sesión para asegurar la seguridad de la unidad de lubricación (2010, p 4).*

#### **2.2.5.6 Parámetros de rendimiento.**

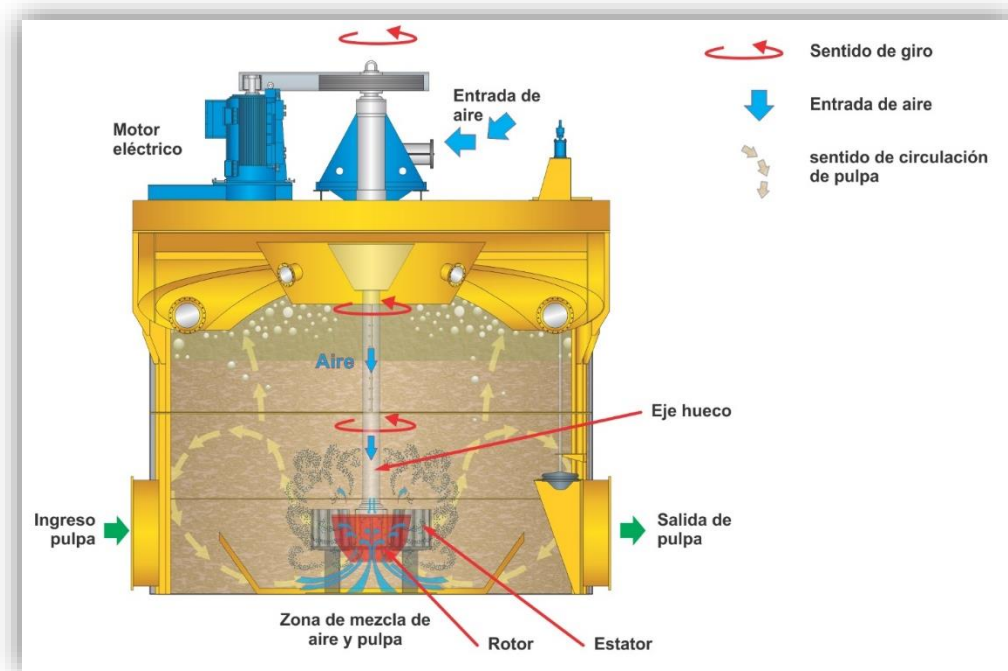
**Tabla Nº 1: Parámetros de Rendimiento**

Medio	Aire
Temperatura de aire de entrada	20 °C
Capacidad de la Entrada	600 m <sup>3</sup> /min
Presión de la Entrada	59.5 kPa
Presión de la Salida	127.5 kPa
Potencia de Consumo	770KW
Velocidad del Rotor	3560 r/min
Motor	HGF8006, 1000kW2P/60Hz/4000V

**Fuente:** *Manual de Instrucciones de instalación Celdas de flotación KYF 300*

## 2.2.6 Principio de funcionamiento

“El movimiento giratorio realizado por el eje hueco acoplado al sistema de accionamiento (motor, sistema de poleas y correas) genera un flujo radial a través del rotor, el cual al realizar contacto con el estator genera un flujo tangencial, ocasionando una serie continua de vórtices. A estos vórtices se les suma la adición de aire que ingresa por el eje hueco para mezclarse con el concentrado, creando burbujas que en conjunto forman espuma la cual es conducida a la parte superior y gracias al cono de espuma invertido mejora su conducción hacia las canaletas. La pulpa que no logra flotar pasa a la siguiente celda por el cajón intermedio y de traspaso respectivamente gracias a la activación de las válvulas dardo, este proceso continúa hasta que el concentrado se descargue por gravedad a la canaleta de relaves.” (Tecsup, 2012, p. 6).



**Figura Nº 7:** Principio de funcionamiento

**Fuente:** Tecsup – Manual de Operaciones, Área 220: Flotación de cobre.

## 2.2.7 Objetivo de la celda de flotación.

“EL objetivo de la celda de flotación es formar y remover la espuma mineralizada y separarle del relave, promover el contacto íntimo entre las

diferentes fases, siendo su función principal introducir aire a la pulpa” (Fuerstenau, 1962, p349; Sutulov, 1963, p. 147).

### 2.2.8 Tipos de celdas de flotación.

“Según el método de introducción de aire podemos distinguir diferentes máquinas de las cuales las principales son:

- Maquinas mecánicas, en que el aire se introduce por agitación mecánica y en cuya distribución es de fundamental importancia un agitador.
- Maquinas neumáticas, en que el aire se introduce bajo presión en la parte inferior y en que no existen partes de agitación mecánica.
- Máquinas de vacío, en que la generación de aire se produce haciendo vacío en una pulpa saturada en aire y en que tampoco hay partes de agitación mecánica” (Sutulov, 1963, p 147).

### 2.2.9 Circuitos de flotación.

Generalmente las celdas de flotación se ordenan en serie, formando un circuito o bancada, las cuales son utilizadas en diferentes etapas, cuya configuración debe ser lo más básicas posible: (Davenport et al., 2002, p. 46; Wills y Napier-Munn, 2007, p. 293).

- **Etapas de desbaste:** donde el mineral molino entrante es flotado bajo condiciones que dan una efectiva recuperación de Cu. La velocidad de recuperación en esta etapa es la más rápida.
- **Etapas de Colección:** Aquí, son recuperadas las especies valiosas que son reacias a flotar y no han podido ser recuperadas en el desbaste. El nivel de pulpa aumenta debido a la poca espuma mineralizada, por lo que requiere mayor aireación.
- **Etapas de Afino:** Aquí, los no minerales de cobre que se encuentran en el concentrado obtenido en la etapa de desbaste son deprimidos, resultando un producto con un alto grado de cobre. El nivel de la pulpa

en estas celdas que mantienen bajo para obtener una profunda espuma que mejora la ley (Wills y Napier-Munn, 2007, pp. 295, 296).

#### **2.2.10 Tiempo de flotación (en circuito de flotación).**

En la prueba batch, todas las partículas del mineral están distribuidas por toda la celda y permanecen por un mismo tiempo, mientras que en un flujo continuo hay una diferencia considerable en los tiempos de retención de la diferentes partículas, debido a que algunas partículas de la pulpa toman una especie de atajo y pasan por la celda relativamente rápida, resultando en una flotación incompleta. Para reducir este problema el volumen total deseado es dividido en pequeños porciones formando el banco de celdas. (Wills y Napier – Munn, 2007, p. 301).

### **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

#### **2.3.1 Faja transmisión.**

Banda que, movida automáticamente, sirve para realizar transmisión de movimiento sin esfuerzo del motor eléctrico al sistema de agitación de la celda de flotación

#### **2.3.2 Rotor.**

Componente con aletas que sirve para agitar el flujo que se encuentra al interior de la celda de flotación.

Según el diccionario de la Rale define "*Parte giratoria de una máquina electromagnética o de una turbina*"

#### **2.3.3 Polea.**

El diccionario de la Rale define "*Mecanismo que consiste en una rueda giratoria de borde acanalado, por el que se desliza una cuerda o cadena, y que sirve para mover o levantar cosas pesadas*"

#### **2.3.4 Disponibilidad.**

Para Grajales (2006, p 157) indica *“La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente por un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.”*

#### **2.3.5 Periodo de desgaste**

Collantes (2017) nos dice “Su principal característica es que el índice de fallas aumenta a medida que transcurre el tiempo. En este periodo las fallas son debidas a fatiga, erosión, corrosión, desgaste mecánico, etc. Cuando un SP entra en este periodo, debe someterse a una reparación general e idealmente se analizan las fallas en función de los costos asociados a la reparación”

#### **2.3.6 Diagrama de Pareto**

Estas gráficas desglosan un problema en las contribuciones relativas de sus componentes. Se basan en el resultado empírico común de que un gran porcentaje de los problemas se deben a un pequeño porcentaje de causas. En el ejemplo, 80% de las quejas de los clientes se deben a entregas demoradas, que son 20% de las causas anotadas.

## **CAPÍTULO III:**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **3.1.1 Método de investigación.**

Utilizaremos un Método Descriptivo con el cual podremos describir el diseño de la ubicación de la línea de aire de la celda de flotación en una empresa minera de extracción de cobre 2018.

##### **3.1.2 Alcance de la investigación**

El alcance de la investigación en el presente Trabajo se realizará a nivel descriptivo, solo se describirá la mejora propuesta (reubicación) de la línea de aire de la celda de flotación en una empresa minera de extracción de cobre 2018.

#### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

Se realizará el Trabajo de Investigación bajo un diseño no experimental, desarrollado bajo el diseño transeccional descriptivo, dado que se diseñará un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire de las celdas de flotación en una empresa minera de extracción de cobre 2018.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1 Población.**

- La población objeto de estudio está representada por las fallas de los equipos críticos en el proceso de flotación en una empresa minera de extracción de cobre 2018

#### **3.3.2 Muestra.**

- La muestra es la línea de ingreso de aire en una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018.

### **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos.**

Para el trabajo de investigación utilizaremos:

- Observación.

#### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.**

El Trabajo de Investigación propuesto utilizará:

- Incidencia de fallas (contaminación en rodamiento y frecuencia de daño en el sello de seguridad).
- Análisis de Pareto.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA DE DISEÑO**

#### **4.1 DESCRIPCION ACTUAL DEL ENTORNO DE TRABAJO.**

Se ha podido identificar en la celda de flotación KFY-300 que cuando la línea de ingreso de aire presenta deficiencias en su funcionamiento, causa contaminación en los rodamientos debido al ingreso de agua, daño en los sellos de seguridad lo cual produce el aumento en la temperatura.

Se ha podido ver que la ubicación del ingreso de línea de ingreso de aire a la celda de flotación es inadecuada, por lo que las ineficiente, los materiales y/o insumos que se utilizan durante el funcionamiento son reemplazados y/o cambiados vertiginosamente por nuevos, para atender esta necesita se requiere mantenimiento, personal y/o muchas veces paradas de planta no programados. Se ha realizado el análisis de la incidencia de problemas que presenta la celda de flotación KFY-300, para tal fin el Diagrama de Pareto nos puede ayudar a identificar las causas más probables originadas en la Celda de Flotación:

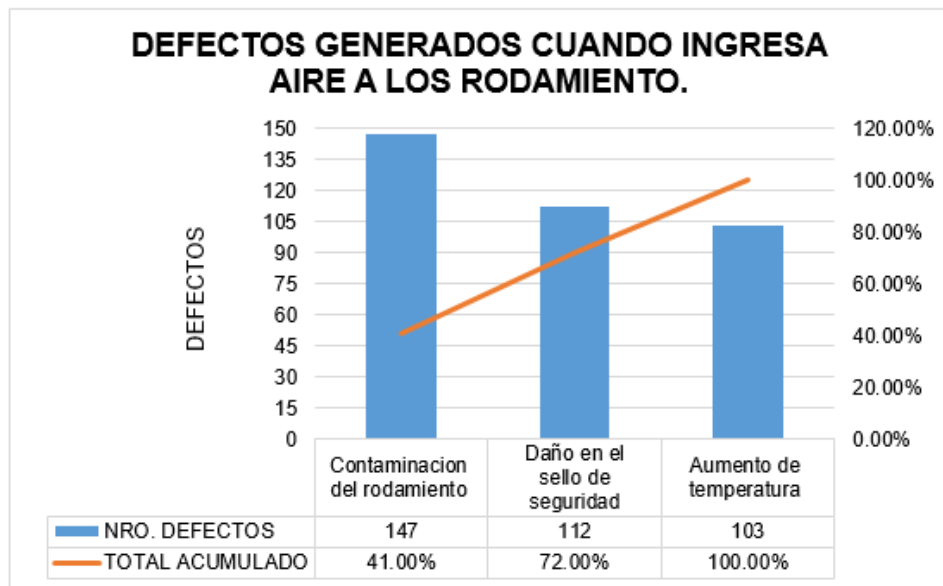


**Tabla Nº 2:** Defectos generados cuando ingresa aire a los rodamientos

<b>DEFECTOS GENERADOS CUANDO INGRESA AIRE A LOS RODAMIENTO.</b>			
<b>MES</b>	<b>CONTAMINACIÓN</b>	<b>DAÑO EN EL SELLO DE SEGURIDAD</b>	<b>AUMENTO DE TEMPERATURA</b>
ENE	7	15	11
FEB	10	7	7
MAR	15	8	3
ABR	11	14	13
MAY	12	6	8
JUN	8	9	6
JUL	13	13	14
AGO	16	5	9
SET	15	10	9
OCT	9	12	8
NOV	14	4	10
DIC	6	11	5
<b>TOTAL :</b>	<b>136</b>	<b>114</b>	<b>103</b>

<b>Tabla</b>	<b>Nº</b>	<b>3:</b>	<b>Cuadro</b>
<b>DEFECTO</b>	<b>NRO. DEFECTOS</b>	<b>% ACUMULADO</b>	<b>TOTAL ACUMULADO</b>
Contaminacion del rodamiento	136	39.00%	39.00%
Daño en el sello de seguridad	114	32.00%	71.00%
Aumento de temperatura	103	29.00%	100.00%
<b>TOTAL</b>	<b>353</b>	<b>100.00%</b>	

resumen



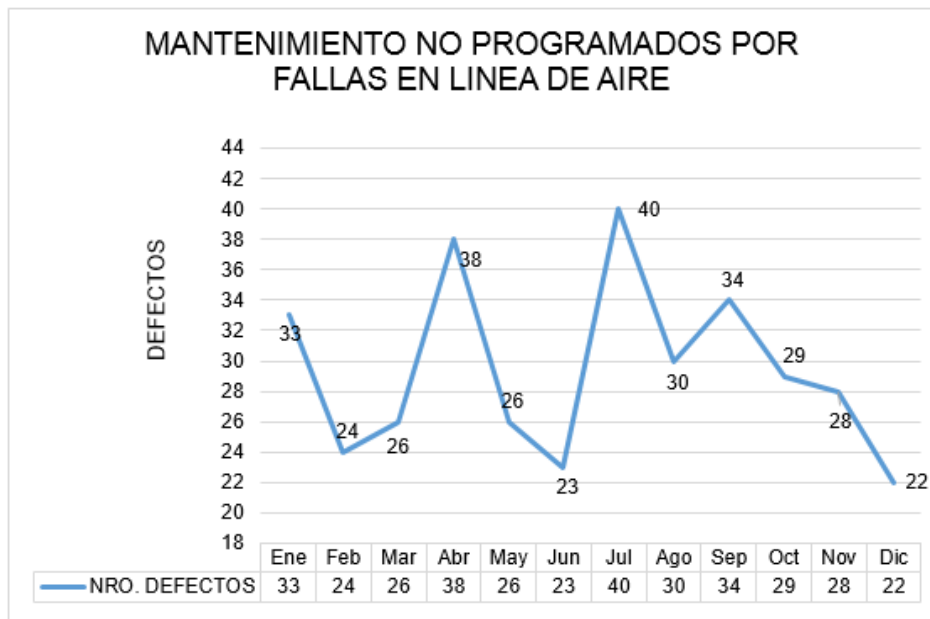
**Figura Nº 8:** Diagrama de Pareto (Defectos generados cuando ingresa aire a los rodamientos).

#### 4.1.1 Diseño actual.

El acceso actual de la línea de ingreso de aire de la celda de flotación debido a su ubicación inadecuada genera que exista Mantenimientos no programados debido a las constantes fallas. Para tener una mejor visión se ha realizado un conteo de fallas generadas por la línea de ingreso de aire durante el año 2018 para lo cual tenemos:

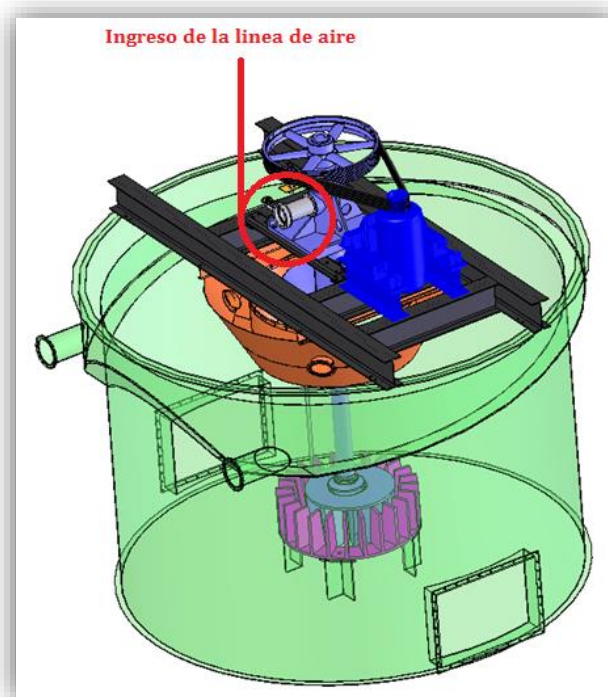
**Tabla Nº 4:** Mantenimiento no programado por fallas en línea de aire

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
<b>MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO</b>	33	24	26	38	26	23	40	30	34	29	28	22	<b>353</b>



**Figura N° 9:** *Mantenimiento no programado por fallas en línea de aire*

En la actualidad el ingreso de la línea de ingreso de aire tiene la siguiente ubicación:



**Figura N° 10:** *Celda de flotación KYF-300 – Ubicación del ingreso de línea de aire.*  
**Fuente:** Manual de Instalación Celda de Flotación

Para tener una idea más precisa de la ubicación, se puede observar en el siguiente panel fotográfico:



**Figura Nº 11:** *Celda de flotación KYF-300*  
**Fuente:** Minera

## 4.2 DOP

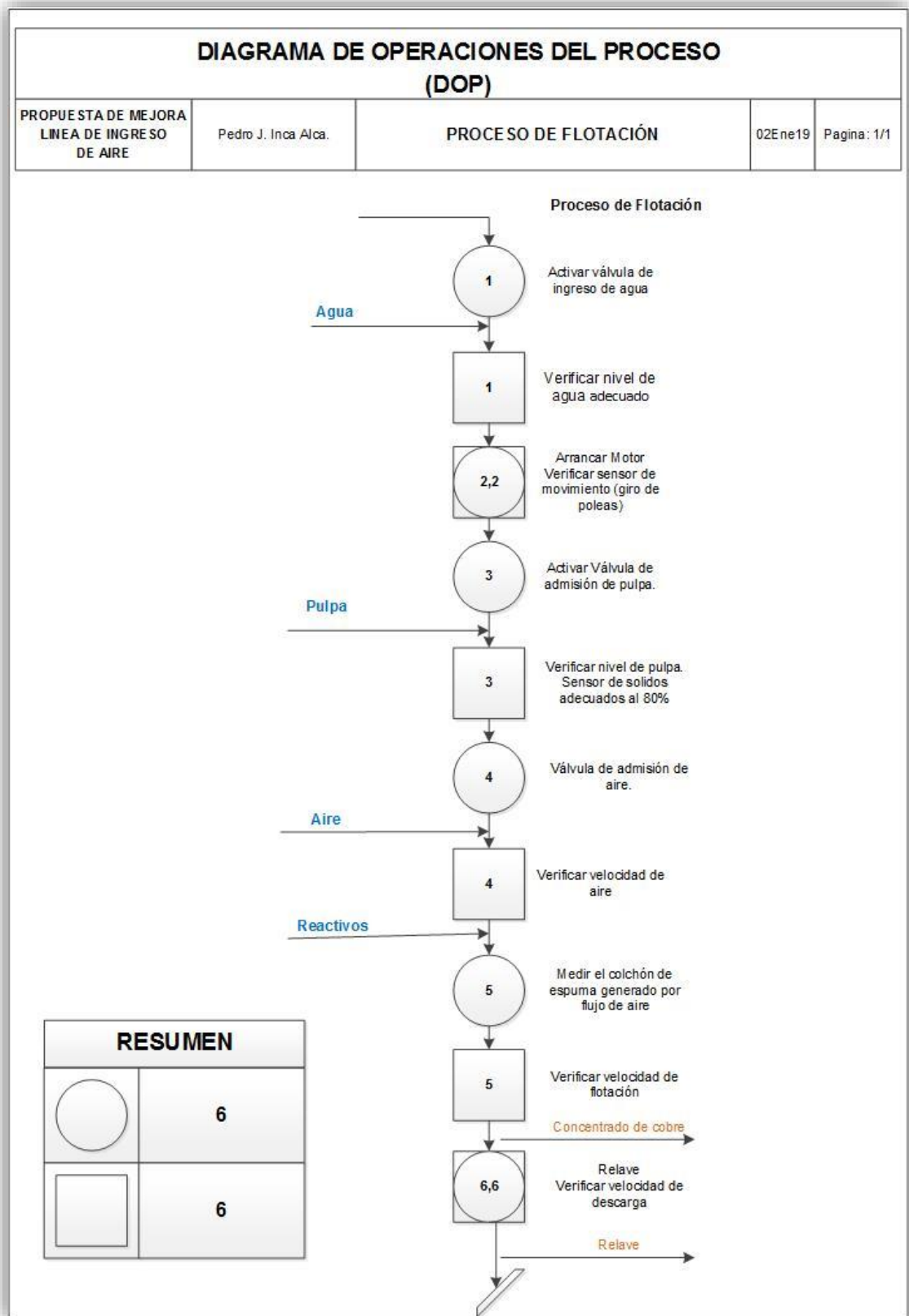


Figura N° 12: DOP – Proceso de Flotación.

### 4.3 RESULTADOS ESPERADOS.

Con el cambio de ubicación de la línea de ingreso de aire se espera que los problemas que generaba la línea de aire a los rodamientos disminuyan tal como se proyecta en el siguiente cuadro.

**Tabla Nº 5:** *Mantenimiento Programado Esperado*

ACTIVIDADES PROGRAMADAS	VECES AL AÑO												TOTAL	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
Contaminación del rodamiento														1
Daño en el sello de seguridad del rodamiento														1
Aumento de temperatura														1
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

**Fuente:** *Mantenimiento programado esperado.*

**Nota:** Elaboración propia.

Puesto que, con el cambio realizado a la ubicación de la línea, el riesgo de que la línea de ingreso de aire produzca problemas a la celda de flotación KYF-300, se proyecta que sean recurrentes 1 vez al año.

## CAPÍTULO IV

### PRESUPUESTO

#### 5.1 INVERSIÓN DEL PROYECTO

##### 5.1.1 Inversión en Activos Fijos Tangibles

###### 5.1.1.1 Fabricación de componentes

Tabla Nº 6: *Inversión fabricación de componentes*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Anillo de sacrificio de bronce	und	1.0	\$50.00	\$50.00
2	Adaptador roscado	und	1.0	\$80.00	\$80.00
3	Tapa superior se adaptador	und	1.0	\$20.00	\$20.00
4	Maquinado de 1 brida de 8" ANSI para instalar	und	1.0	\$25.00	\$25.00
<b>TOTAL :</b>				<b>\$175.00</b>	

### 5.1.1.2 Materiales

Tabla Nº 7: Inversión de materiales

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Bridas soldables de 8" ANSI clase 150 con maquinado interno	und	2.0	\$117.00	\$234.00
2	Bridas soldables de 6" ANSI clase 150 estandar	und	2.0	\$70.00	\$140.00
3	Brida ciega de 8" ANSI clase 150	und	2.0	\$173.00	\$346.00
4	Reduccion campana de 8 a 6 cedula 40	und		\$73.00	\$0.00
6	Pernos con tuercas y arandelas ( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " x 3, grado 2 de acero al carbono NC )	und	8.0	\$35.00	\$280.00
7	Perno de <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " x 1, grado 2 de acero al carbono NC	und	1.0	\$2.00	\$2.00
8	Sello Hidraulico de 200 x 230 x 15 de nitrilo y alma metálica	und	1.0	\$20.00	\$20.00
9	Fiting recto para grasa de <sup>1</sup> / <sub>4</sub> " NPT cromado	und	1.0	\$4.00	\$4.00
11	Oring de 4 x 230	und	1.0	\$5.00	\$5.00
12	Codos de acero al carbono formados soldables de 6"	und	2.0	\$75.00	\$150.00
13	Tuberia de 6" cedula 40	m	4.0	\$50.00	\$200.00
<b>TOTAL :</b>					<b>\$1,381.00</b>

### 5.1.1.3 Insumos

Tabla Nº 8: Inversión Insumos

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Grasa Centinel	kg	1.0	\$5.00	\$5.00
2	Trapo Industrial	kg	5.0	\$5.00	\$25.00
3	Penetring	und	2.0	\$5.00	\$10.00
4	Soldadura	kg	4.0	\$7.00	\$28.00
5	Discos de corte	und	4.0	\$5.00	\$20.00
<b>TOTAL :</b>					<b>\$88.00</b>



### 5.1.1.4 Resumen de Inversión en Activos Fijos Tangibles.

Tabla Nº 9: Resumen de Inversión Activos Fijos Tangibles

ITEM	DESCRIPCION	INVERSION
1	Fabricación de piezas	\$175.00
2	Materiales	\$1,381.00
3	Insumos	\$88.00
<b>AL INVERSIÓN ACTIVOS FIJOS TANGIBLES :</b>		<b>\$1,469.00</b>

### 5.1.2 Inversión en Activos Fijos Intangibles

#### 5.1.2.1 Servicio de instalación a todo costo:

Tabla Nº 10: Inversión de servicio de instalación a todo costo

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Servicio de Instalacion a todo costo incluye:				
	<u>Mano de obra</u>				
	02 Supervisores	hr	12.0	\$10.00	\$240.00
	04 Mecanicos	hr	12.0	\$7.00	\$336.00
	01 vigia	hr	12.0	\$5.00	\$60.00
	<u>Maquinas</u>				
	Maquina de soldar	hr	12.0	\$10.00	\$120.00
	<u>Herramientas</u>				
	Pistola de impacto 3/4	und	2.0	\$25.00	\$50.00
	Manguera de aire de 3/4	und	1.0	\$5.00	\$5.00
	Juego d ellaves mixtas	und	1.0	\$30.00	\$30.00
	Comba de berilio de 4 lbs	und	2.0	\$4.00	\$8.00
	Barretllas	und	1.0	\$4.00	\$4.00
	Giadores	und	1.0	\$5.00	\$5.00
	Juego de cinceles	und	1.0	\$10.00	\$10.00
	Juego de dalos de Impacto	und	1.0	\$30.00	\$30.00
	Esmeril de 7 pulg	und	2.0	\$20.00	\$40.00
	Winchas	und	1.0	\$3.00	\$3.00
	Nivel de burbuja	und	1.0	\$5.00	\$5.00
	Escuadras	und	1.0	\$3.00	\$3.00
	Careta de Soldar	und	1.0	\$7.00	\$7.00
	Careta facial	und	1.0	\$12.00	\$12.00
	Tecles chicharra de 2 tn	und	3.0	\$15.00	\$45.00
	Grilletes de 3/4	und	4.0	\$5.00	\$20.00
	Eslingas	und	4.0	\$5.00	\$20.00
	Sogas de 1/2	und	1.0	\$3.00	\$3.00
	<u>EPP Basico para 07 personas</u>				
	Uniforme, zapatos de seguridad, casco y lentes)	und.	7.0	\$35.00	\$245.00
	<u>EPP Especifico</u>				
	Respirador para gases	und.	7.0	\$5.00	\$35.00
	Tapon de oido	und.	7.0	\$1.00	\$7.00
	Traje tyvex	und.	7.0	\$5.00	\$35.00
	Gautes de cuero	und.	7.0	\$2.00	\$14.00
	EPP de soldador	und.	7.0	\$22.00	\$154.00
				<b>TOTAL :</b>	<b>\$ 1,546.00</b>

### 5.1.2.2 Capacitación

Tabla Nº 11: *Inversión en Capacitación*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Capacitacion	Serv.	1.0	\$400.00	\$400.00
<b>TOTAL :</b>					<b>\$400.00</b>

### 5.1.2.3 Adiestramiento

Tabla Nº 12: *Inversión en Adiestramiento*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Adiestramiento	Serv.	1.0	\$300.00	\$300.00
<b>TOTAL :</b>					<b>\$300.00</b>

### 5.1.2.4 Documentos de Gestión

Tabla Nº 13: *Inversión en elaboración de documentos de Gestión.*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Elaboracion de Procedimiento Estandar de trabajo (PET's)	Serv.	1.0	\$150.00	\$150.00
<b>TOTAL :</b>					<b>\$150.00</b>

### 5.1.2.5 Envíos y embalados

Tabla Nº 14: *Inversión en envíos y embalados*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Gastos de envio y embalados	Serv.	1.0	\$ 50.00	\$ 50.00
<b>TOTAL :</b>					<b>\$50.00</b>

### 5.1.2.6 Resumen de Inversión en Activos Fijos Intangibles.

Tabla Nº 15: Resumen de Inversión Activos Fijos Intangibles

ITEM	DESCRIPCION	INVERSION
1	Servicio de instalacion a todo costo	\$1,546.00
2	Capacitacion	\$400.00
3	Adiestramiento	\$300.00
4	Elaboracion de Procedimiento Estandar de trabajo (PET's)	\$150.00
5	Gastos de envio y embalados	\$50.00
<b>TOTAL INVERSIÓN :</b>		<b>\$2,446.00</b>

### 5.1.3 Inversión Total

Tabla Nº 16: Inversión Total (Activos Fijos Tangibles e Intangibles)

ITEM	DESCRIPCION	IMPORTE
1	Activos Fijos Tangibles	\$1,469.00
2	Activos Fijos Intangibles	\$2,446.00
<b>TOTAL :</b>		<b>\$3,915.00</b>

## CONCLUSIONES

El presente Trabajo de Investigación es una propuesta de diseño para modificación (nueva ubicación) de la línea de ingreso de aire de una celda de flotación (BGRIMM KYF-300), que permitirá mejorar la disponibilidad del equipo y evitar que las fallas recurrentes por un diseño de fábrica inadecuado puedan ocasionar una falla catastrófica. Por lo tanto podemos concluir que:

- Al realizar la modificación (reubicación) de la línea de ingreso de aire a la celda de flotación, se reducirá el riesgo de contaminación en el rodamiento porque en la evaluación de falla, la falla del rodamiento se presenta por ingreso de aire y condensado de agua en la cámara de rodadura del rodamiento ocasionando la degradación y emulsionado de la grasa elevando la temperatura y como consecuencia final destrucción del elemento rodante en nuestro caso es un rodamiento de cilindros de doble hilera.
- El diseño de modificación a la ubicación de la línea de ingreso de aire propuesto reducirá la exposición de daño en el sello de seguridad del rodamiento porque el sello de seguridad aísla el porta rodamiento, con el nuevo ingreso de aire propuesto que estará ubicado en la perforación central del eje o árbol principal cumpliendo su función principal que es llevar el aire a la parte inferior de la celda, lo cual permitirá que el sello actúe como un aislante.
- La modificación (reubicación) de la línea de ingreso de aire a la celda de flotación, permitirá reducir el mantenimiento periódico de la celda porque existe una frecuencia

alta de recurrencia de falla prematura de los elementos rodantes tal cual como se muestra en el cuadro de Pareto es por eso que se plantea la propuesta de modificación del ingreso de aire por ser el único elemento que produce emulsión y degradación de la grasa lubricante de nuestros elementos de rodadura.

## RECOMENDACIONES

El presente Trabajo de Investigación recomienda:

- La implementación a corto plazo de la propuesta de diseño (reubicación) de la línea de ingreso de aire a la celda de flotación.
- Realizada la implementación sugerida, se deberá realizar un monitoreo de 3 meses usando las siguientes técnicas:
  - Análisis vibraciones:
  - Análisis de temperatura

Estas técnicas nos permitirán cuantificar el desempeño de los rodamientos con la modificación instalada versus los rodamientos sin modificación.

- Utilizar materiales y medidas establecidas en el Trabajo de Investigación para la fabricación de componentes requeridos para la ejecución del diseño propuesto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BGRIMM, *Manual de Instrucciones de instalación, operación & Mantenimiento para Celdas de flotación KYF 300 Metros Cúbicos*. Instituto de Investigación General de Minería y Metalurgia – Beijing. pp. 59. (2010)
- COLLANTES García, Marvin Milton. *Propuesta de Implementación del Mantenimiento preventivo en las celdas de flotación kyf-300 para mejorar la productividad en planta de cobre - Chinalco – Perú*, Tesis para optar título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte. 2017. pp 88. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13179/Collantes%20Garcia%20Marvin%20Milton.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CHASE, Richard B., JACOBS, F. Robert, AQUILANO Nicholas J., *Administración de Operaciones*,
- Fabricante del soplador de Aire Ltda, Co. Provincia Hubei, China. *Manuel del Soplador D600-31*. 2010. pp. 13.
- Fuerstenau, D.W. (1962). *Froth Flotation* (2da. Ed.) Berkeley, California: University of California.
- GRAJALES, Dairo H. Mesa; SÁNCHEZ, Yesid Ortiz; PINZÓN, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et technica*, 2006, vol. 1, no 30. ISSN 0122-1701 Disponible

en: <https://www.redalyc.org/html/849/84920491036/>

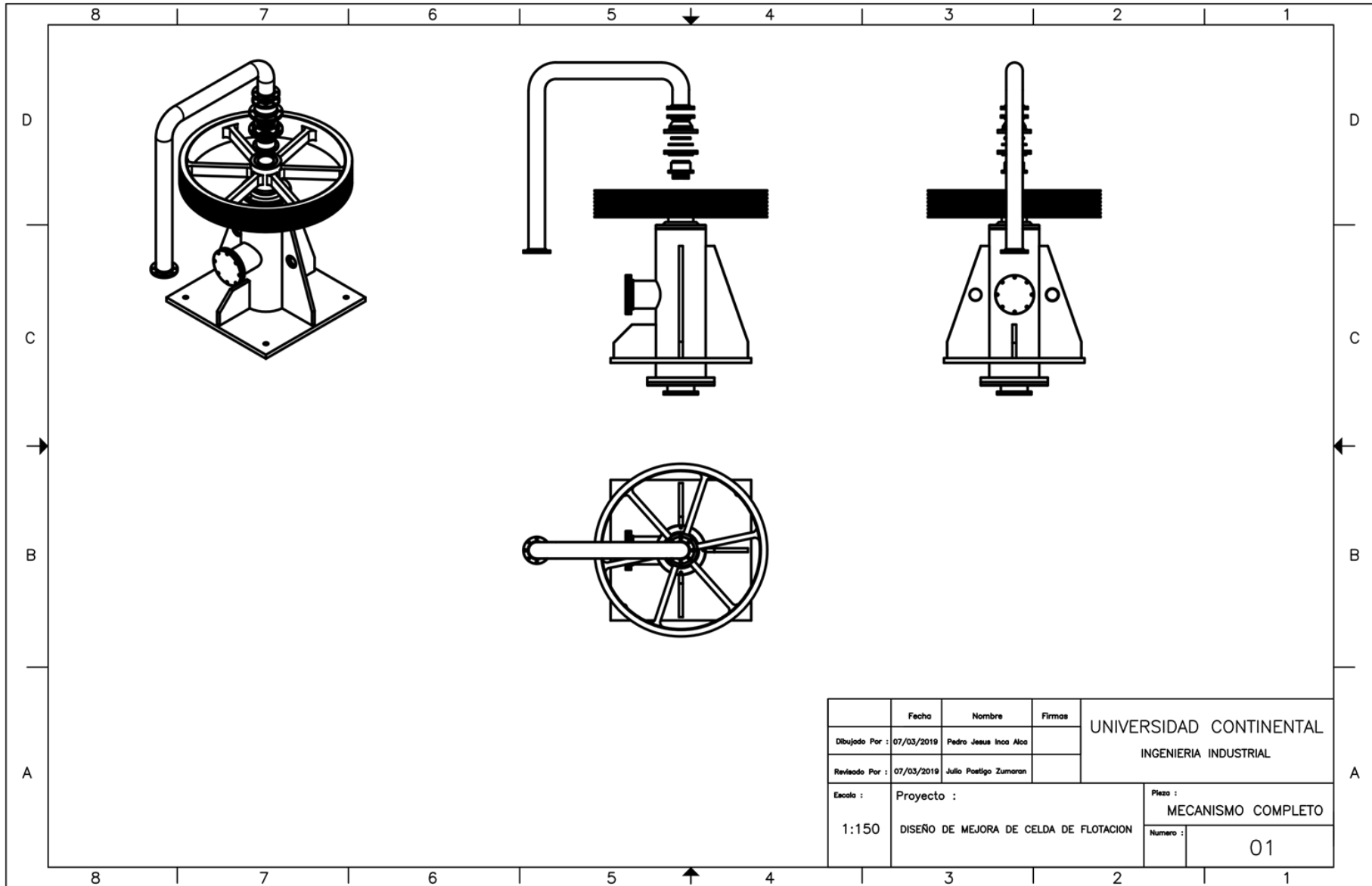
- Manual de Operaciones – Planta concentradora “Área 220: Flotación de cobre”. 2012. pp. 8.
- PALPAN Ricra, Ronald Alonso. “Sistema de Alta eficiencia para el mejoramiento de la lixiviación del cobre.” Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Ingeniería. 2016. pp 160 [Fecha de consulta: 05 de diciembre del 2019]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4870>.
- PARIONA Zamudio, Charles Jackson. *Análisis de las fallas de los equipos críticos de flotación, para reducir las pérdidas de producción en la Unidad Minera de Yauliyacu*, Tesis para sustentar título de Ingeniero Mecánico, Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, [en línea] 2016, pp 222. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1654/TESIS%20PARIONA%20ZAMUDIO%20CHARLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- REVISTA española [en línea] TOPE. Bilbao: tecnología para la fabricación mecánica, Director: GONZALES Ivan, Diseño: TRUJILLO Marilú, Puente de Deusto, 7 - 6º · E-48014 · Bilbao Edita: argitalTEK, S.L. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en [http://www.revistatope.com/203\\_art\\_TIMKEN\\_Componentes\\_Accesorios.html](http://www.revistatope.com/203_art_TIMKEN_Componentes_Accesorios.html)
- RUSU Cristian, *Metodología de la investigación*, Universidad Cesar Vallejo [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en [http://zeus.inf.ucv.cl/~rsoto/cursos/DII711/Cap4\\_DII711.pdf](http://zeus.inf.ucv.cl/~rsoto/cursos/DII711/Cap4_DII711.pdf)
- Sutuluv, A (1963). *Flotación de Minerales* (2da. Ed.) Concepción, Chile: Instituto de Investigaciones Tecnológicas



**ANEXOS.**

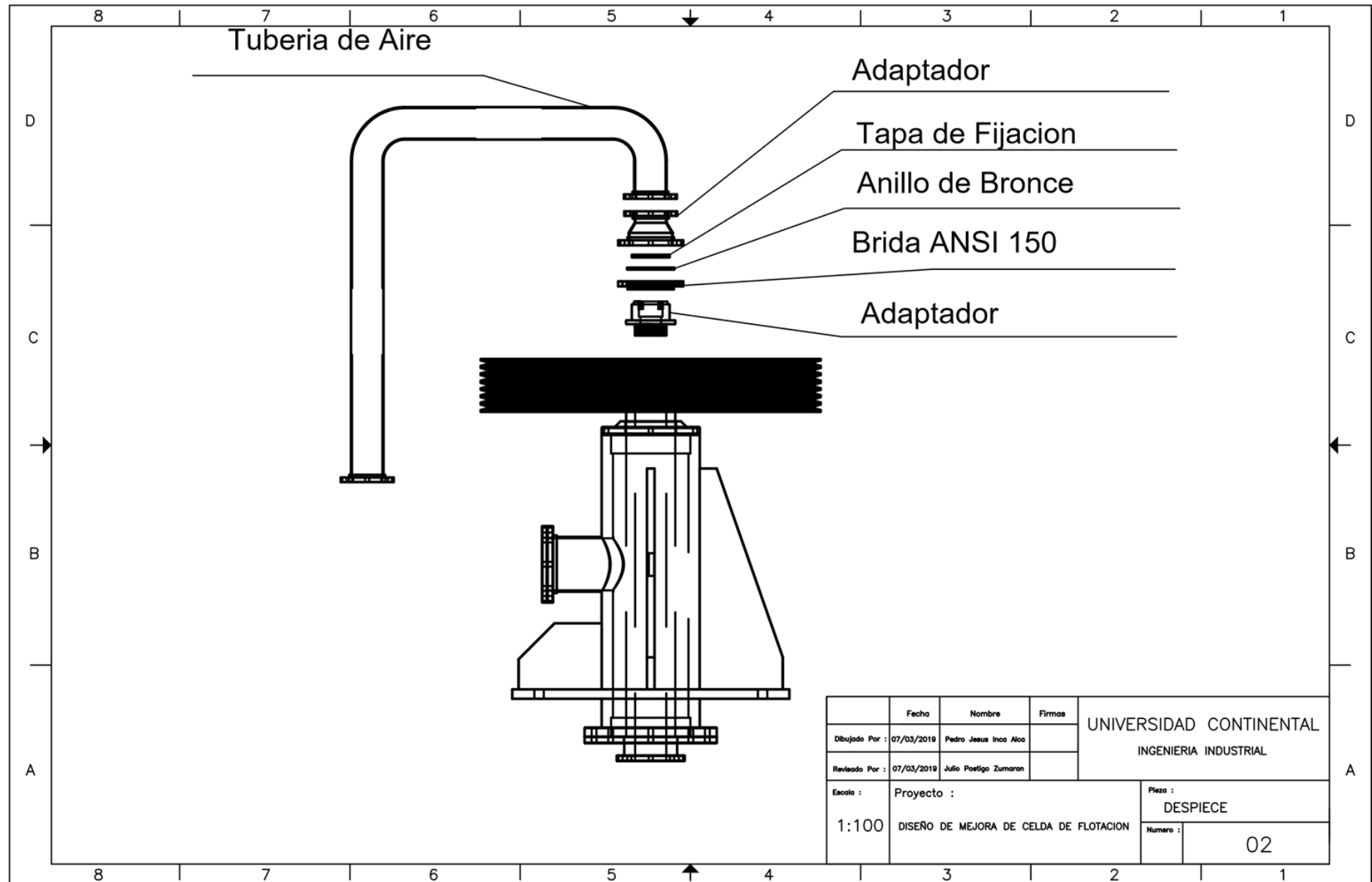
**ANEXO N° 1:**

*AUTOCAD Mecanismo Completo*



	Fecha	Nombre	Firmas	UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERIA INDUSTRIAL
Dibujado Por :	07/03/2019	Pedro Jesus Inoa Alca		
Revisado Por :	07/03/2019	Julio Poetigo Zumaran		
Escala :	Proyecto :			Pieza :
1:150	DISEÑO DE MEJORA DE CELDA DE FLOTACION			MECANISMO COMPLETO
				Numero : 01

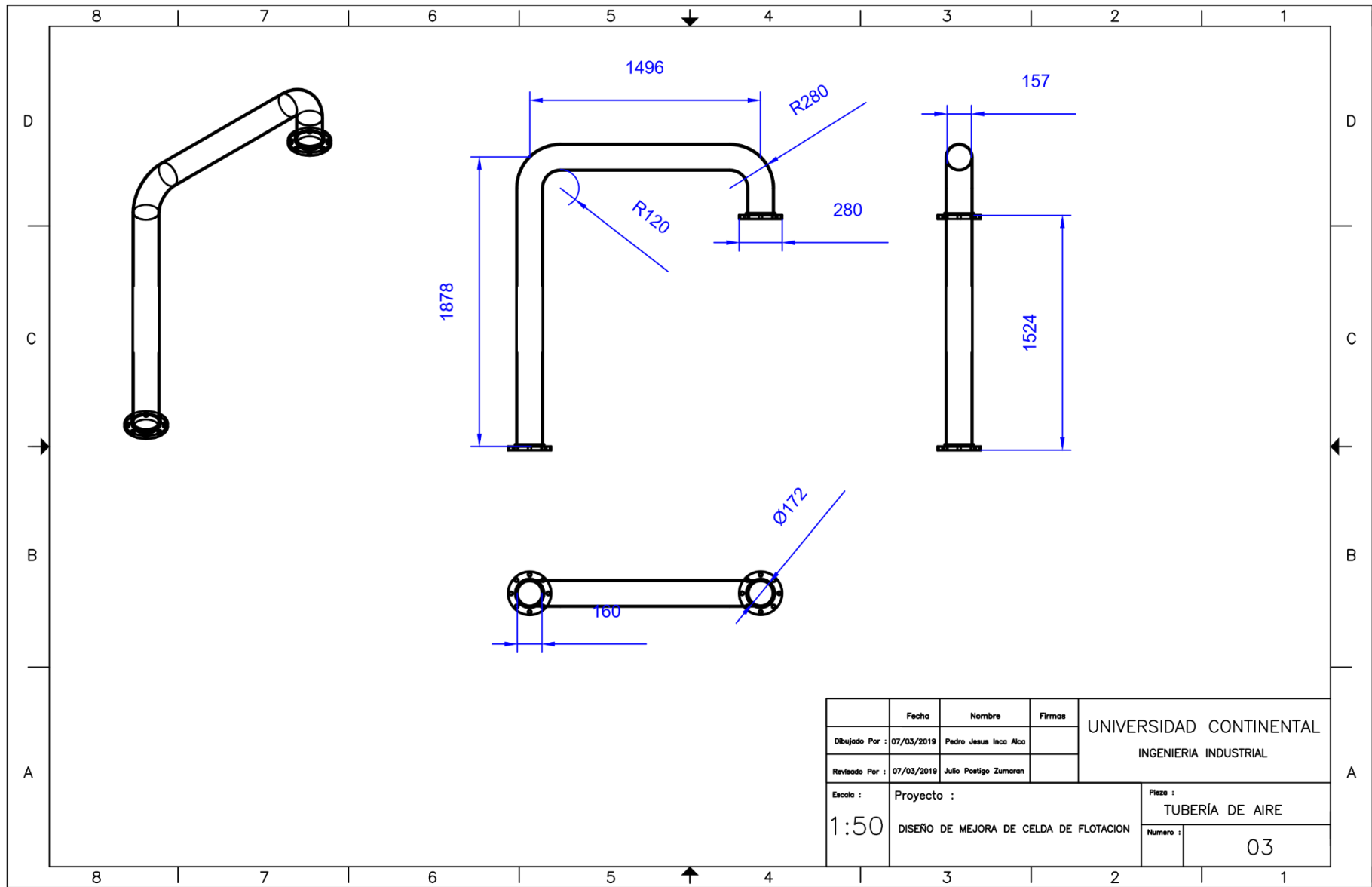
**ANEXO N° 2:**  
*AUTOCAD Despiece*



	Fecha	Nombre	Firmas	UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERIA INDUSTRIAL
Dibujado Por :	07/03/2019	Pedro Jesus Inca Alca		
Revisado Por :	07/03/2019	Julio Postigo Zumaran		
Escala :	Proyecto :			Pieza :
1:100	DISEÑO DE MEJORA DE CELDA DE FLOTACION			DESPIECE
				Numero : 02

**ANEXO N° 3:**

*AUTOCAD Tubería de Aire*

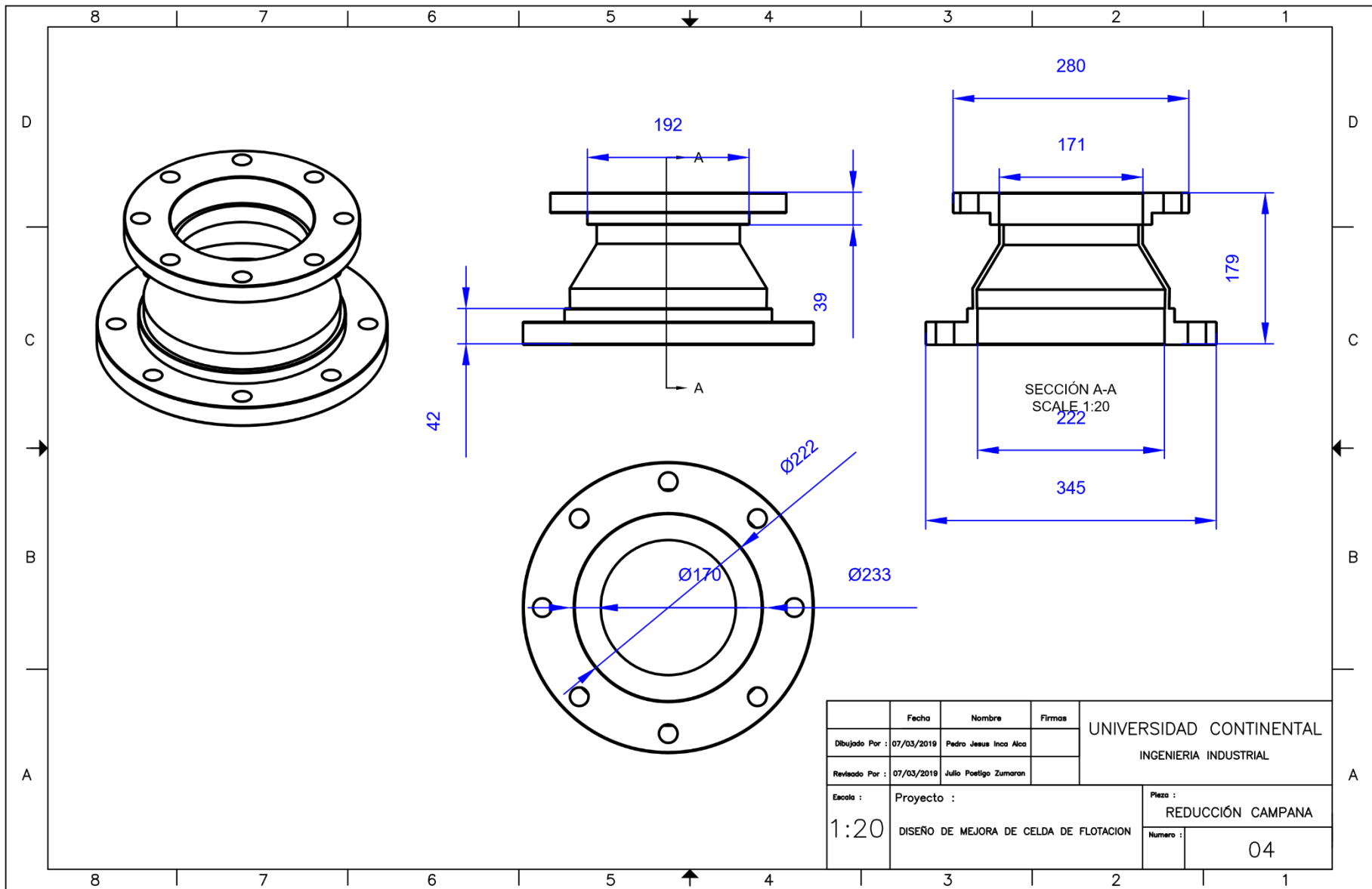


	Fecha	Nombre	Firmas	UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
Dibujado Por :	07/03/2019	Pedro Jesus Inca Alca		INGENIERIA INDUSTRIAL	
Revisado Por :	07/03/2019	Julio Postigo Zumaran			
Escala :	Proyecto :			Pieza :	
1:50	DISEÑO DE MEJORA DE CELDA DE FLOTACION			TUBERÍA DE AIRE	
				Numero :	03

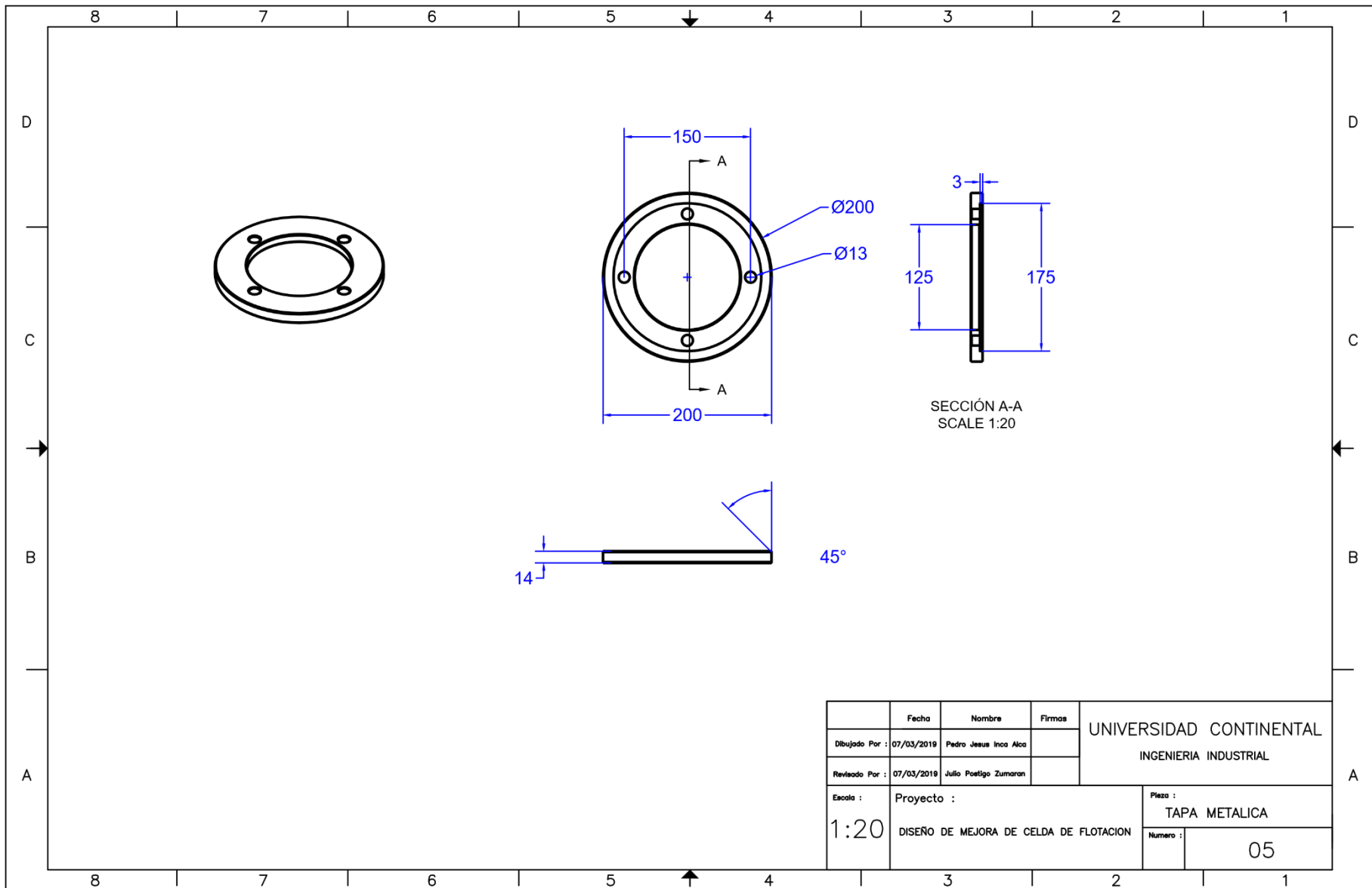
**ANEXO N° 4:**

*AUTOCAD Reducción Campana*





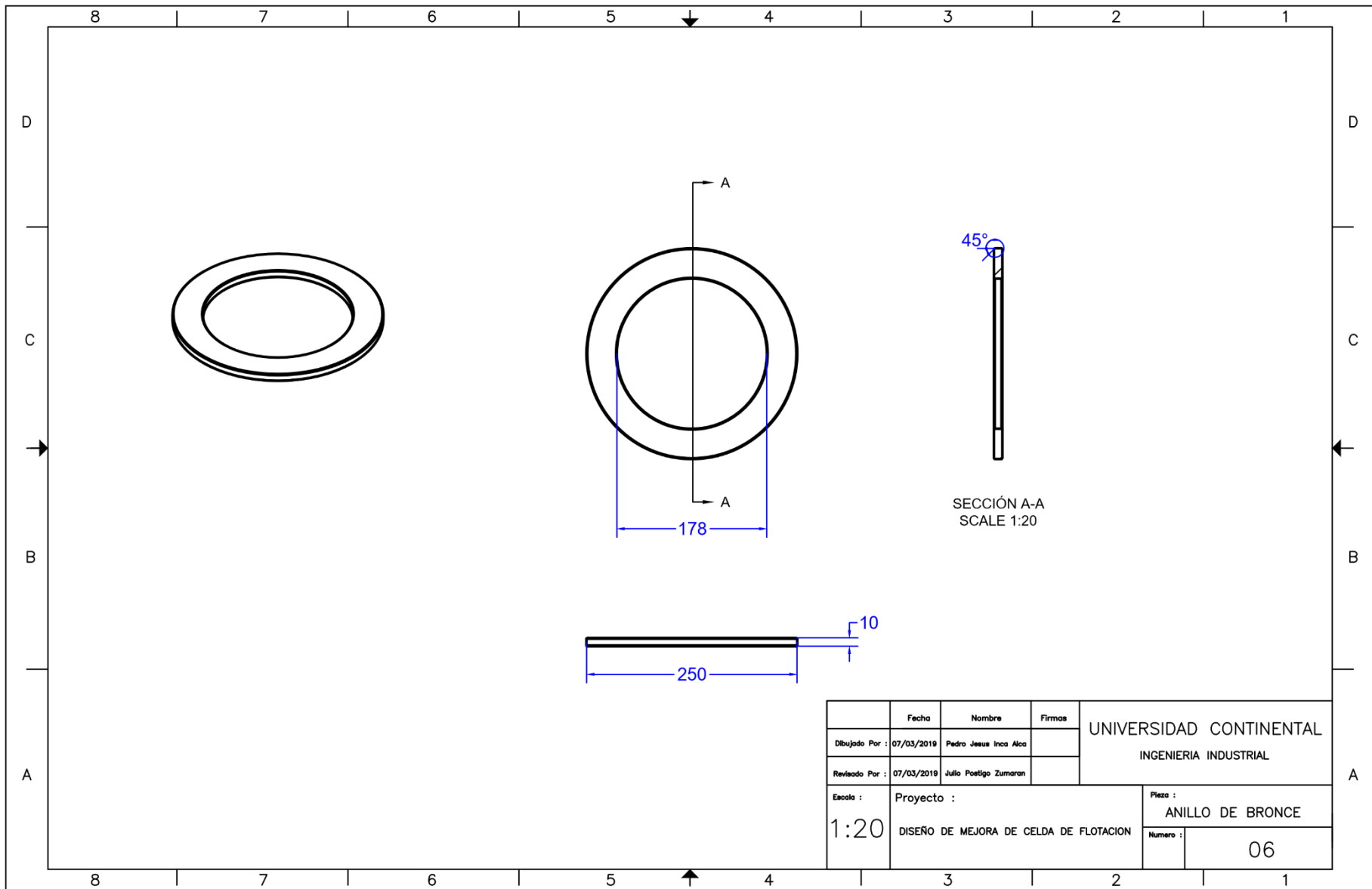
**ANEXO N° 5:**  
*AUTOCAD Tapa Metálica*



	Fecha	Nombre	Firmas	UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERIA INDUSTRIAL
Dibujado Por :	07/03/2019	Pedro Jesus Inca Alca		
Revisado Por :	07/03/2019	Julio Postigo Zumaran		
Escala :	Proyecto :			Pieza :
1:20	DISEÑO DE MEJORA DE CELDA DE FLOTACION			TAPA METALICA
				Numero :
				05

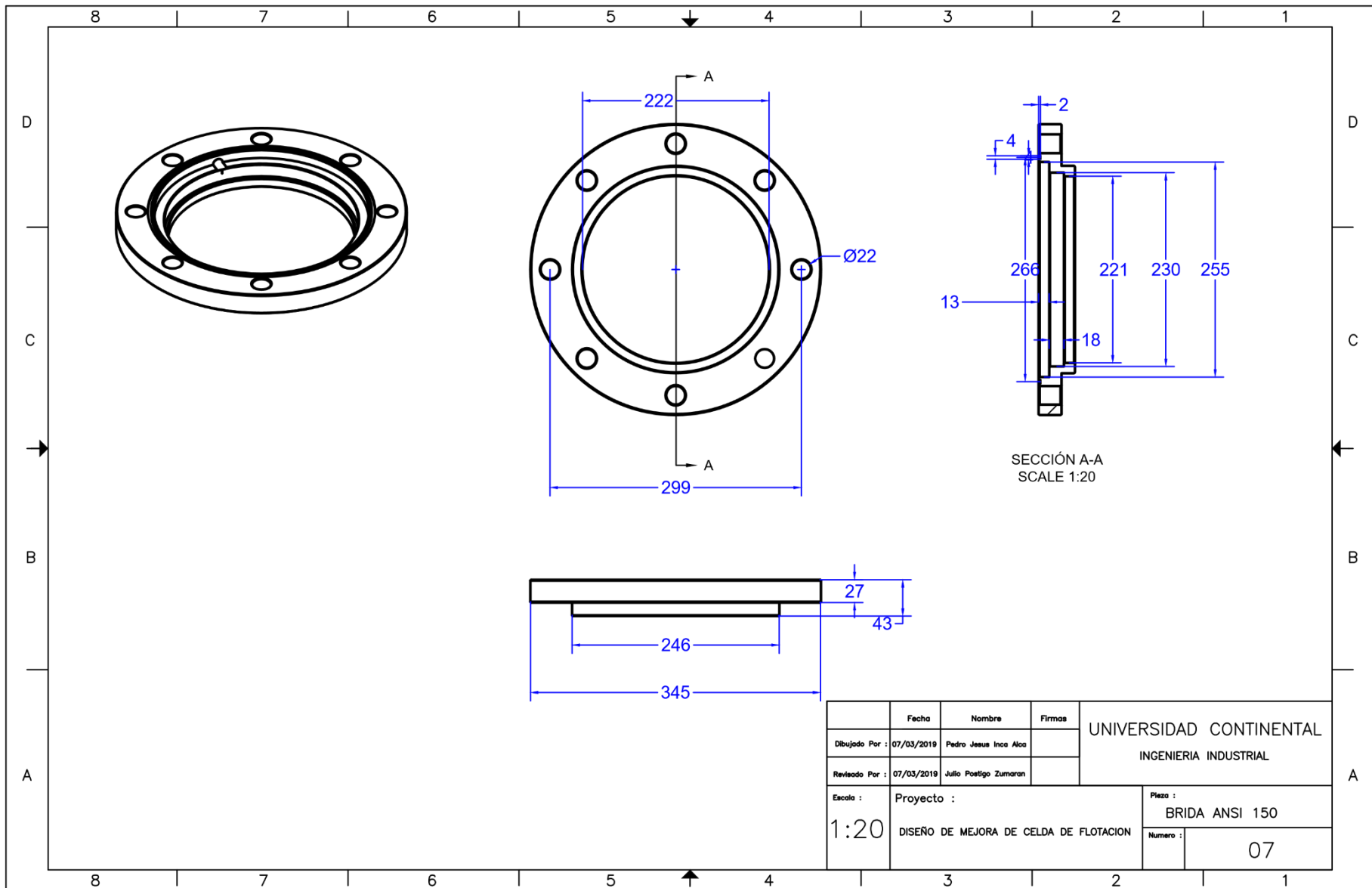
**ANEXO N° 6:**

*AUTOCAD Anillo de Bronce*



**ANEXO N° 7:**

*AUTOCAD Brida ANSI 150*

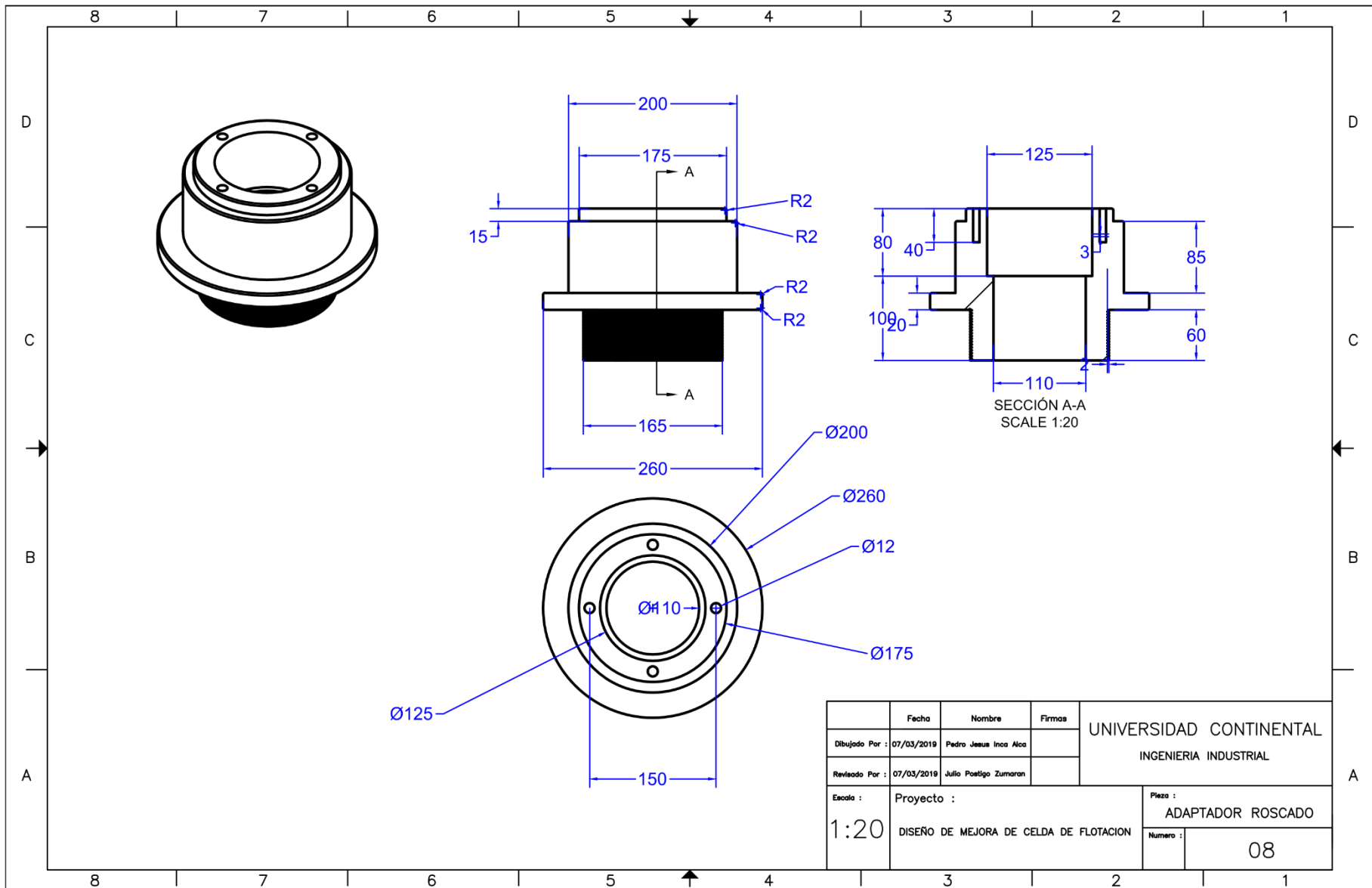


	Fecha	Nombre	Firmas	UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
Dibujado Por :	07/03/2019	Pedro Jesus Inca Alca		INGENIERIA INDUSTRIAL	
Revisado Por :	07/03/2019	Julio Postigo Zumaran			
Escala :	Proyecto :			Piezo :	
1:20	DISEÑO DE MEJORA DE CELDA DE FLOTACION			BRIDA ANSI 150	
				Numero :	07

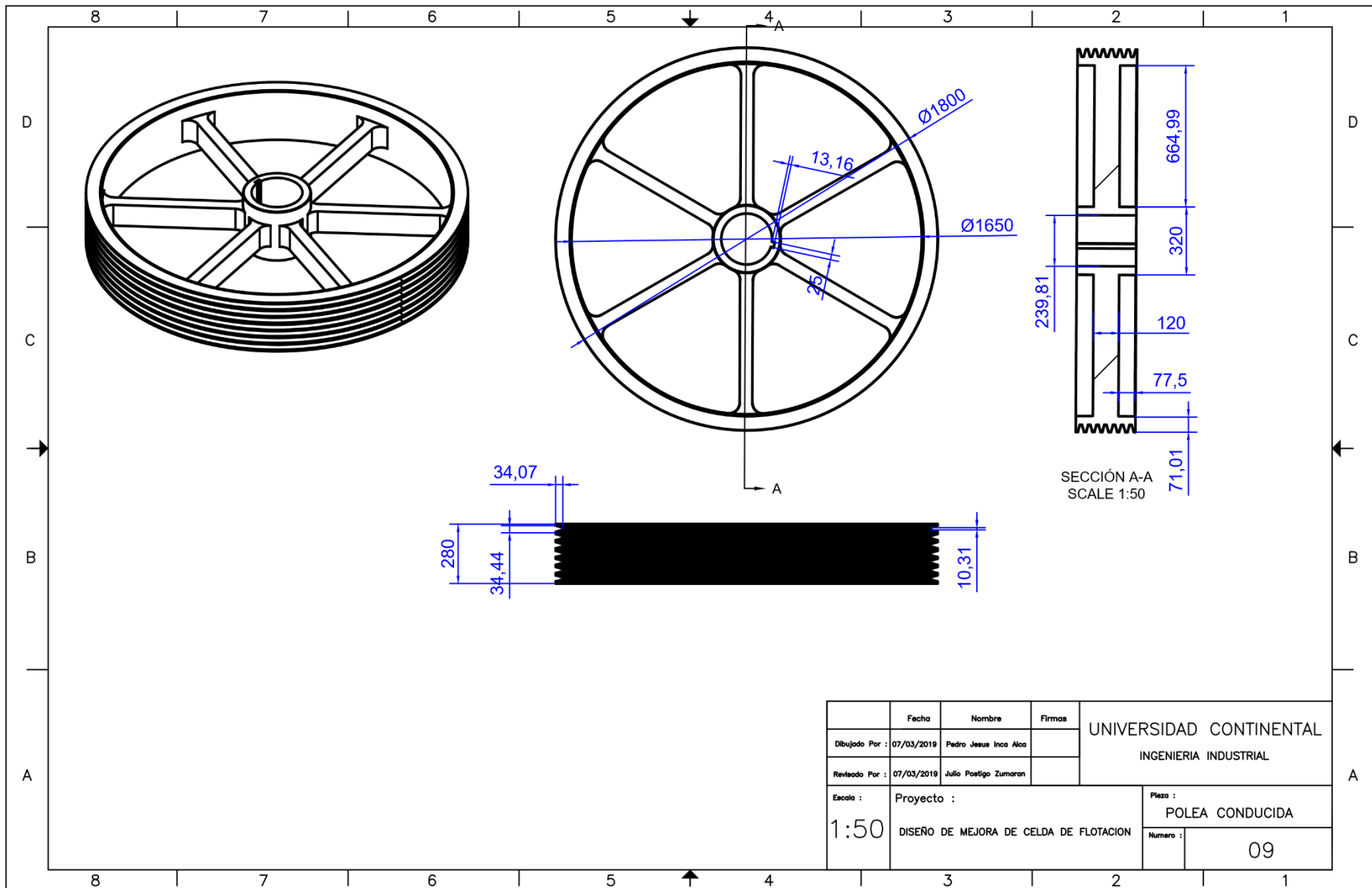
**ANEXO N° 8:**

*AUTOCAD Adaptador Roscado*





**ANEXO N° 9:**  
*AUTOCAD Polea Conducida*



**ANEXO N° 10:**  
*AUTOCAD Mecanismo 3D*

