



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora Tipo
Quijada de 80x90cm para la Trituración de Minerales en Minera
Yanacocha S.R.L.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Mendoza Chávez, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-4155-8452)

ASESOR:

Dr. Villarreal Albitres, William Fernando (ORCID: 0000-0003-1743-6014)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

En consideración a la vida y el amor a las cosas, muestro mi especial consideración a mis padres, por ser la razón y la fuerza que motiva desarrollar nuestro crecimiento; consiente de la importancia de contar con un universo limpio y sano.

Así mismo con la fe y bendición de Dios ser supremo que permitió a mis descendientes y padres me dieran la vida, gracias a ello escribo estas palabras; a quien dedico mi especial consideración y afecto con gran amor, como el que llevan dentro de su ser

Jorge Luis Mendoza Chávez

Agradecimiento

Agradezco a nuestro ser supremo por concedernos un universo lleno de vida y recursos para sobrevivir, a quien pido nos de salud y abra nuestras mentes para hacer uso razonable de los bienes protegiendo la vida en el planeta.

A mis padres, por estar siempre a mi lado dándome ánimo y aliento incondicional apoyándome en los momentos que los necesito dándome sus buenos consejos de aliento y positivismo.

A la Universidad Cesar Vallejo por llegar a nuestra ciudad y poner a disposición la carrera universitaria, de igual manera a los docentes que hicieron entender que las cosas tienen propósitos, compartiendo los temas con sus experiencias, mostrando ejemplos de vida

Jorge Luis Mendoza Chávez

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. MÉTODOLÓGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimiento.....	15
3.6. Métodos y análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN.....	32
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. RECOMENDACIONES.....	35
REFERENCIAS	36
ANEXOS	38

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Propiedades Físicas de Materiales a Temperatura Ambiente</i>	8
Tabla 2. <i>Relación de esfuerzo máximo a la fluencia con Respecto a la densidad de algunos metales</i>	8
Tabla 3. <i>Características de Tungsteno</i>	9
Tabla 4. <i>Características del Molibdeno (Mo)</i>	10
Tabla 5. <i>Características del Vanadio (V)</i>	10
Tabla 6. <i>Especificaciones Técnicas de la Composición Química del Al</i>	10
Tabla 7. <i>Características del Silicio</i>	11
Tabla 8. <i>Producción Diaria de la Trituración en área de Chancado 2019</i>	19
Tabla 9. <i>Producción Mensual de Trituración en el Área de Chancado</i>	20
Tabla 10. <i>Niveles de desgaste de las mandíbulas tipo quijada</i>	22
Tabla 11. <i>Porcentaje de desgastes de las mandíbulas tipo quijada en enero 2020</i>	22
Tabla 12. <i>Producción Mensual Cumplidas y la vida útil de las mandíbulas de chancadora</i>	24
Tabla 13. <i>Efecto del desgaste en el proceso de trituración</i>	26
Tabla 14. <i>Composición Química de mandíbulas de chancadora Jaques</i>	27
Tabla 15. <i>Dureza Brinell (HB) obtenidos y evaluados en la mandíbula de la chancadora JAQUES</i>	28
Tabla 16. <i>Definición operacional de las variables</i>	38

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Instalación de Mandíbula Fija en Chancadora Jaque 80x90.	18
Figura 2. Instalación de Mandíbulas en Chancadora tipo Quijada.....	18
Figura 3. Producción Programada Vs Producción Cumplida.	20
Figura 4. Producción Total de Trituración Mensual en TMH en el área de Chancado.	21
Figura 5. Niveles de desgaste de la mandíbula fija en 28 días de trabajo.	23
Figura 6. Niveles de desgaste de la mandíbula móvil en 28 días de trabajo.	23
Figura 7. Producción Mensual Vs Días de Vida Útil de las Mandíbulas y sus Horas de Trabajo.....	25
Figura 8. Vida de Útil de las Mandíbulas Vs Horas de Trabajo en el proceso de Trituración.....	25
Figura 9. Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques fabricada por fundición Chilca.....	30
Figura 10. Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques fabricada por fundición ventanilla SA (FUNVESA).....	30

Resumen

Dentro de la minería se tiene gran beneficio esto debido a los minerales que se extraen utilizando la maquinaria y la tecnología adecuada para su perfecta extracción existen trozos de roca grande que exigen la aplicación de fuerzas muy considerables para romperlas esta fuerza se obtiene con la chancadora de mandíbulas, de la multiplicación progresiva por un mecanismo de fuerzas finitas. Aquí es donde las mandíbulas de esta chancadora sufren desgastes de todo tipo no permitiendo que esta cumpla con su objetivo eficientemente. Siguiendo este procedimiento se tiene gastos innecesarios al aplicar un mantenimiento correctivo trayendo consigo paradas imprevistas y tiempos muertos por mantenimiento y reparación. En los últimos años la minera tiene un déficit del 37%, en trabajos de trituración cumpliéndose solo con el 63%, de la programación mensual teniendo grandes pérdidas económicas planteando para ello como objetivo general Realizar el Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L., teniendo como resultados que los parámetros de trabajo de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm de marca JAQUES JAW CRUSHER son Horas de Operación Diaria = 22 Horas, Total de Días de Operación = 33 Días Continuas, Toneladas de Trituración por Día = 695 TMH/día, Total de Toneladas de Trituración = 22935 TMH/mes, Total de Horas de Operación = 726 Horas. Los niveles de desgaste las mandíbulas fijas de la chancadora tipo quijada en un periodo de 28 días este llega a un 75% de desgaste y las mandíbulas móviles llegaron a un 65% de desgaste con respecto a la altura inicial de sus mandíbulas. La falla por desgaste se debe a que el porcentaje de carbono en la composición química de las mandíbulas.

Palabras Claves: Proceso de trituración, Tonelas métricas húmedas, composición química, desgaste de mandíbulas

Abstract

Within mining there is great benefit due to the minerals that are extracted using the machinery and the appropriate technology for its perfect extraction. There are large pieces of rock that require the application of very considerable forces to break them. This force is obtained with the crusher of jaws, of the progressive multiplication by a mechanism of finite forces. This is where the jaws of these crushers suffer wear of all kinds, not allowing it to fulfill its objective efficiently. Following this procedure, you have unnecessary expenses when applying corrective maintenance, bringing with it unexpected stops and downtime for maintenance and repair. In recent years, the mining company has a deficit of 37%, in crushing works, complying with only 63%, of the monthly schedule, having large economic losses, proposing as a general objective to carry out the study of the wear of jaws of crushers type Jaw. of 80x90, for the Crushing of minerals in Yanacocha SRL mining, having as a result that the working parameters of the Jaws of Jaws type 80x90 of brand JAQUES JAW CRUSHER are Hours of Daily Operation = 22 Hours, Total Days of Operation = 33 Continuous Days, Tons of Crushing per Day = 695 TMH / day, Total Tons of Crushing = 22,935 TMH / month, Total Hours of Operation = 726 Hours. The levels of wear of the fixed jaws of the crusher type jaw in a period of 28 days it reaches 75% of wear and the mobile jaws reached 65% of wear with respect to the initial height of its jaws. The wear failure is due to the percentage of carbon in the chemical composition of the jaws.

Keywords: Crushing process, Wet metric tons, chemical composition, jaw wear.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la minería se tiene gran beneficio esto debido a los minerales que se extraen utilizando la maquinaria y la tecnología adecuada para su perfecta extracción ya que este conlleva a diferentes procesos y uno de ellos es la trituración del mineral o materia prima extraída del yacimiento minero es ahí en dicho proceso donde se emplean la maquina chancadora. El beneficio de minerales está compuesto de una serie de tratamientos a los que se someten los minerales para separar y desechar sus fracciones carentes de valor. La mena la constituye materiales naturales en su mayor parte de rocas que contienen una cantidad de elementos deseables, suficientes para justificar su explotación y el uso de las maquinas chancadoras de mandíbulas dentro del yacimiento minero.

Los trozos de roca grande exigen la aplicación de fuerzas muy considerables para romperlas esta fuerza se obtiene con la chancadora de mandíbulas, de la multiplicación progresiva por un mecanismo de fuerzas finitas. Aquí es donde las mandíbulas de esta chancadora sufren desgastes de todo tipo no permitiendo que esta cumpla con su objetivo eficientemente

En el ámbito mundial, la creciente explotación de los recursos naturales, la apropiación de las tierras se expresa principalmente en la expansión de las fronteras del agro negoció y las actividades extractivas, sin tener en cuenta la cuestión de sostenibilidad ambiental de las economías industriales; en este contexto en los procesos de trituración desempeñan una función fundamental pero se identifican distintas problemáticas que entre estas está el desgaste de las mandíbulas de la trituración ya que este es el elemento principal para realizar estos tipos de trabajos se evidencia que los desgastes son demasiado prematuros no llegando al porcentaje de trituración establecida teniendo que realizar trabajos de reparación y mantenimiento ocasionado grandes pérdidas por tiempos muertos de trabajo y disminución de producción (Ortega, y otros, 2016).

En el ámbito nacional las empresas con el fin de incrementar la producción en planta chancadora por la cual estas adquieren chancadora nuevas con la única finalidad de poder aumentar la producción de trituración pero la problemática que se tiene es el desgaste de las mandíbulas de la chancadora trayendo como

consecuencias no llegar al porcentaje programado siendo este el 100% ya con solo estas llegarían al 72% de su trabajo de producción diario teniendo una pérdida del 28% evidenciándose una deficiencia de producción y esto debido al desgaste prematuro de las mandíbulas de la chancadora (Vilcahuamán, 2015).

Así como Pariasaca (2016), nos dice que dentro de los procesos de minería la trituración juega es un proceso elemental, ya que si estos sistemas de trituración que existen en la chancadora fallan comúnmente por fuertes desgastes que tienen las mandíbulas esto debido a su fuerte trabajo de operación creando tiempos muertos mientras dure su reparación ocasionando fuertes pérdidas económicas ya que no se llega a la meta pactada en producción.

Mientras tanto Ñavez (2016), sostiene que las actividades de explotación de reservas del mineral a nivel nacional como ley comercial de cobre, plomo, plata, zinc y otros minerales cuya exigencia del mercado no se llega a cubrir según los reportes de reserva de mineral. Para poder atender estas demandas es necesario realizar diversos estudios principalmente a las maquinas o equipamientos que intervienen directamente en la producción como son las chancadora, esta falta de intervención técnica en la chancadora de material disminuye la producción esto debido a que las mandíbulas de estas sufren fuertes desgastes debido al mismo trabajo operacional que realiza ocasionando de esa manera muchas paradas imprevistas dejando largo tiempo esta maquinas si entregar producción a las mineras, para lo cual estos sistemas de chancada deben ser evaluados constantemente y de ser el caso reemplazarlas. En el ámbito local minera Yanacocha utiliza chancadora tipo quijada de 80x90cm en la cual la problemática que se tiene es que muy a menudo la minera con el afán de no disminuir sus trabajos de trituración esta cambia las mandíbulas de esta chancadora esto por motivos de desgastes. Siguiendo este procedimiento se tiene gastos innecesarios al aplicar un mantenimiento correctivo trayendo consigo paradas imprevistas y tiempos muertos por mantenimiento y reparación. En los últimos años la minera tiene un déficit del 37%, en trabajos de trituración cumpliéndose solo con el 63%, de la programación mensual teniendo grandes pérdidas económicas.

En tal sentido teniendo en cuenta lo descrito se formuló el siguiente problema de investigación considerando que esta involucra en forma sistemática la esencia del aporte que este trabajo de investigación quiere brindar para el bienestar y confort en el mejoramiento de la producción de trituración de material en la empresa minera Yanacocha S.R.L.

¿En qué medida el desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm influye en el proceso de trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L.?

La presente investigación se justifica técnicamente debido a que se utiliza los diferentes procesos tecnológicos aplicables al Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm para la trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L., Los requerimientos tecnológicos determinados para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación se encuentran disponibles en el mercado y a nuestro alcance. Concretamente, dichos requerimientos están referidos a tecnologías de información, tales como hardware, software, Internet, y otras herramientas complementarias para el desarrollo del proyecto.

La presente investigación se justifica económicamente esto debido a que el Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm para la trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L., nos permite poder reducir las paradas imprevistas por mantenimientos correctivos con respecto al desgaste de mandíbulas y posterior cambio de dichas mandíbulas y de esta forma no solo disminuir las pérdidas económicas sino que también aumentaría la producción de triturado y chancado en las mineras que ejercen sus servicios en la ciudad de Cajamarca.

La investigación beneficiará en el aspecto ambiental ya que al conocer disminuiría la cantidad de piezas metálicas desechadas provocando gran contaminación al medio ambiente ya que estas debido a la humedad en el ambiente acumulan gran cantidad de óxido y otros elementos químicos nocivos no solo para el medio ambiente, sino que también para el personal que trabaja en esa área.

Se formuló el siguiente objetivo general: Realizar el Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L. Como también se tomara en cuentas los siguientes objetivos específicos formulados por el investigador: Determinar los parámetros de trabajo de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm; Determinar los niveles de desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90 estableciendo una relación entre las variables de desgaste y producción; Determinar en qué medida el desgaste de las Mandíbula de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm afecta el proceso de trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L y Realizar pruebas de laboratorio a 2 muestras de mandíbulas de chancadora tipo Quijada de 80x90cm JAQUES, teniendo en cuenta su análisis químico, ensayo de dureza y el análisis metalográfico.

Para el presente trabajo de investigación se formuló la siguiente hipótesis: Mediante el Estudio de Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, nos permite conocer en qué medida la dureza, la microestructura y composición química influye en la trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L.

II. MARCO TEÓRICO

Se tuvo en cuentas investigaciones que tengan relación con el ámbito de estudio de la presente investigación para lo cual se cuenta con los siguientes antecedentes, en la tesis denominada *“Evaluación de mandíbulas de trituración para mejorar vida útil de chancadora primaria en CASTROVIRREYNA CIA. MINERA S.A.”* investigación del tipo tecnológico experimental siendo el objetivo fundamental estudiar los trabajos de metalurgia que acarren su construcción de la mandíbula con la finalidad de mejorar la vida útil de la máquina. Se ha aplicado la metodología sistemática basada a nivel experimental; se realizaron diferentes muestras de composición química ósea se construyeron 2 pares de mandíbulas a las que fueron puestas en evaluación mostrando así que la composición química en sus trabajos metalúrgicos de construcción si influye en su dureza y alarga su estado de vida, siendo estos datos satisfactorio y acertado ya que alargo el tiempo de vida de la mandíbula aumentando la producción (Vilcahuamán, 2015)

Mientras tanto Pariasaca (2016), en el informe de tesis llamado *“Evaluación del Circuito de Chancado y Optimización de su Performance de Planta de Óxidos TINTAYA ANTAPACCAY”*, tuvo como problema de investigación la falta de eficiencia de los trabajos de chancado y baja de optimización para lo cual se tuvo como objetivo es incrementar los estudios con respecto al tratamiento que se da en el proceso de trituración dando para esto propuestas de incremento y mejora de la eficiencia en el triturado para de esta manera poder cumplir con los requerimientos solicitados. Tuvo como instrumentos de recolección de datos fichas históricas de trabajos realizados y fichas de toneladas métricas trituradas, fichas técnicas de mantenimientos realizados a los circuitos de chancado.

Por lo que en el trabajo llamado *“Diseño y Construcción de una Trituradora de Mandíbulas de Excéntrica Elevada”*, se manifiesta que las mandíbulas de trituración sufren desgastes dependiendo del material a triturar esto merma su ciclo de vida para lo cual se recomendó realizar un estudio detallado de vibraciones para la verificación específica del comportamiento de la maquina durante su operación, como también la utilización de materiales con características especiales de antidesgaste teniendo aleaciones de gran dureza

con un menor peso para las mandíbulas puede dar una optimización al proceso de trituración ya que la vida útil de las mismas se extendería y por lo tanto su producción (Ortega, y otros, 2016).

Mientras que en su investigación denominada “*Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar el rendimiento de la chancadora Primaria de la CIA. MINERA CASAPALCA S.A.*”, la cual tuvo como propósito fundamental proporcionar las alternativas para la gestión de mantenimiento y de esta forma mejorar la disponibilidad y la eficiencia de las maquinarias que se dedican al trabajo de trituración, se adoptó el método de investigación tecnológico – aplicado con un diseño causal comparativo esto conlleva a tener a la mano un par o más de un par de muestras para de esta manera observar cual es el comportamiento que tienen estas muestras con respecto a las variables de estudio para luego ser aplicadas al trabajo rutinario para las que fueron diseñadas observando directamente el aumento de la eficiencia y el rendimiento como también el incremento de los días de vida que este mecanismo brinda al procedimiento de trituración (Oroña, 2017).

Para lo cual según las variables de estudio se tiene como variable el Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada para lo cual se tiene que estas herramientas de trituración son equipamientos diseñados para menozar y reducir el diámetro del material de entrada por medio del procedimiento de trituración para de esta manera realizar sus trabajos de trituración con el empleo de la fuerza de empuje para aplastar el material de tal forma que este sea trabajado a un diámetro menor y sin complicaciones (Vilcahuamán, 2015).

La tribología estudia todo mecanismo a la que trabaja ejerciendo movimiento como sistemas de acoplamientos, sistema de transmisión, sistemas de engranajes, esto estudia tres aspectos importantes como son: el rozamiento entre masas en rotación, el desgaste por estar sometidos al rozamiento y la lubricación como mecanismo para disminuir este desgaste.

El desgaste es la disminución o reducción de masa entre dos mecanismos siendo este un procedimiento en donde se observa el desprendimiento de minúsculas piezas dando la intuición de rompimiento siendo este una alternativa para una solución integral del mecanismo (Rojas, 2017).

El estudio con respecto a estos tipos de fallas da como resultado que el 77% de fallas están relacionadas con el desgaste, se tiene estos tipos de desgaste: desgaste abrasivo, desgaste por fatiga, desgaste adhesivo, desgaste mecánico-corrosivo.

Lubricación, opción utilizada para reducir los problemas de rozamiento entre cuerpos al chocarse. Existiendo una perfecta lubricación los equipos electromecánicos que trabajan a este tipo de coque trabajan de manera normal y eficiente, siendo también que si no existe una buena forma de utilizar este mecanismo estos equipos presentan aumento de temperatura, ruido, entre otros (Sánchez, 2015).

Así mismo se manifiesta que el espacio de chancado es un area aislada la cual está conformada por dientes de las mandíbulas fijas y móviles teniendo una buena diferenciación entre el espacio que existe entre los dientes que son los que evidentemente sufren la fallas por disminución de masa (Vilcahuamán, 2015).

Con respecto a la variable relacionada con el proceso de trituración se manifiesta que es justamente la trituración es una actividad conocida normalmente en la zona, esta actividad es realizada por las trituradoras y chancadoras. La materia resultante es utilizada para mejoramiento de carreteras, en edificaciones y diversas obras civiles conocidas en la industria de la construcción (Vilcahuamán, 2015).

Las mandíbulas de una chancadora son elementos mecánicos que realizan todo el trabajo de trituración del material de gran tamaño extraído en los yacimientos mineros, los materiales que la conforman son esencialmente materiales aleados con hierro fundido (Vilcahuamán, 2015).

Los mecanismos fabricados de acero tienen propiedades estructurales utilizados en trabajos mecánicos las cuales son dureza, maleabilidad, tenacidad y esto debido a la rigidez que este manifiesta, este rango de eficiencia mecánica esta entre el 10 y 24% (Ñavez, 2016).

Se denomina tenacidad a la rigidez que un cuerpo opone al ser triturado para trabajos diversos ya que estos procedimientos se observan directamente en el

procedimiento de chancado. Los materiales acerados fundidos poseen gran resistencia al impacto trabajando a variaciones de temperatura bajas y a condiciones normales. La templabilidad en su composición estos varían entre 0.27 y 0.33% en los trabajos fundidos de acero (Vilcahuamán, 2015).

Tabla 1. *Propiedades Físicas de Materiales a Temperatura Ambiente*

Material	Densidad (Kg/m ³)	Punto de Fusión (°C)	Calor Especifico (J/Kg K)	Conductividad Térmica (W/m K)	Coefficiente de Expansión (µm/m °C)
Aluminio	2701	659.9	899.9	222	23.69
Cobre	8969.9	1081.8	384.9	395	16.46
Aleac. Cu	7469/8939.8	884.9/1259	337/435	29/234	16.5/20.0
Aleac. Mo	102.9.8	2609.9	275.9	142	5.2
Níquel	8890	1452.8	439.9	92	13.4
Aleac. Ni	7659/8849.9	1109.9/1454	381/544	12/63	12.7/18.4
Silicio	2329.8	1422.8	711.9	147.9	7.629
Wolframio	19280	3409.8	137.8	165.8	4.6

Fuente: Villegas (2017)

Tabla 2. *Relación de esfuerzo máximo a la fluencia con Respecto a la densidad de algunos metales*

Aleación	Esfuerzo Máximo a la Fluencia / Densidad (Pulg. x 10 ³)
Aluminio	799.99
Níquel	549.8
Cobre	549.96
Molibdeno	2.14.98

Fuente: López (2014)

La dilatación térmica de los productos pueden variar bastante con respecto a los productos iniciales, para lo que se manifiesta que la materia prima de aleación

cuentan con un efecto menor con respecto a la dilatación en metales (Sandoval, 2015).

Los metales pesados no férricos son:

El cobre (Cu), los compuestos que en su interior tiene cobre tiene propiedades parecidas al de aluminio, siendo estos buenos en conductividad de energía eléctrica y transferencia de calor. Estos se pueden trabajar de forma sencilla y tranquila es maleable (López, 2014).

Níquel (Ni), es utilizado en combinaciones químicas para materiales inoxidables, siendo sus usos múltiples para aplicar a temas electromagnéticas. Las combinaciones se pueden modificar en distintos materiales teniendo para ello diferentes combinaciones y distintas resistencias y variaciones de temperatura (López, 2014).

El Cromo (Cr), material que emite un resplandor argentado. Su uso es de distintas formas el más utilizado es para cubrimientos antioxidantes, utilizado también para prensado y el uso para aleaciones de acero (Villegas, 2017).

El tungsteno (W = wolframio), es de gran peso utilizado para contrarrestar pesos opuestos de gran tamaño, su composición varía a temperaturas bajas oxidándose rápidamente. Las temperaturas de trabajo son por encima a los 1659° C (Villegas, 2017).

Tabla 3. Características de Tungsteno

Densidad	19 g / cm ³
Punto de Fusión	3370 °C

Fuente: Vilcahuamán (2015)

Molibdeno (Mo), su uso es para combinaciones de aceros de gran peso, este es una materia prima encontrada para ser procesada y concentrada, este material se reduce a la exposición con el oxígeno, en procesos metalúrgicos es de gran utilidad ya que se le puede dar la forma que sea necesaria (VILLEGAS, 2017).

Tabla 4. Características del Molibdeno (Mo)

Densidad	10.34 Kg /m ³
Punto de Fusión	2599.98 °C

Fuente: Vilcahuamán (2015)

Vanadio (V), este metal presenta propiedades como son su elevada dureza, el tener puntos de ebullición y fusión elevados y ser buenos conductores de la electricidad y el calor (Ñavez, 2016).

Tabla 5. Características del Vanadio (V)

Densidad	5.7 Kg /m ³
Punto de Ebullición	3408.85 °C
Punto de Fusión	1815.85 °C

Fuente: Vilcahuamán (2015)

Aluminio (Al) este elemento expuesto al aire reacciona al instante formándose un cubrimiento de óxido, tiene una excelente conducción de energía y brinda una transferencia de calor óptima. Es un material bien utilizado en diferentes procesos metalúrgicos dentro de la industria metalmeccánica como en la industria electrónica.

Tabla 6. Especificaciones Técnicas de la Composición Química del Al

Peso Especifico	2.49
Densidad	2.69 Kg/dm ³
Punto de Fusión	657.9°C- 1300°C
Oposición al trato del fundido	8 – 11 Kp/mm ²
Recubrimiento fuerte	14 – 21 Kp/mm ²
estiramiento	36 – 4%

Fuente: Vilcahuamán (2015)

Silicio (Si), las características químicas de este material corresponden principalmente a la reacción que este tiene en estado amorfo, siendo resistente ante cualquier corrosión. Su forma de trabajo es de unirse con cualquier material de la tabla periódica, pero a elevadas temperaturas, es un material importantísimo en la industria de la electrónica esto debido a su gran eficiencia de conductividad.

Tabla 7. *Características del Silicio*

Densidad	2.33 Kg /m ³
Punto de Ebullición	2680 °C
Punto de Fusión	1410 °C

Fuente: Vilcahuamán (2015)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Experimental

Es experimental sabiendo que la toma de información de las variables, se realizó mediante la observación directamente del trabajo diario de este mecanismo para luego ser estudiado teniendo respuesta de estas cuando se tenga que medir el efecto que presenta el desgaste con respecto a las variables establecidas.

Se inició teniendo en cuenta distintas bibliografías que nos pueda dar un indicio de posibilidad que se pueda utilizar en el procedimiento a desarrollar con respecto al desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm para la Trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L.

3.1.2. Aplicativo

La investigación es Aplicativa, debido a que se describe brindando una explicación de los niveles de desgaste teniendo en cuenta el efecto que este tiene en la composición metalúrgica y grado de acidez.



3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable independiente

Dureza, La microestructura y Composición Química.

3.2.2. Variable dependiente

Desgaste.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Se considera a la Chancadora de las mineras de la ciudad de Cajamarca.

3.3.2. Muestra

Es la Chancadora tipo Quijada de 80x90cm de marca JAQUES JAW CRUSHER, con el siguiente código CHJAV4402.

3.3.3. Muestreo

Se utilizó el muestreo no probabilístico ya que se eligió a beneficio propio del investigador por tener libre acceso a la documentación propia a utilizar para el presente estudio siendo esta la Chancadora tipo Quijada de 80x90cm de marca JAQUES JAW CRUSHER, con el siguiente código CHJAV4402.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica de recolección de datos

Observación: Se recolectó información importante para el Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en Minera Yanacocha S.R.L., ya que se observaron y se registraron los parámetros necesarios para la determinación del nivel de desgaste que sufren estas piezas mecánicas teniendo en cuenta sus componentes metalúrgicos de estas Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90.

Revisión documentaria: Permite encontrar estudios bases para el Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en Minera Yanacocha S.R.L.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha de Observación: Se realizó con la finalidad de llevar un registro de lo que ocurre directamente a las variables de estudio en campo teniendo idea grandes rasgos como es que se trabaja con respecto al tema de investigación como son el estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en Minera Yanacocha S.R.L.

Ficha de revisión documentaría: Nos permitió conocer la gran diversidad de estudios científicos que se realizan con respecto a estas piezas mecánicas pero que aún no se cubre en su totalidad ya salen nuevas inquietudes con respecto al Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en Minera Yanacocha S.R.L., como manuales de elementos estandarizado, información técnica de equipos existentes en el mercado, para su evaluación y posterior selección.

3.4.3. Validez

Se produjo debido a la evaluación de profesionales directamente a los instrumentos de adquisición de datos y al aspecto metodológico que conforma el estudio de las variables correspondientes al tema de investigación.

La validación también se produce mediante el estudio teniendo en cuenta los acápites estadísticos utilizados para el desarrollo del presente estudio de investigación

3.4.4. Confiabilidad

La confiabilidad del presente trabajo llamado “Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en Minera Yanacocha S.R.L.”, será dada por los profesionales que validaron los instrumentos de recolección de datos, si se requiere la

modificación de acuerdo a sus requerimientos se dará prioridad a sus opiniones, cabe mencionar que los instrumentos de medición utilizados tendrán un error del 0.1% y la confiabilidad de las técnicas estadísticas tendrán un error del 5%.

Este proyecto tiene la firmeza y seguridad de la veracidad de los resultados obtenidos.

3.5. Procedimiento

La recolección de datos se realizó utilizando las fichas de observación para lo cual en la información obtenida se tuvo en cuenta la realidad en la que se trabaja con respecto al tema de investigación como son el desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm en minera Yanacocha S.R.L, se observó el desgaste que se origina en las mandíbulas de la chancadora evidenciando en situ que estas mandíbulas después de llegar al final de su vida útil a causa de estos desgastes son desechadas y reemplazadas por mandíbulas nuevas, se tuvo acceso a la cantidad de producción de trituración que brinda una chancadora a la semana y al mes siendo estos datos ingresados al programa Excel para su cuantificación, descripción e interpretación mediante tablas y gráficos como son las de barras e histogramas.

3.6. Métodos y análisis de datos

En el presente trabajo de Investigación “Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en Minera Yanacocha S.R.L.”, la metodología que se utilizó para este acápite es el procesamiento de los registros obtenidos en la hoja de cálculo Excel 2013 trabajando la información por medio de tablas, histogramas y varianzas en tal sentido se tuvo que la confiabilidad de que el Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en Minera Yanacocha S.R.L., estará regido bajo norma técnica y parámetros vigentes.

3.7. Aspectos éticos

El discente autor de este estudio científico pone de conocimiento que se respetó la identidad de los intervinientes en el desarrollo y concretización del presente estudio teniendo en cuenta el no caer en plagio, se tiene que el trabajo “Estudio del Desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, para la Trituración de minerales en Minera Yanacocha S.R.L.”, es propio del discente.

Derechos de autor: Para tener en cuenta este acápite el discente se basó en el D.L. N° 822 – 1996, la cual tiene en sus medidas la protección de los derechos de autoría.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar los parámetros de trabajo de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm.

Las mandíbulas objetos de estudio pertenecen a la Chancadora tipo Quijada de 80x90cm de marca JAQUES JAW CRUSHER, con el siguiente código CHJAV4402, teniendo para ello los siguientes parámetros de trabajo obtenidos de los registros de producción de trituración de la chancadora en estudio:

Horas de Operación Diaria = 22 Horas.

Total de Días de Operación = 33 Días Continuas.

Toneladas de Trituración por Día = 695 TMH/día.

Total de Toneladas de Trituración = 22935 TMH/mes.

Total de Horas de Operación = 726 Horas.

Con respecto al tipo de las mandíbulas:

Mandíbula Móvil

Cantidad de espacios entre dientes = 7 espacios.

Cantidad de Dientes = 8 Dientes.

Peso Total de la Mandíbula = 2014 Kg.

Volumen = 0.257 m³

Altura = 195 mm.

Mandíbula Fija

Cantidad de espacios entre dientes = 8 espacios.

Cantidad de Dientes = 7 Dientes.

Peso Total de la Mandíbula = 1951 Kg.

Volumen = 0.249 m³

Altura = 270 mm.



Figura 1. Instalación de Mandíbula Fija en Chancadora Jaque 80x90.

Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Instalación de Mandíbulas en Chancadora tipo Quijada.

Fuente: Elaboración propia

4.2. Determinar los niveles de desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm estableciendo una relación entre las variables de desgaste y producción

De la producción se tiene:

En el yacimiento minero Yanacocha se tiene una programación de 695 Toneladas Métricas Húmedas (TMH) por día de producción de la trituración en el área de chancado teniendo un promedio de producción por hora de 31.59 TMH/hora para 22 horas de operación diaria.

Tabla 8. *Producción Diaria de la Trituración en área de Chancado 2019*

Meses de Producción	TMH/Programadas al día	Promedio – día TMH cumplidas	TMH diaria sin cumplir
Junio 2019	695.0	495.0	200.0
Julio 2019	645.0	465.0	180.0
Agosto 2019	695.0	495.0	200.0
Septiembre 2019	695.0	535.0	160.0
Octubre 2019	695.0	510.0	185.0
Noviembre 2019	695.0	514.0	181.0
Diciembre 2019	695.0	522.0	173.0

Fuente: Área de Producción Minera Yanacocha

De la tabla 8 se evidencia que los niveles de producción programados por día no se están cumpliendo ya que se tiene un promedio de producción de trituración igual a 22.75 TMH/hora cuando lo esperado es 31.59 TMH/hora para 22 horas de operación diaria.

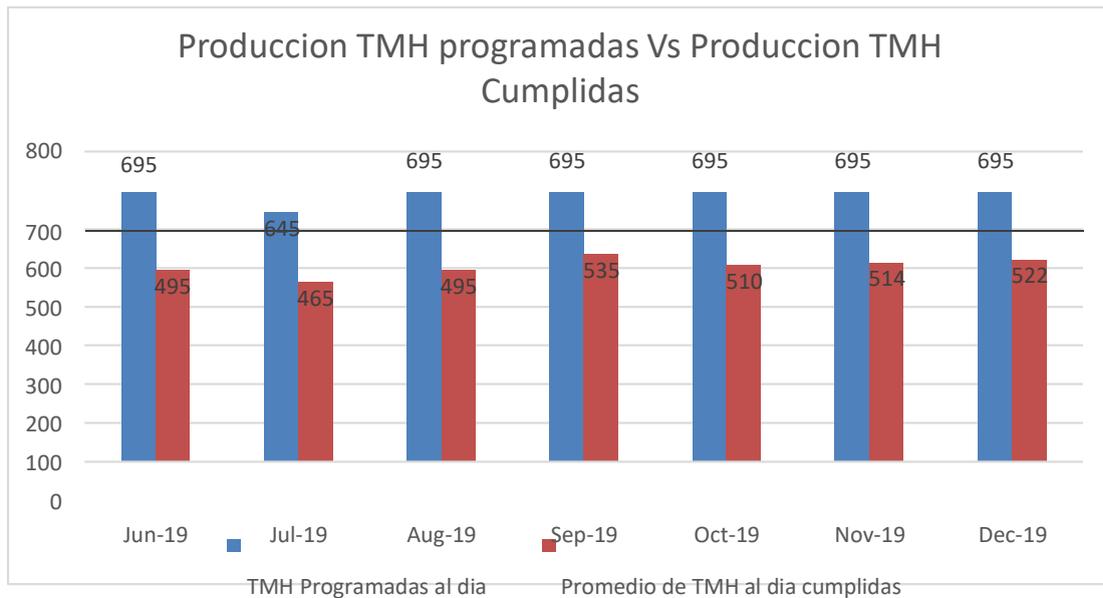


Figura 3. Producción Programada Vs Producción Cumplida.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 se evidencia la evolución que ha tenido la producción en el área de chancado en TMH cumplida con respecto a lo programado para lo que se manifiesta que en el mes de junio del 2019 lo programado fue 695 TMH/día pero lo que cumplió solo fue 495 TMH/día de igual forma se evidencia que en los meses de Julio a Diciembre del 2019 no se está cumpliendo con lo programado teniendo en diciembre un programado de 695 TMH/día y una producción cumplida de 522 TMH/día.

Tabla 9. Producción Mensual de Trituración en el Área de Chancado

Meses de Producción	TMH/Programadas al Mes	Promedio – Mensual TMH cumplidas	TMH Mensual sin cumplir
Junio 2019	20,000.0	14,700.0	5,300.0
Julio 2019	18,000.0	13,100.0	4,900.0
Agosto 2019	20,000.0	14,300.0	4,700.0
Septiembre 2019	20,000.0	14,500.0	5,500.0
Octubre 2019	20,000.0	14,950.0	5,050.0
Noviembre 2019	20,000.0	15,100.0	4,900.0
Diciembre 2019	20,000.0	14,850.0	5,150.0

Fuente: Área de Producción Minera Yanacocha

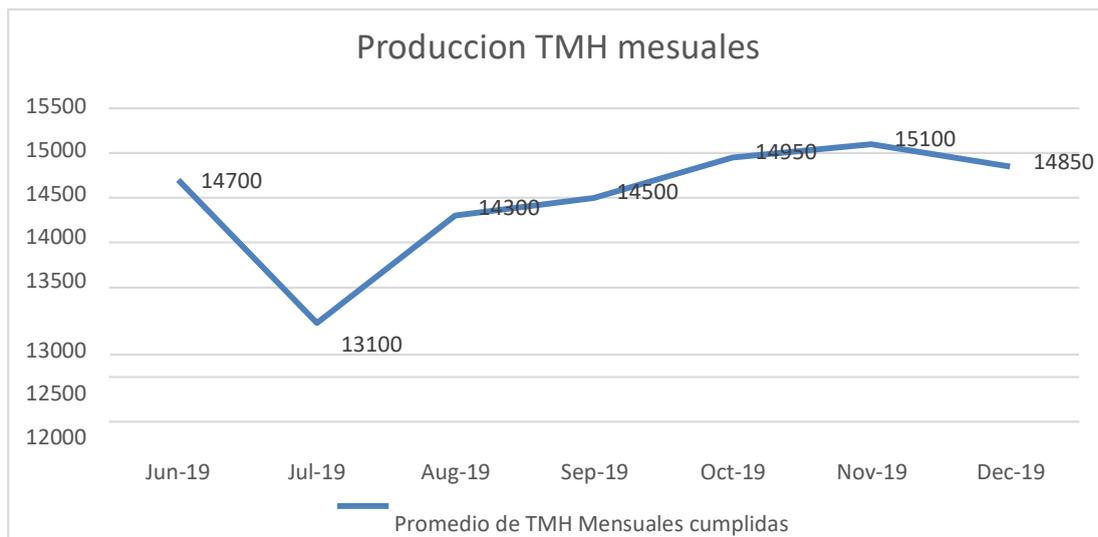


Figura 4. Producción Total de Trituración Mensual en TMH en el área de Chancado.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se evidencia la evolución de la producción de trituración en TMH en el área de chancado de minera Yanacocha en el periodo de junio del 2019 a diciembre del 2019 para lo cual se evidencia que en el mes de junio este tuvo una producción de 14700 TMH/mes, en el mes de octubre tuvo una producción de 14950 TMH/mes y en el mes de diciembre tuvo una producción de trituración cumplidas de 14850 TMH/mes.

Del desgaste de las mandíbulas:

De la tabla 10 se desprende que entre los meses de junio y diciembre del 2019 se ha trabajado hasta en un 90% de desgaste esto según los datos recolectados del area de producción de minera Yanacocha, para lo cual se evidencia que en el mes de junio se llegó a alcanzar 33 días de vida útil de la mandíbula trabajando un total de 726 horas, en el mes de octubre se evidencia que aun 90% de desgaste de la mandíbula esta alcanzo 37 días de vida útil haciendo un total de 792 horas trabajadas y terminando en el mes de diciembre de 2019 con 36 días de vida haciendo un total de 796 horas trabajadas alcanzando para ello un desgaste de la mandíbula del 90%.

Tabla 10. Niveles de desgaste de las mandíbulas tipo quijada

Meses de Producción	Niveles de desgaste	Días de Vida Útil Registrada	Horas trabajadas por la Mandíbula
Junio 2019	90%	33	726
Julio 2019	90%	34	748
Agosto 2019	90%	35	770
Septiembre 2019	90%	34	748
Octubre 2019	90%	37	792
Noviembre 2019	90%	33	726
Diciembre 2019	90%	36	796

Fuente: Elaboración propia

En el mes de enero del 2020 de determinaron los niveles de desgaste de las mandíbulas de la Chancadora tipo Quijada de 80x90cm, realizando diversas tomas de datos teniendo en cuenta la variación de las alturas de las mandíbulas tanto de la mandíbula fija como de la mandíbula móvil en un lapso de 7 días en 28 días de trabajo para lo cual se tiene:

Tabla 11. Porcentaje de desgastes de las mandíbulas tipo quijada en enero 2020

Mandíbula fija					
Fechas	01/01/2020	07/01/2020	14/01/2020	21/01/2020	28/01/2020
	Inicial	Actual	Actual	Actual	Actual
Altura	195mm	165.75mm	126.75mm	68.25mm	48.75mm
Desgaste	0%	15%	35%	65%	75%
Mandíbula móvil					
Fechas	01/01/2020	07/01/2020	14/01/2020	21/01/2020	28/01/2020
	Inicial	Actual	Actual	Actual	Actual
Altura	270mm	243mm	202.5mm	135mm	94.5mm
Desgaste	0%	10%	25%	50%	65%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se evidencia que las mandíbulas fijas de la chancadora tipo quijada en un periodo de 28 días este llega a un 75% de desgaste y las mandíbulas móviles llegaron a un 65% de desgaste con respecto a la altura inicial de sus mandíbulas.

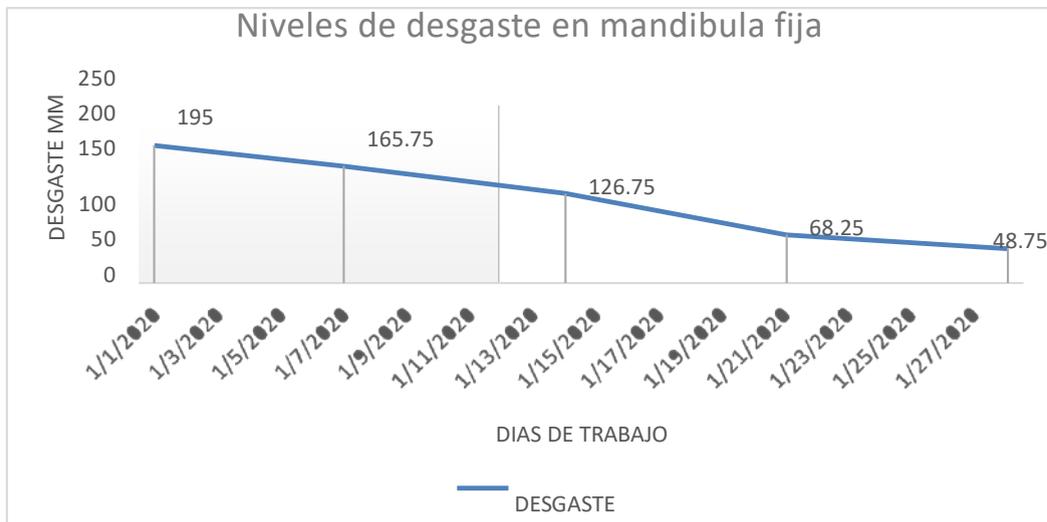


Figura 5. Niveles de desgaste de la mandíbula fija en 28 días de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

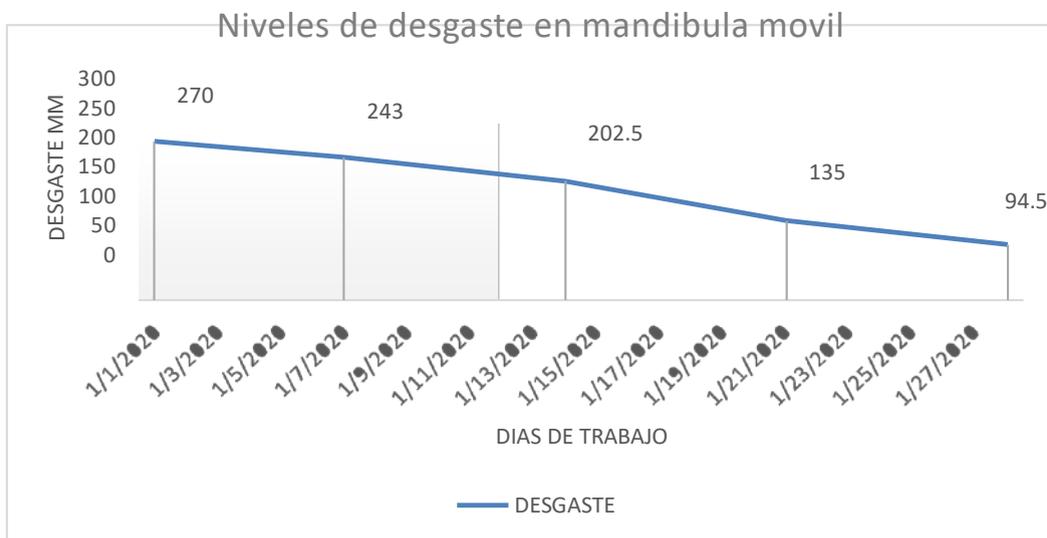


Figura 6. Niveles de desgaste de la mandíbula móvil en 28 días de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 5 y 6 se evidencia el desgaste sufren las mandíbulas de una chancadora el análisis se ha realizado en un periodo de 28 días tomando

mediciones cada 7 días de trabajo midiendo la altura de los dientes de cada mandíbula para de esta manera determinar el nivel de desgaste que se tiene con respecto a su altura de fábrica, estableciendo un porcentaje de desgaste. Para la mandíbula fija se tiene que este inicia con una altura de 195 mm a los 7 días de trabajo ya se observa un desgaste del 15% siendo su medida actual de 165.75 mm a los 14 días ya muestra un desgaste del 35% y a los 28 días de trabajo está ya muestra un desgaste del 75% siendo la medida de la altura final del diente de la mandíbula fija 48.75 mm.

Para la mandíbula móvil se tiene que esta inicia su trabajo con una altura de 270 mm, se observó que a los 7 días de trabajo este ya tenía un desgaste del 10%, a los 14 días se encontró con un desgaste del 25% y a los 28 días ya contaba con un desgaste del 65% teniendo para ello la altura final del diente de la mandíbula móvil una altura de 94.5 mm.

Tabla 12. *Producción Mensual Cumplidas y la vida útil de las mandíbulas de chancadora*

Meses de Producción	Promedio – Mensual TMH cumplidas	Días de Vida Útil Registrada	Horas trabajadas por la Mandíbula
Junio 2019	14,700.0	33	726
Julio 2019	13,100.0	34	748
Agosto 2019	14,300.0	35	770
Septiembre 2019	14,500.0	34	748
Octubre 2019	14,950.0	37	792
Noviembre 2019	15,100.0	33	726
Diciembre 2019	14,850.0	36	796

Fuente: Área de Producción Minera Yanacocha

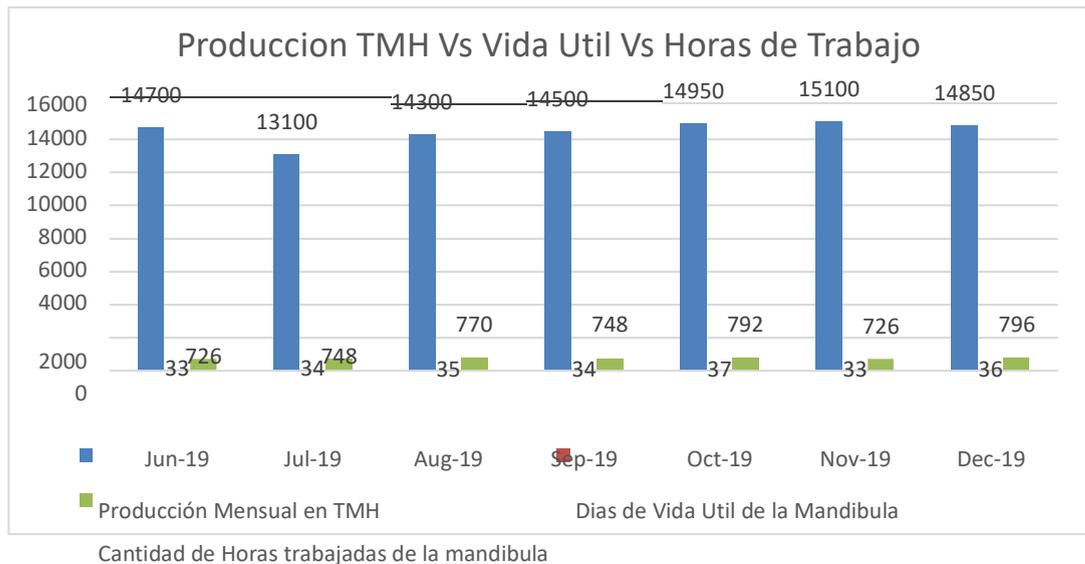


Figura 7. Producción Mensual Vs Días de Vida Útil de las Mandíbulas y sus Horas de Trabajo.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se evidencia la evolución que ha tenido la vida útil de las mandíbulas de la chancadora tipo quijada de 80x90cm en el periodo de junio a diciembre del 2019 para lo cual se observa que las mandíbulas empleadas en el proceso de trituración son cambiadas en un promedio de 34 días calendarios de trabajo teniendo para ello un promedio de 758 horas de trabajo esto en el periodo de junio a diciembre del 2019

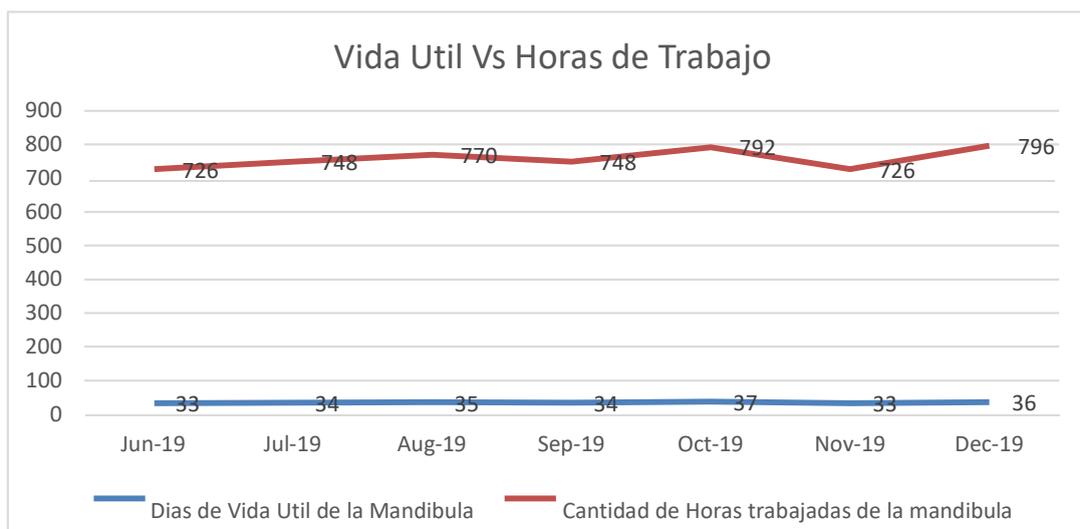


Figura 8. Vida de Útil de las Mandíbulas Vs Horas de Trabajo en el proceso de Trituración.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se evidencia las mandíbulas de la chancadora tipo quijada de 80x90 en el en el mes de junio tuvo una vida útil de 33 días calendarios y de la misma forma se observa que para el mes de septiembre la mandíbula fue cambiada al cumplir las 748 horas de trabajo teniendo para ello un vida útil de 34 días calendarios y en el mes de diciembre se observa que la mandíbula de la chancadora solo tuvo una vida útil de 36 días calendarios cumpliendo para ello un total de 796 horas de trabajo.

4.3. Determinar en qué medida el desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm afecta el proceso de trituración de minerales en minera Yanacocha S.R.L.

El efecto que tiene el desgaste de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm en el proceso de trituración se determinó teniendo en cuenta la programación estimada de trituración por mes de la maquina chancadora siendo este de 20,000.00 TMH al mes y la producción mensual entregada.

Tabla 13. *Efecto del desgaste en el proceso de trituración*

Meses de Producción	TMH/Programadas al Mes	Promedio – Mensual TMH cumplidas	Efecto en el proceso de triturado %
Junio 2019	20,000.0	14,700.0	26.5
Julio 2019	20,000.0	13,100.0	34.5
Agosto 2019	20,000.0	14,300.0	28.5
Septiembre 2019	20,000.0	14,500.0	27.5
Octubre 2019	20,000.0	14,950.0	25.25
Noviembre 2019	20,000.0	15,100.0	24.5
Diciembre 2019	20,000.0	14,850.0	25.75

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 13 se aprecia en que porcentaje el desgaste de las mandíbulas ha afectado en el proceso de trituración con respecto a un TMH programadas en tal sentido se manifiesta que en el mes de junio 2019 se tuvo un TMH programado de 20,000.00 pero solo se logró cumplir con 14,700.00, evidenciando un efecto del 26.5% que dejo de triturarse, para el mes de agosto se tuvo un déficit de trituración de 5700 TMH siendo este un 28.5%, para setiembre se cuenta con un déficit de 5500 TMH haciendo un total de 27.5% y en diciembre se tiene que las TMH cumplidas ascendieron a 14,850.00, teniendo para ello un 25.75% que afecta al proceso de trituración en ese mes.

4.4. Realizar pruebas de laboratorio a 2 muestras de mandíbulas de chancadora tipo Quijada de 80x90cm JAQUES, teniendo en cuenta su análisis químico, ensayo de dureza y el análisis metalográfico.

La prueba de ensayos certificada se encuentra en el anexo 04.

Pruebas de análisis químico

Para la realización de estos análisis, se utilizó el espectrómetro de emisión atómica Marca Perkins. Se utilizó la norma ASTM E 415. (Método de prueba estándar para el análisis de carbono en el acero y elementos de baja aleación, por espectrometría de emisión atómica).

Se cortaron dos muestras con la máquina de corte de probetas BAINCUT-M, Se pulió una cara con lijas de granulometría: 80-100-180-220-240-400-600, se introdujo las muestras dentro del espectrómetro donde se hace incidir una emisión electrónica produciendo una chispa y por longitud de onda según cada elemento.

Tabla 14. Composición Química de mandíbulas de chancadora Jaques

Pieza		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
1*	%	0.332	0.92	1.690	2.110	0.317	0.520	0.020	0.020	0.120
2**	%	0.252	0.812	1.62	2.050	0.118	0.350	0.018	0.020	0.105

1* Mandíbula de chancadora CHILCA

2** Mandíbula de chancadora FUNVESA

Fuente: Informe de Laboratorio UNT

Según la tabla 14, la composición química los aceros de fabricación de las mandíbulas de chancadora Jaques son aceros de bajo carbono al cromo – molibdeno, denominados HSLA (High strength low alloys) tipificados en la norma ASTM A 148 Gr 210 – 180. La mandíbula de chancadora fabricada por fundición Chilca tiene el porcentaje de carbono y elementos de aleación más altos.

La pieza de la mandíbula CHILCA tiene 0.332% de carbono mientras que la pieza de mandíbula FUNVESA, tiene 0.252% para lo cual se evidencia que los porcentajes de los elementos químicos que conforman la mandíbula CHILCA son muchos más elevados que el porcentaje de la composición química de FUNVESA, el porcentaje de carbono en las piezas metálicas indican el nivel de dureza que estos tienen a diferentes tipos de trabajos.

Ensayo de Dureza

Se evaluó en la escala Brinell (HB), según la norma ASTM E 10 (método de prueba estándar para dureza Brinell de materiales metálicos). Para este ensayo se utilizó el durómetro digital universal Time Group 187.5 y el durómetro portátil universal SADT. HARTIP 3000.

Se evaluó la dureza superficial en cuatro posiciones, para la cual se realizó a cada muestra de mandíbula chancadora Jaques. Un desbaste grueso en lijas: 80 -100- 180-220- 320, desbaste fino con lijas 400-600 y 1000. Seguidamente se realizó el ensayo.

Tabla 15. Dureza Brinell (HB) obtenidos y evaluados en la mandíbula de la chancadora JAQUES

Posición	Dureza (HRc)				Promedio
	1	2	3	4	
Mandíbula de chancadora Chilca	472	469	488	471	475
Mandíbula de chancadora Funvesa	402	403	408	411	405

Fuente: Informe de laboratorio UNT

En la tabla 15, se evidencia que la dureza evaluada en las muestras de mandíbula de chancadora Jaques es casi homogénea en ambas mandíbulas. Obteniéndose los valores más altos en la muestra de mandíbula de chancadora Chilca (475 HB) mientras que la mandíbula de chancadora FUNVESA (405 HB) reporta el valor más bajo. Esto es debido a que la mandíbula de chancadora chilca tiene el porcentaje de carbono más alto y con el temple y revenido (bonificado) que es la forma como se comercializan estos, se obtiene una mandíbula martensítica con mayor dureza, porque la dureza de la martensita es función del porcentaje de carbono; es decir a mayor porcentaje de carbono en el acero la dureza de la martensita aumenta.

Análisis metalográfico

Para este estudio se utilizó el microscopio metalográfico marca Leica: 50 – 1000 X, se realizó según la norma ASTM E3 -11 (preparación de muestras metalográficas).

Para el análisis metalográfico y análisis de la microestructura se utilizó el microscopio metalográfico marca LEICA: 50 – 1000X.

Corte de las muestras de quijada de chancadora JAQUES para la obtención de las respectivas probetas en la máquina de corte BAINCUT- M. Encapsulado de probetas con resina epóxica – desbaste grueso de probetas con lijas: 80 – 100- 180- 220 y desbaste fino con lijas 400 – 600 - 1000. Pulido de probetas con alúmina de 0.5 μm – 0.3 μm y 0.1 μm . Ataque químico con Nital 5%, toma de fotomicrografía con cámara fotográfica incorporada Leica y análisis de la microestructura en la pantalla.

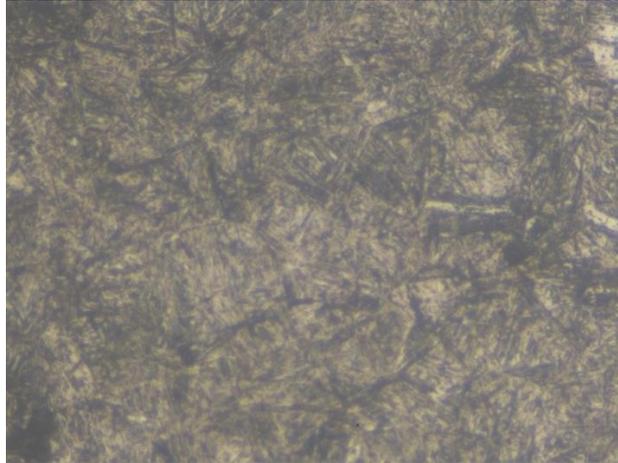


Figura 9. Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques fabricada por fundición Chilca.

Fuente: Elaboración propia

Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques, fabricada por fundición chilca. La microestructura consta de martensita revenida mixta (agujas y cintas). Dureza 475 HB. Ataque químico Nital 5%. 500 X.

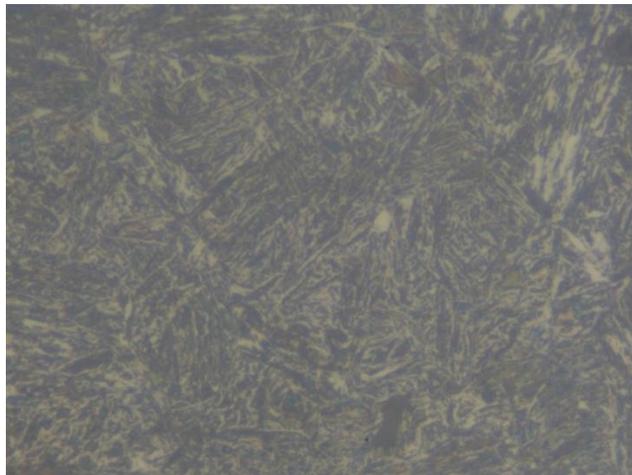


Figura 10. Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques fabricada por fundición ventanilla SA (FUNVESA).

Fuente: Elaboración propia

Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques fabricada por Funvesa. La microestructura consta de martensita revenida basta tipo cinta. Dureza 405 HB. Ataque químico: Nital 5%. 500X.

En las figuras 9 y 10 se evidencian que las microestructura de las dos mandíbulas son martensita revenida. Debido a que estas mandíbulas, se realiza un temple desde la temperatura de austenización y luego se revienen a temperaturas de aproximadamente 200° C, según esto las mandíbulas se comercializan bonificadas. También se observa que la mandíbula fabricada por chilca la martensita obtenida es mixta formada por agujas y cintas homogéneamente distribuidas, mientras que la martensita obtenida de la mandíbula fabricada por FUNVESA es tipo cinta y basta debido a este comportamiento, esta mandíbula tiene menor dureza. Además la mandíbula fabricada por fundición chilca tiene el porcentaje de carbono y elementos de aleación más altos, debido a esto en el temple la martensita es mixta (agujas y cintas), obteniéndose mejores valores de dureza.

V. DISCUSIÓN

Los niveles de producción programados por día no se están cumpliendo ya que se tiene un promedio de producción de trituración igual a 22.75 TMH/hora cuando lo esperado es 31.59 TMH/hora por lo que no se está cumpliendo con 8.84 TM/H teniendo 22 horas de operación diaria esto debido al desgaste que muestran los dientes de las mandíbulas fija y móvil de la Chancadora tipo Quijada de 80x90cm de marca JAQUES JAW CRUSHER, con código CHJAV4402. De forma mensual se tiene una programación de 20,000 TMH, para lo cual solo se está cumpliendo entre 13,100 TMH/mes y 15,100 TMH/mes esto debido a que las mandíbulas solo registran un periodo de vida entre 33 a 37 días de vida trabajando desde 726 horas al mes y 792 horas al mes aun nivel de desgaste del 90%.

En un periodo de 28 días tomando mediciones cada 7 días de trabajo midiendo la altura de los dientes de cada mandíbula para de esta manera determinar el nivel de desgaste que se tiene con respecto a su altura de fábrica, estableciendo un porcentaje de desgaste. Para la mandíbula fija se tiene que este inicia con una altura de 195 mm a los 7 días de trabajo ya se observa un desgaste del 15% siendo su medida actual de 165.75 mm a los 14 días ya muestra un desgaste del 35% y a los 28 días de trabajo está ya muestra un desgaste del 75% siendo la medida de la altura final del diente de la mandíbula fija 48.75 mm.

Para la mandíbula móvil se tiene que esta inicia su trabajo con una altura de 270 mm, se observó que a los 7 días de trabajo este ya tenía un desgaste del 10%, a los 14 días se encontró con un desgaste del 25% y a los 28 días ya contaba con un desgaste del 65% teniendo para ello la altura final del diente de la mandíbula móvil una altura de 94.5 mm.

Se realizaron pruebas de análisis químico a dos muestras CHILCA y FUNVESA para lo cual la composición química de los aceros fabricados de las mandíbulas de la chancadora jaques son de C=0.332, Mn=0.92, Si=1.690, Cr=2.110, Ni=0.317, Mo=0.520, P=0.020, S=0.020, Cu=0.120 para el caso de CHILCA y para FUNVESA se tiene que C=0.252, Mn=0.812, Si=1.62, Cr=2.050, Ni=0.118, Mo=0.350, P=0.018, S=0.020, Cu=0.105, para lo que se evidencia que la composición química resultante de la pieza de acero de la mandíbula CHILCA son superiores a los resultados de FUNVESA a excepción del componente

azufre (S)=0.020, de lo que se resalta la composición con respecto al Carbono CHILCA tiene una concentración del 0.332 y FUNVESA una concentración del 0.252, esto conlleva a que al momento que se realizó el ensayo de dureza a las 2 muestras se obtuvo que la dureza evaluada en las muestras de mandíbula de chancadora Jaques es casi homogénea en ambas mandíbulas. Obteniéndose los valores más altos en la muestra de mandíbula de chancadora Chilca (475 HB) mientras que la mandíbula de chancadora FUNVESA (405 HB) reporta el valor más bajo. Esto es debido a que la mandíbula de chancadora chilca tiene el porcentaje de carbono más alto y con el temple y revenido (bonificado) que es la forma como se comercializan estos, se obtiene una mandíbula martensítica con mayor dureza, porque la dureza de la martensita es función del porcentaje de carbono; es decir a mayor porcentaje de carbono en el acero la dureza de la martensita aumenta, en tal sentido podemos apreciar que el porcentaje adecuado de carbono influye en la dureza de del material de construcción de dichas mandíbulas respetando los niveles establecidos en la norma ASTM A 148 Gr 210 – 180.

Las dificultades que se tuvieron fueron para la recolección de datos como también para las mediciones realizadas a los dientes de las mandíbulas ya que en ese lapso de tiempo que se tuvo cada 7 días tuvo que paralizarse el proceso de trituración debido a que se tenían que manipular directamente las mandíbulas para extraer las mediciones necesarias esto se realizó en un lapso de 7 días por un periodo de 28 días, para la toma de muestras para el laboratorio se tomaron 2 piezas en desuso y se enviaron a ser analizadas

VI. CONCLUSIONES

Los parámetros de trabajo de las Mandíbulas de Chancadora tipo Quijada de 80x90cm de marca JAQUES JAW CRUSHER son Horas de Operación Diaria = 22 Horas, Total de Días de Operación = 33 Días Continuas, Toneladas de Trituración por Día = 695 TMH/día, Total de Toneladas de Trituración = 22935 TMH/mes, Total de Horas de Operación = 726 Horas.

Los niveles de desgaste las mandíbulas fijas de la chancadora tipo quijada en un periodo de 28 días este llega a un 75% de desgaste y las mandíbulas móviles llegaron a un 65% de desgaste con respecto a la altura inicial de sus mandíbulas.

El porcentaje el desgaste de las mandíbulas ha afectado en el proceso de trituración con respecto a un TMH programadas en tal sentido se manifiesta que en el mes de junio 2019 se tuvo un TMH programado de 20,000.00 pero solo se logró cumplir con 14,700.00, evidenciando un efecto del 26.5% que dejo de triturarse, para el mes de agosto se tuvo un déficit de trituración de 5700 TMH siendo este un 28.5%, para setiembre se cuenta con un déficit de 5500 TMH haciendo un total de 27.5% y en diciembre se tiene que las TMH cumplidas ascendieron a 14,850.00, teniendo para ello un 25.75% que afecta al proceso de trituración en ese mes.

La falla por desgaste se debe a que el porcentaje de carbono en la composición química de las mandíbulas varia en tal sentido se determinó que la dureza para la muestra de mandíbula de chancadora Chilca (475 HB) mientras que la mandíbula de chancadora FUNVESA (405 HB) reporta el valor más bajo. Esto es debido a que la mandíbula de chancadora chilca tiene el porcentaje de carbono más alto y con el temple y revenido (bonificado).

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda, realizar un registro de los sucesos observados teniendo en cuenta el desgaste de las mandíbulas como parámetros de operación, forma y tamaño del material en contacto y las exposiciones al medio ambiente ya que estas pueden manifestar cambios considerables en el desgaste actuando directamente con el impacto dado y la corrosión.

Es recomendable, registrar datos de las especificaciones técnicas de los elementos mecánicos a sustituir: marca del fabricante, No. De serie, código del fabricante y el tipo de aleación del material; con la finalidad de realizar estudios con respecto a la vida útil del material y las variaciones metalúrgicas que este podría tener en el proceso de trituración.

Es recomendable para este tipo de tratamientos metalúrgicos complementar con estudios para determinar las propiedades mecánicas de la mandíbula como su resistencia, tenacidad, dureza, densidad y rigidez, debido a que el procedimiento de fabricación es para mejorar la vida útil de las mandíbulas de la chancadora, cuya finalidad es obtener una disponibilidad y confiabilidad en el proceso de trituración a un costo reducido por tonelada de trituración, y con menor tiempo posible en el proceso de operación productiva en la área de chancado.

Es recomendable realizar estudios de relacionados a mejorar el rendimiento de la trituradora teniendo en cuenta el estado del macizo rocoso proveniente de las minas, debido a que los perfiles de los dientes y el grosor de las mandíbulas deben de estar combinadas con las mejores aleaciones de carbono y con el temple y revenido (bonificado), manganeso de 8 al 12 % que estas aleaciones cumplen la tenacidad y la resistencia al trio, y además, es importante elegir el método del reglaje cerrado a 28.0 mm y la capacidad de llenado del mineral a la boca de alimentación que es de 800 mm, con el fin de aumentar al máximo la productividad y minimizar los costos de funcionamiento.

REFERENCIAS

AQUINO, Dilver. 2016. *Produccion de Trituracion realizadas por chancadoras tipo quijada en procesos mineros.* Lima : s.n., 2016. pág. 256.

ARIAS, Fidas. 2012. *El Proyecto de Investigación - Introducción a la Metodología Científica.* 6ta Edición. Caracas - Republica Bolivariana de Venezuela : Editorial Episteme, C.A., 2012. pág. 143. ISBN: 980 - 07 - 8529 - 9.

CHAVEZ, Kevin. 2016. *Implementacion de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar el rendimiento de las chancadoras primarias de las Mineras.* Huancayo : s.n., 2016. pág. 132.

DELGADO, Santos. 2015. *Implementación de Chancadores de impacto en la produccion de gravillas para uso en concretos asfálticos de rodadura.* Santiago de Chile : s.n., 2015. pág. 70.

HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C. & BATISTA, P. 2014. *Metodología de la Investigación.* México : Editorial Mc Graw Hill, 2014. pág. 497.

LOPEZ, Guillermo. 2014. *Manufactura, Ingeniería y Tecnología de los materiales para la aleación con hierro.* Lima : s.n., 2014. pág. 18.

ÑAVEZ, Guillermo. 2016. *Configuración del Circuito de Chancado para el Incremento de Producción en CIA. MINERA CASAPALCA S.A.* Huancayo - Perú : s.n., 2016. pág. 164.

OROÑA, Castro. 2017. *Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar el rendimiento de las chancadoras de la CIA MINERA CASAPALPA S.A.* Cajamarca : s.n., 2017. pág. 236.

ORTEGA, E.J.O.,&ABRIL, R.J.T. 2016. *Diseño y Construcción de una Trituradora de Mandíbula de Excentrica Elevada.* Mexico : s.n., 2016. pág. 136.

PARISACA, Cesar. 2016. *Evaluacion del circuito de chancado y optimizacion de su performance de planta de ocidos TINTAYA - ANTAPACCAY.* Arequipa : s.n., 2016. pág. 100.

ROJAS, Miguel. 2017. *Procedimiento de evaluación en mandíbulas de chancadoras usadas en mineras.* Cuzco : s.n., 2017. pág. 79.

SANCHEZ, Luis. 2015. *Niveles de Desgastes de mandibulas de chancadoras para trituracion de minerales.* Lima : s.n., 2015. pág. 235.

SANDOVAL, Javier. 2014. *Mantenimiento preventivo a chancadoras mineras.* Cajamarca : s.n., 2014. pág. 192.

SANDOVAL, Jose. 2015. *Evaluacion de chancadoras para mejorar eficiencia de trabajos de trituracion.* Lima : s.n., 2015. pág. 78.

VILCAHUAMAN, Herminio. 2015. *Evaluación de Mandibulas de Trituracion para mejorar la vida util en CASTROVIRREYNA CIA. MINERA S.A.* Huancayo - Perú : s.n., 2015. pág. 204.

VILLEGAS, Jose. 2017. *Desgaste de Mandibulas en chancadoras utilizadas para trituracion en mineras.* Huanuco : s.n., 2017. pág. 145.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 16. *Definición operacional de las variables*

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<p>Variable Independiente: Dureza, Microestructura y Composición Química</p>	<p>La dureza es la resistencia que un mineral se opone al ser rayado por otro y la composición química es la descripción de materiales que forman un elemento (Aquino, 2016)</p>	<p>Actividad en la que se evidencia la Composición química de las mandíbulas y la predisposición que este tiene para no ser rayado o quebrado por el material triturado.</p>	<p>↗ Producción de Trituración. ↗ Tiempo de Trabajo.</p>	<p>Toneladas métricas. Horas.</p>
<p>Variable Dependiente: Desgaste.</p>	<p>El desgaste es la pérdida de material entre dos cuerpos que entran en contacto, cuando se aplica un movimiento relativo bajo la acción de una fuerza (Sánchez, 2015)</p>	<p>Es un proceso en el cual las capas superficiales de un sólido se rompen o se desprenden de la superficie</p>	<p>↗ Dureza. ↗ Tiempo de Trabajo. ↗ Producción de Trituración.</p>	<p>Dureza. Horas. Toneladas métricas.</p>

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 04

INFORME DE LABORATORIO DE METALURGIA FISICA Y ENSAYOS MECANICOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA METALÚRGICA

CIUDAD UNIVERSITARIA - APARTADO 313
Teléfono (044) 286787 - (044) 245321
TRUJILLO - PERÚ

INFORME DE LABORATORIO DE METALURGIA FISICA Y ENSAYOS MECÁNICOS

Señor: Jorge Mendoza

Referencia: Informe de los resultados de los ensayos realizados a 02 muestras de mandíbula de chancadora JAQUES (una muestra fabricada para fundiciones ventanillas S.A. FUNVESA y otra muestra fabricada por la fundición Chilca).

Dirección: Cajamarca

Realizado por: Dr. Ing. Ismael Purizaga Fernández, Universidad Nacional de Trujillo.

Fecha: 30 de junio 2020

ANÁLISIS QUÍMICO:

Para la realización de estos análisis, se utilizó el espectrómetro de emisión atómica Marca Perkins. Se utilizó la norma ASTM E 415. (Método de prueba estándar para el análisis de carbono en el acero y elementos de baja aleación, por espectrometría de emisión atómica).

METODOLOGÍA:

Se cortaron dos muestras con la máquina de corte de probetas BAINCUT-M, Se pulió una cara con lijas de granulometría: 80-100-180-220-240-400-600, se introdujo las muestras dentro del espectrómetro donde se hace incidir una emisión electrónica produciendo una chispa y por longitud de onda según cada elemento.

RESULTADOS

Los resultados se muestran en la tabla 1

Tabla 1. Composición química de mandíbulas de chancadora Jaques

Pieza	Elemento	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
Mandibula de chancadora CHILCA	%	0.332	0.92	1.690	2.110	0.317	0.520	0.020	0.020	0.120
Mandibula de chancadora FUNVESA	%	0.252	0.812	1.62	2.050	0.118	0.350	0.018	0.020	0.105

CONCLUSIONES:

Según la composición química los aceros de fabricación de las mandíbulas de chancadora Jaques son aceros de bajo carbono al cromo – molibdeno, denominados HSLA (High strength low alloys) tipificados en la norma ASTM A 148 Gr 210 – 180. La mandíbula de chancadora fabricada por fundición Chilca tiene el porcentaje de carbono y elementos de aleación más altos.



ENSAYO DE DUREZA

Se evaluó en la escala Brinell (HB), según la norma ASTM E 10 (método de prueba estándar para dureza Brinell de materiales metálicos). Para este ensayo se utilizó el durómetro digital universal Time Group 187.5 y el durómetro portátil universal SADT. HARTIP 3000.

METODOLOGIA

Se evaluó la dureza superficial en cuatro posiciones, para la cual se realizó a cada muestra de mandíbula chancadora Jaques. Un desbaste grueso en lijas: 80 -100- 180-220- 320, desbaste fino con lijas 400-600 y 1000. Seguidamente se realizó el ensayo.

RESULTADOS

Estos resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Dureza Brinell (HB) obtenidos y evaluados en la mandíbula de la chancadora JAQUES

Posición	Dureza (HRC)				Promedio
	1	2	3	4	
Mandíbula de chancadora Chilca	472	469	488	471	475
Mandíbula de chancadora Funvesa	402	403	408	411	405

CONCLUSIÓN:

Según los resultados de dureza, la dureza evaluada en las muestras de mandíbula de chancadoras Jaques es casi homogénea en ambas mandíbulas. Obteniéndose los valores más altos en la muestra de mandíbula de chancadora Chilca (475 HB) mientras que la mandíbula de chancadora FUNVESA (405 HB) reporta el valor más bajo. Esto es debido a que la mandíbula de chancadora chilca tiene el porcentaje de carbono más alto y con el temple y revenido (bonificado) que es la forma como se comercializan estos, se obtiene una mandíbula martensítica con mayor dureza, porque la dureza de la martensita es función del porcentaje de carbono; es decir a mayor porcentaje de carbono en el acero la dureza de la martensita aumenta.



ANEXOS

Para el ensayo de dureza se utilizó, el durómetro universal TIME GROUP – 187.5 y el durómetro portátil universal SADT-HARTIP3000. Se evaluó en la escala Brinell.



Figura 1. Durómetro digital universal TIME GROUP – 187.5. Escala Brinell (HB)



Figura 2. Durómetro portátil digital universal SADT- HARTIP 3000. Escala Brinell (HB)



Figura 3. Muestra de la mandíbula de chancadora Jaques, desbaste y pulido para el análisis de dureza.



Figura 4. Medición de dureza en el durómetro TIME GROUP – 187.5 en la escala Brinell (HB)



ANÁLISIS METALOGRAFICO

Para este estudio se utilizó el microscopio metalográfico marca Leica: 50 – 1000 X, se realizó según la norma ASTM E3 -11 (preparación de muestras metalográficas)

METODOLOGIA

Corte de las muestras de quijada de chancadora JAQUES para la obtención de las respectivas probetas en la máquina de corte BAINCUT- M. Encapsulado de probetas con resina epóxica – desbaste grueso de probetas con lijas: 80 – 100- 180- 220 y desbaste fino con lijas 400 – 600 -1000. Pulido de probetas con alúmina de 0.5 μm – 0.3 μm y 0.1 μm . Ataque químico con Nital 5%, toma de fotomicrografía con cámara fotográfica incorporada Leica y análisis de la microestructura en la pantalla.

RESULTADOS

Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques fabricada por fundición Chilca.

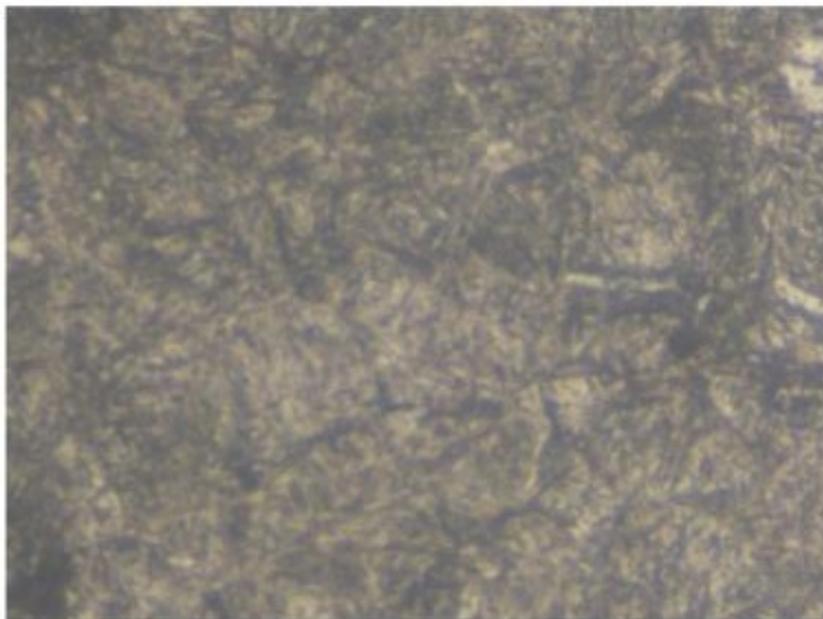


Figura 5. Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques, fabricada por fundición chilca. La microestructura consta de martensita revenida mixta (agujas y cintas). Dureza 475 HB. Ataque químico Nital 5%. 500 X



Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques fabricada por fundición ventanilla SA (FUNVESA).

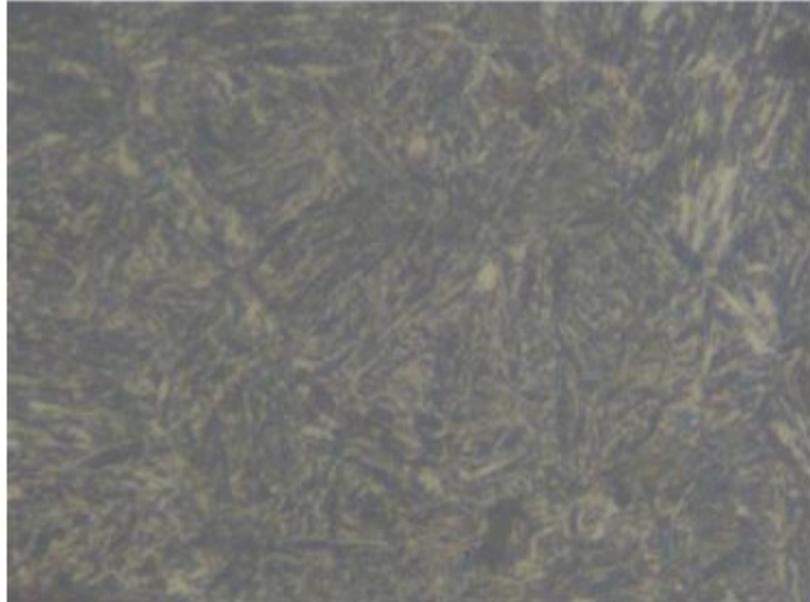


Figura 6. Fotomicrografía de la mandíbula de la chancadora Jaques fabricada por Funvesa. La microestructura consta de martensita revenida basta tipo cinta. Dureza 405 HB. Ataque químico: Nital 5%. 500X.

CONCLUSIÓN:

Según los resultados obtenidos se concluye:

- Que las microestructura de las dos mandíbulas son martensita revenida. Debido a que estas mandíbulas, se realiza un temple desde la temperatura de austenización y luego se revienen a temperaturas de aproximadamente 200° C, según esto las mandíbulas se comercializan bonificadas.
- También se observa que la mandíbula fabricada por chilca la martensita obtenida es mixta formada por agujas y cintas homogéneamente distribuidas, mientras que la martensita obtenida de la mandíbula fabricada por FUNVESA es tipo cinta y basta debido a este comportamiento, esta mandíbula tiene menor dureza
- Además la mandíbula fabricada por fundición chilca tiene el porcentaje de carbono y elementos de aleación más altos, debido a esto en el temple la martensita es mixta agujas y cintas), obteniéndose mejores valores de dureza.



ANEXOS

Para el análisis metalográfico y análisis de la microestructura se utilizó el microscopio metalográfico marca LEICA: 50 – 1000X



Figura 7. Microscopio metalográfico Leica de 50 – 1000 X. Para el análisis microestructural con pantalla de proyección de la microestructura.



Figura 8. Toma a la microestructura para el análisis microestructural.



Figura 9. Probetas obtenidas de las mandíbulas de chancadoras Jaques



Figura 10. Máquina de BAINCUT – M para el corte de probetas



Secuencia del tratamiento térmico realizado a las mandíbulas de chancadora Jaques

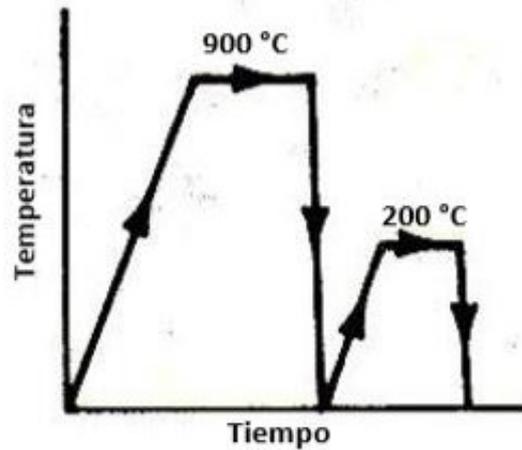


Figura 11. Tratamiento térmico de temple y revenido (bonificado) realizada a las mandíbulas de chancadora Jaques.

Atentamente

Dr. Ing. Ismael Purizaga Fernández
CIP 36332

Jefe del Laboratorio Metalúrgica Física y
Ensayos mecánicos

