



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Rediseño de la planta de agregados de construcción para  
aumentar la producción en la empresa Agregados Jara**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Juan David Alberto Martell Briceño (0000-0003-2089-952X)

**ASESOR:**

Dr. Jorge Antonio Olortegui Yume, Ph.D. (ORCID: 0000-0001-5734-040X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

Trujillo – Perú

2022

## DEDICATORIA

*Este trabajo se lo dedico a mi madre, por su gran entrega en toda mi formación, su apoyo incondicional y por ser un gran ejemplo para mi vida.*

## AGRADECIMIENTO

*Un enorme agradecimiento a mis tíos Cesar y Luisa, que su apoyo fue fundamental para lograr mi formación profesional*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURA .....	7
RESUMEN .....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	10
MARCO TEÓRICO.....	15
II. METODOLOGÍA.....	35
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	35
3.1.1. Tipo de investigación.....	35
3.1.2. Diseño de investigación.....	35
3.2. Variables y Operacionalización .....	35
3.2.1. Variable independiente.....	35
3.2.2. Variable dependiente.....	35
3.3. Población y muestra.....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	36
3.5. Procedimientos .....	38
3.6. Método de análisis de datos .....	39
3.7. Aspectos éticos.....	39
III. RESULTADOS: .....	40
Recopilación de datos técnicos y económicos de la empresa .....	40
Elaboración de planos .....	61
IV. DISCUSIÓN:.....	68
V. CONCLUSIONES: .....	70
VI. RECOMENDACIONES .....	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	20
Tabla 2 .....	37
Tabla 3 .....	43
Tabla 4 .....	44
Tabla 5 .....	45
Tabla 6 .....	48
Tabla 7 .....	49
Tabla 8 .....	56
Tabla 9 .....	57
Tabla 10 .....	59
Tabla 11 .....	60
Tabla 12 .....	63
Tabla 13 .....	63
Tabla 14 .....	63
Tabla 15 .....	64
Tabla 16 .....	64
Tabla 17 .....	65
Tabla 18 .....	65
Tabla 19 .....	67

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1</b> .....	12
<b>Figura 2:</b> .....	18
<b>Figura 3:</b> .....	19
<b>Figura 4</b> .....	22
<b>Figura 5</b> .....	24
<b>Figura 6:</b> .....	27
<b>Figura 7:</b> .....	31
<b>Figura 8:</b> .....	32
<b>Figura 9:</b> .....	34
<b>Figura 10:</b> .....	38
<b>Figura 11</b> .....	47
<b>Figura 12</b> .....	50
<b>Figura 13</b> .....	52
<b>Figura 14</b> .....	58
<b>Figura 15</b> .....	58
<b>Figura 16</b> .....	61

## RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se realizó el Rediseño de una planta de agregados para aumentar la producción en la empresa agregados Jara. La finalidad del proyecto es elaborar un Rediseño que cumpla con las especificaciones técnicas del mercado. Para el desarrollo se han tenido en cuenta las necesidades de la empresa, empleando como técnica de recolección de datos la entrevista, la cual fue realizada a 5 trabajadores que laboran actualmente en la empresa. Con los datos obtenidos se elaboró una tabla de especificaciones de ingeniería que ayudaron a definir los parámetros para el rediseño de la planta, seguido de los cálculos realizados a los equipos críticos, las cuales fueron consideradas a la hora de elaborar el rediseño.

Para un correcto dimensionamiento de los equipos se realizó el análisis paramétrico donde se relacionó la potencia necesaria para el triturado versus el flujo de producción, teniendo como parámetro la velocidad de triturado. Después de determinarse los valores correctos para la chancadora se seleccionaron los nuevos equipos que conforman el nuevo diseño de la planta. De este análisis se determinó que para poder producir  $150 \text{ m}^3/\text{día}$  o  $42.5 \text{ t/h}$  de agregados de construcción (arena, piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ " y piedra chancada de  $\frac{3}{4}$ " ), se necesita una velocidad de 330 rpm, una potencia para esa velocidad de 41.79 Kw con un ancho de chancadora  $w = 1.3 \text{ m}$ . Posteriormente se realizó el dimensionamiento y selección de los nuevos equipos que requiere la planta. Adicionalmente se realizó una simulación de la estructura de la planta con los nuevos equipos seleccionados, obteniendo un factor de seguridad mínimo de 1.5, con esto se elaboraron los planos de fabricación y finalmente se realizó el análisis económico con el cual se obtuvo un VAN de S/.14167.86 con una tasa de 7% y un TIR de 9.9%, indicando que la ejecución de este rediseño es económicamente viable.

Palabras clave: Chancadora de quijadas, Zaranda vibratoria, Agregados

## ABSTRACT

In the present thesis work, the Redesign of an aggregates plant was carried out to increase production in the Jara aggregates company. The purpose of the project is to develop a Redesign that meets the technical specifications of the market. For the development, the needs of the company have been taken into account, using the interview as a data collection technique, which was carried out on 5 workers who currently work in the company. With the data obtained, a table of engineering specifications was prepared that helped define the parameters for the redesign of the plant, followed by the calculations made to the critical equipment, which were considered when preparing the redesign.

For a correct dimensioning of the equipment, the parametric analysis was carried out where the necessary power for the crushing was related to the production flow, having the crushing speed as a parameter. After determining the correct values for the crusher, the new equipment that makes up the new design of the plant was selected. From this analysis it was determined that in order to produce 150 m<sup>3</sup>/day or 42.5 t/h of construction aggregates (sand, 1/2" crushed stone and 3/4" crushed stone), a speed of 330 rpm is needed, a power for that speed of 41.79 Kw with and a crusher width  $w = 1.3$  m. Subsequently, the sizing and selection of the new equipment required by the plant was carried out. Additionally, a simulation of the structure of the plant was carried out with the new selected equipment, obtaining a minimum safety factor of 1.5, with this the manufacturing plans were elaborated and finally the economic analysis was carried out with which a NPV of S was obtained. S/.14167.86 with a rate of 7% and an IRR of 9.9%, indicating that the execution of this redesign is economically viable.

Keywords: Jaw Crusher, Vibratory Screen, Aggregates



## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el último análisis mundial sobre la industria de la construcción a largo plazo, proyecta un crecimiento en la producción mundial del 85% hasta el año 2030; la expansión en la industria de los procesos de extracción de las materias primas está directamente vinculadas con el desarrollo de la infraestructura y con los grandes proyectos de construcción (Pedrosa, 2016).

Para la producción de agregados, es necesario contar con equipos idóneos, en este proceso se involucran una serie de equipos que trabajan en conjunto para producirlos, es por ello que se debe contar con tecnología adecuada para realizar su trabajo de manera eficiente y lograr un producto de calidad y que sea rentable; en este sentido hay tres criterios que se busca en estos equipos: la confiabilidad, la respuesta rápida para el servicio y bajos costos (Peters, 2018).

La selección de los equipos en el proceso de reducción de la materia prima, para la producción de agregados dependerá del ritmo de producción requerido, el tamaño del producto, las características de las rocas en términos de su tamaño, la agresividad y adherencia, el espacio de instalación y acceso disponible, el sistema de alimentación y consideraciones presupuestarias (Walker, 2015).

En el Perú la construcción es uno de los sectores de gran desarrollo económico; según el Instituto Nacional De Estadística e Informática (INEI), el sector construcción creció en 1.51% en el año 2019, esto impulsado por los altos volúmenes de consumo de concreto, por ello el consumo de agregados de la construcción va de la mano con este crecimiento (Terrel, 2020). En este sentido los productores de agregados van aumentando, pero sin tener las instalaciones correctas que permitan la producción de materiales de buena calidad; sus equipos sufren de desgastes prematuros, paradas por averías, aumento de gastos en mantenimiento, debido a que no son diseñados siguiendo los lineamientos de ingeniería que garanticen una producción eficiente y funcionamiento correcto, son pocos los empresarios que tienen plantas de producción correctamente instalados.

En el año 2019 en la región La Libertad, el sector construcción se recuperó tras 5 años de desaceleración; el gremio empresarial liberteño (Cámara de Comercio de La Libertad) informó que durante el 2019, el sector alcanzó el 20.9 % respecto al año anterior, por esta razón el sector de producción de agregados también creció, generando la creación de nuevas plantas de producción (Cámara de Comercio La Libertad, 2020), estas plantas han sido creadas de forma empírica y artesanal, que no producen materiales de buena calidad, con el afán de producir cantidad y no calidad siguen operando y afectando de manera directa a la calidad de las obras de construcción.

Agregados Jara es una empresa que tiene como actividad comercial la venta al por mayor de materiales de construcción. Sus instalaciones están ubicadas a orillas del río Chusgón en la comunidad campesina de Yanazara en el distrito de Huamachuco provincia de Sánchez Carrión en el departamento de La Libertad. La empresa inició sus actividades en octubre del año 2015. En sus inicios, solo comercializaba agregados de construcción a través de la compra y venta. Posteriormente, para incrementar sus ingresos, en enero del 2016 empezó a producir agregados a partir de la extracción del mineral de ribera del río Chusgón. Para ello, instaló una planta de zarandeo y lavado. En marzo del 2017, después de haber conseguido un contrato de abastecimiento de materiales para una carretera con una empresa constructora, deciden mejorar sus procesos de producción y es así que obtienen una chancadora de quijadas y una zaranda vibratoria que fueron instaladas en la línea de producción. Actualmente, la empresa está bien posicionada en el mercado local, teniendo como principales clientes a los empresarios del rubro construcción de la zona.

La empresa Agregados Jara enfrenta actualmente dos problemas mayores. El primero es la incapacidad de la empresa de satisfacer la demanda creciente de la zona, y el segundo, el cual guarda estrecha relación con el primero, son las paradas frecuentes de la planta debido a fallos en la línea de producción. Estas paradas impactan fuertemente en los costos de producción debido a que son intempestivos, pero de magnitud tal que obligan al detenimiento para mantenimiento correctivo. De lo observado en el último año de establecimiento de la línea de producción, es

evidente que el problema de fondo es el origen empírico de la fabricación de la línea de producción y sus partes componentes. Como ejemplo, la principal falla se produce es el atascamiento de la chancadora debido a que el flujo de material que ingresa a la chancadora es excesivo para la capacidad de esta (Ver Figura 1).

### **Figura 1**

*Atascamiento en el canal de abastecimiento de la chancadora.*



*Nota.* Tomado de Agregados Jara, 2022.

Al ocurrir esta falla el propietario no solo se ve obligado a parar la planta, sino a comprar agregados de construcción a otras empresas para cumplir con los compromisos adquiridos con sus clientes. Esta situación, ha llevado a la empresa a tomar la decisión de rediseñar la planta actual para evitar las pérdidas que este sistema de producción presenta.

Por este motivo, en este trabajo de tesis se propone el Rediseño de la planta de agregados de construcción en la empresa “AGREGADOS JARA”, con el objetivo de alcanzar una mayor producción, rendimiento y menores costos de operación.

Por lo expresado en la realidad problemática, la formulación del problema es: ¿Cuáles son los parámetros de operación y especificaciones técnicas de la maquinaria de la planta de agregados de construcción para aumentar su producción en la empresa Agregados Jara?

Este trabajo de investigación se justifica teóricamente al aplicar conocimientos de tópicos de ingeniería como el diseño elementos de máquinas, resistencia de materiales, maquinas eléctricas y el diseño electromecánico, aplicados a una realidad para dar solución a un problema de diseño y para garantizar un rendimiento aceptable a bajo costo de operación de cada una de las maquinas que conforman la planta de agregados. Desde el punto de vista práctico esta investigación se justifica debido a que busca aumentar la capacidad de producción de la empresa Agregados Jara mediante un rediseño del mismo y una selección correcta de equipos para garantizar que el proceso de triturado alcance a cubrir el déficit de demanda de agregados, disminuir las paradas imprevistas, aumentar la disponibilidad y reducir los costos de operación lo cual brindara un beneficio a la empresa y satisfacción a sus clientes con la correspondiente mejora e innovación tecnológica.

De acuerdo con lo expresado en los párrafos anteriores esta investigación tuvo como propósito general el de determinar los parámetros de operación y especificaciones técnicas del rediseño de la planta de agregados de construcción “Agregados Jara”- Huamachuco, que permitirá mejorar su producción y los ingresos económicos de la planta.

El objetivo general de este trabajo es obtener una nueva configuración de la planta reemplazando sistemas y/o equipos que permitan el incremento de producción.

Para lograr el objetivo general o propósito de investigación se establecieron los siguientes objetivos específicos: a) Recopilar información técnica y económica de la empresa. b) Identificar los sistemas y/o equipos críticos a rediseñar. c) Determinar la tabla de especificaciones de ingeniería (Lista de requerimientos). d) Ejecutar un análisis paramétrico de los sistemas y/o equipos críticos de la planta a rediseñar. e) Dimensionar y/o seleccionar los nuevos sistemas y/o equipos. f) Elaborar planos del nuevo diseño. g) Realizar un análisis económico para el rediseño propuesto.

## MARCO TEÓRICO

Los antecedentes son un referente y un ejemplo para analizar y desarrollar nuestro tema de investigación, a continuación, se muestra una síntesis de trabajos previos relacionados con el diseño de plantas de agregados de la construcción.

(Guerrero 2019), en su tesis para obtener el título de ingeniero mecánico electricista en la universidad Cesar Vallejo filial - Chiclayo "Diseño de trituradora 10 ton/ h para incrementar producción de agregados en la empresa Jubrisa E.I.R.L- Pucara - Jaén" explica como incrementa la producción de agregados con el uso de una trituradora de mayor capacidad en una empresa. Para calcular la capacidad de trituración requerida, determinó la pérdida que tenía su empresa con una trituradora de 7 tn/hr, optando por hacer un historial de producción de los últimos años tomando en cuenta: las toneladas perdidas por cliente, las toneladas producidas por la empresa, las horas trabajadas (horas de producción) y las horas paradas (horas no producidas). Para calcular la capacidad requerida el autor tomó en cuenta el historial de ventas de una década atrás. El cálculo mostro que el material requerido no es suficiente comparado con el material producido. Por lo tanto, la empresa necesitaba una trituradora de mayor capacidad de 10 tn/hr. Con los datos obtenidos logró precisar que en la actualidad la empresa necesita una trituradora de mayor capacidad.

(Gamonal 2017), en su tesis para obtener el título de ingeniero mecánico electricista en la universidad señor de Sipán - Pimentel. "Diseño de una máquina chancadora de piedra de 40 tn/hr, para la producción de agregado de construcción en la empresa HPM ubicada en el distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque" como objetivo general diseñar una máquina chancadora de piedra de 40 tn/hr para la producción de agregado de construcción de acuerdo a la normatividad vigente. nos muestra los lineamientos que utilizó para diseñar una maquina chancadora de piedra que produzca 40tn/h de agregados en una empresa. Para diseñar esta máquina el autor realizó en primer lugar un diseño de detalle, donde muestra los principales elementos que conforman la chancadora y la función que tiene cada uno utilizando un software especializado de diseño

mecánico, calculo los esfuerzos de la estructura y los que actúan sobre ella, la potencia que requiere para producir lo proyectado; seleccionó los materiales que conforman la chancadora que hacen que el proceso sea más eficiente siguiendo las normas ISO y ASTM. Mediante su cálculo determinó que el material que utilizó para las mandíbulas fue hierro colado y que para obtener esa capacidad de producción, necesitó una potencia de 75kw.

(Naves 2015), en su tesis explica la forma como configura el circuito de un proceso de trituración para que con esa dinámica aumente la producción. Para aumentar la producción del circuito el autor analizó la estructura, el funcionamiento, la capacidad de producción y la capacidad de carga de cada componente, utilizó para ello las fichas técnicas y los datos históricos de las instalaciones. De esta manera analizó que había equipos y componentes que tenían que remplazarse, ya que no cumplían con el funcionamiento requerido.

Mediante su análisis y su cálculo el autor configuró el circuito utilizando nuevos componentes que lograron aumentar la capacidad de producción de 270 TMSD (toneladas por día) a 500 TMSD, debido a que los equipos reemplazados responden mejor a las necesidades de operaciones.

(Ortiz y tirado, 2005) en su trabajo de grado para optar al título de Ingeniero mecánico, en la Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga. “Diseño y construcción de una trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada” detalla el procedimiento del cálculo matemático para diseñar trituradora de excéntrica elevada, concluyendo al momento de hacer las pruebas prácticas de capacidad que produce 24% más de lo que se calculó en su diseño. Recomienda que se haga un análisis de vibraciones para verificar específicamente el comportamiento de la maquina durante su funcionamiento.

Los enfoques conceptuales nos ayudan a entender todo el panorama de nuestra investigación, por ello a continuación presento una síntesis de conceptos relacionados con el proceso de trituración y selección.

Trituradora de mandíbulas

## **Diseño de trituradoras de mandíbula**

Las trituradoras de mandíbula están diseñadas para impartir un impacto en una partícula de roca colocada entre un objeto fijo y una placa móvil (mandíbula). Las caras de las placas están hechas de acero templado. Ambas placas pueden ser plana o la placa fija plana y la placa móvil convexa. Las superficies de ambas placas podrían ser simple o corrugado. La placa móvil aplica la fuerza del impacto sobre las partículas sostenidas contra la placa estacionaria. Ambas placas están atornilladas a un bloque pesado. La placa móvil gira en el extremo superior (trituradora Blake) o en el extremo inferior (trituradora tipo Dodge) y conectado a un eje excéntrico. En las trituradoras universales, las placas se giran en el medio para que tanto la parte superior y los extremos inferiores se pueden mover (Gupta & Yan, 2016).

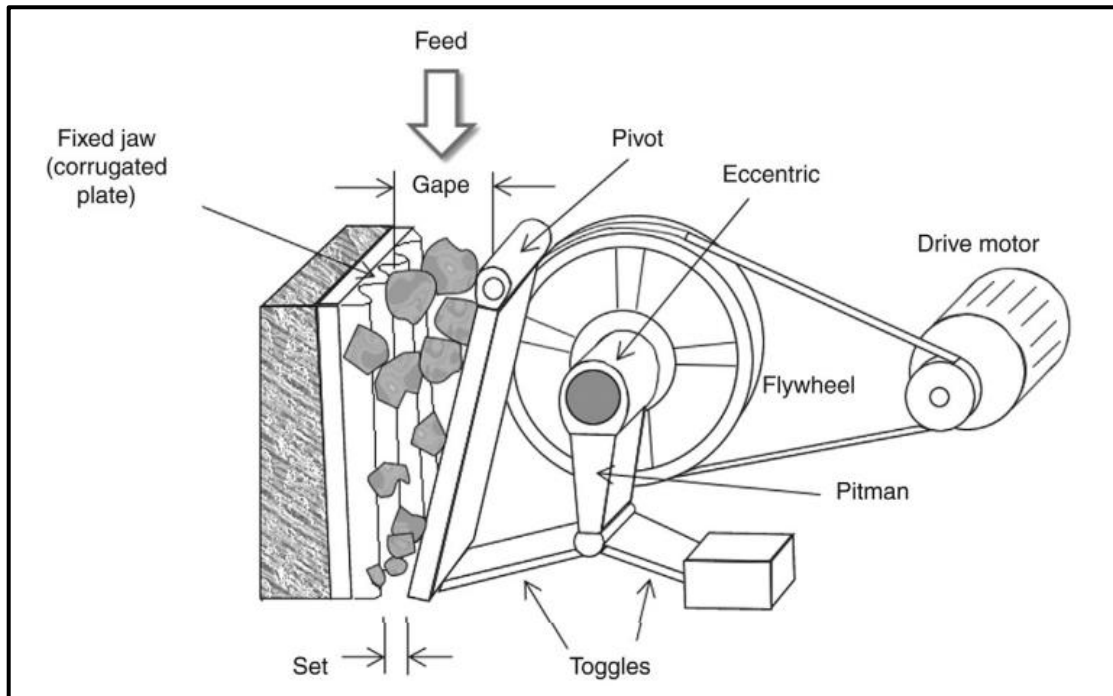
### **Las trituradoras Blake:**

son unidades de palanca simples o dobles. La función de la(s) palanca(s) es mover la mandíbula pivotante. La acción de recuperación de la mordaza desde el extremo más lejano de su recorrido es por resortes para trituradoras pequeñas. A medida que la acción recíproca elimina el moviendo la mandíbula lejos de la mandíbula fija, las partículas de roca rotas se deslizan hacia abajo, pero son atrapadas nuevamente en el siguiente movimiento de la mandíbula oscilante y aplastado. Este proceso se repite hasta que los tamaños de las partículas son más pequeños que la abertura más pequeña entre las placas trituradoras en la parte inferior de la trituradora (el conjunto cerrado). Para una suave acción recíproca de las mordazas móviles, se utilizan volantes pesados en ambos tipos de trituradoras (Gupta & Yan, 2016).



**Figura 2:**

*Trituradora de mandíbula de palanca doble (Double-Toggle).*

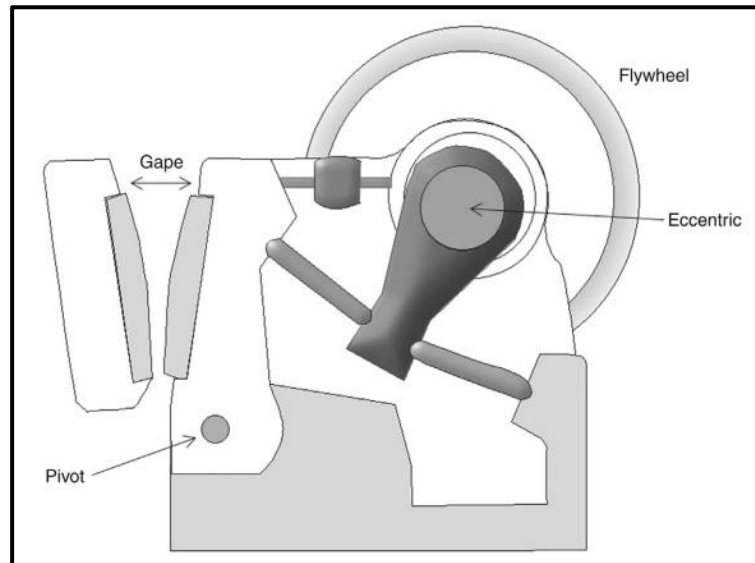


*Nota:* Tomado de Gupta, A., & Yan, D. S. (2016). Mineral processing design and operations: an introduction. Elsevier.

La Figura 2 muestra un esquema de una trituradora Blake operada por palancas dobles. Estos se utilizan comúnmente como trituradoras primarias en la industria minera. La talla de la abertura de alimentación se denomina gape. La abertura en el extremo de descarga de las mordazas es denominado conjunto (Gupta & Yan, 2016).

### Figura 3:

*Trituradora de mandíbula Dodge.*



*Nota:* Tomado de Gupta, A., & Yan, D. S. (2016). Mineral processing design and operations: an introduction. Elsevier.

La Figura 3 es un esquema de una trituradora tipo Dodge. Son comparativamente más bajas en capacidad, que las trituradoras Blake y se usan más comúnmente en laboratorios (Gupta & Yan, 2016).

**Los factores de importancia en el diseño del tamaño de las trituradoras primarias, como una trituradora de mandíbula, son:**

$$\text{Altura vertical de la trituradora} = 2x\text{Gape} \quad (1)$$

$$\text{Ancho de mandíbula} > 1.3x\text{Gape}, < 3.0x\text{Gape} \quad (2)$$

$$\text{Desplazamiento} = 0.0502(\text{Gape})^{0.85} \quad (3)$$

Donde la abertura de la trituradora está en metros. Estas dimensiones varían ya que los fabricantes individuales tienen sus propias especificaciones y sus catálogos son una buena guía para la geometría y el diseño de marcas individuales (Gupta & Yan, 2016).

## Tamaños de trituradoras y potencias nominales

Para dimensionar una trituradora y accesorios para operaciones de circuito abierto, las Ecuaciones (1) y (3) son útil como primera aproximación. A partir de las ecuaciones, se puede ver que una vez que el boquete tiene un valor asignado el resto de las dimensiones siguen. Para dimensionar la abertura, la partícula más grande que se considera cobrado y se aplica la siguiente relación (Gupta & Yan, 2016):

$$\text{Tamaño de partícula más grande} = \times 0,9 \text{ Gape} \quad (4)$$

El tamaño de partícula más grande generalmente se determina por el patrón de explosión en el pozo o el tamaño de palas y volquetes utilizados para transportar el mineral de las minas. Así, como regla general, el tamaño de la brecha sería 1,1 veces el tamaño más grande de los minerales en terrones que se van a cobrar aplastante (Gupta & Yan, 2016).

**Tabla 1**

*Rendimiento de la trituradora de mandíbula*

Crusher Type	Size (mm)				Reduction Ratio		Power (kW)		Toggle Speed (rpm)	
	Gape (mm)		Width (mm)		Range	Average	Min	Max	Min	Max
	Min	Max	Min	Max						
Blake, double toggle	125	1600	150	2100	4:1/9:1	7:1	2.25	225	100	300
Single toggle	125	1600	150	2100	4:1/9:1	7:1	2.25	400	120	300
Dodge	100	280	150	28	4:1/9:1	7:1	2.25	11	250	300

*Nota:* Tomado de Gupta, A., & Yan, D. S. (2016). Mineral processing design and operations: an introduction. Elsevier.

Estas relaciones son, a su vez, útiles para dimensionar la apertura de las pantallas de reventa que se colocan en el flujo de mineral antes de la trituradora. El propósito de las pantallas de scalping, también llamadas grizzly cribas, es rechazar terrones de mineral mayores que el tamaño de la abertura. Colocación de scalping pantallas da como resultado un funcionamiento suave e ininterrumpido del circuito

y también evita cualquier daño a la trituradora por grumos extragrandes (Gupta & Yan, 2016).

## **Operación de la trituradora de mandíbula**

### **Funciones operativas**

El mineral o roca se alimenta a la trituradora donde las mandíbulas están más separadas, es decir, al máximo apertura o bostezo. Cuando las mandíbulas se juntan, el mineral se tritura en tamaños más pequeños y se desliza abajo de la cavidad. En el golpe de retorno, se experimenta una mayor reducción de tamaño y el mineral se mueve hacia abajo más. El proceso se repite hasta que las partículas tienen un tamaño menor que el fondo. Apertura o conjunto pasan a través como producto.

La regla general aplicable para operar una trituradora de mandíbula con respecto a sus características de diseño se puede resumir de la siguiente manera (Gupta & Yan, 2016):

- Tamaño de alimentación =  $0,8-0,9 \times G$  (Apertura)
- Relación de reducción,  $R = 1:4$  a  $1:7$
- Lanzamiento,  $LT = 1-7$  cm
- Velocidad =  $100-359$  rpm
- Frecuencia de carrera,  $v = 100-300$  ciclos por minuto
- Longitud de carrera =  $0.0502 \times G^{0.85}$

## **Estimación de la capacidad de la trituradora de mandíbulas**

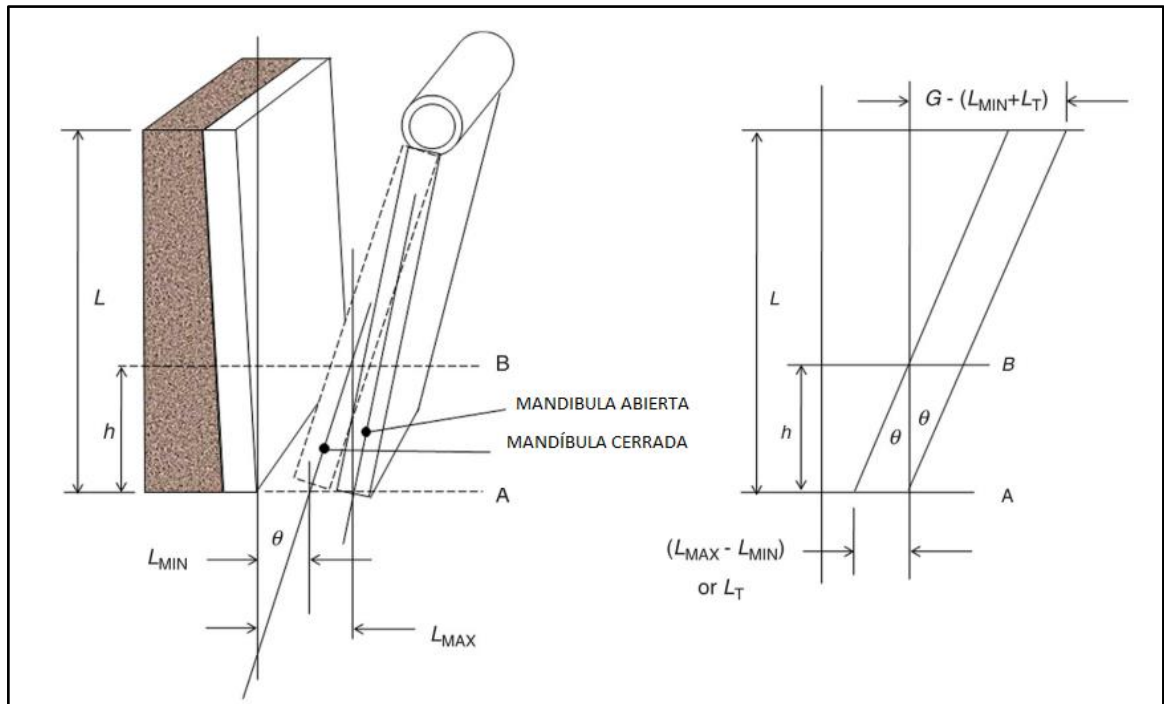
### **Método Rose and English:**

Rose and English determinaron la capacidad de una trituradora de mandíbulas teniendo en cuenta el tiempo y la distancia recorrida por las partículas entre las dos placas tras ser sometidas a fuerzas de trituración repetidas entre las mandíbulas. Por lo tanto, las partículas secas encajadas entre el nivel A y el nivel B saldrían de la trituradora en el siguiente movimiento inverso de la mandíbula. El tamaño máximo de la partícula que sale de la trituradora ( $d_{MAX}$ ) vendrá determinado por la

distancia máxima establecida en la parte inferior entre las dos placas ( $L_{MAX}$ ) (Gupta & Yan, 2016).

**Figura 4**

*Geometría de funcionamiento de la trituradora de mandíbula.*



*Nota: Tomado de Mineral Processing Design and Operations (2016)*

La velocidad de paso de las partículas entre las mandíbulas dependería de la frecuencia de inversión de la mandíbula móvil.

La distancia,  $h$ , entre A y B es igual a la distancia que caería la partícula durante la mitad de un ciclo de la trituradora excéntrica, siempre que la frecuencia del ciclo permita suficiente tiempo para que la partícula lo haga. Si  $v$  es el número de ciclos por minuto, entonces el tiempo para un ciclo completo es  $[60/v]$  segundos y el tiempo para medio ciclo es  $[60/2v]$ . Por lo tanto,  $h$ , la mayor distancia a través de que los fragmentos caerían libremente durante este período, será (Gupta & Yan, 2016):

$$h = 1/2 g(30/v)^2 = 4414.50/v^2 (m) \quad (5)$$

Donde:

$g = 9.81/s^2$  Aceleración de la gravedad

De este modo

$$v = 66.4/h^{0.5} \quad (6)$$

Entonces, para que una partícula fragmentada caiga una distancia  $h$  en la trituradora, la frecuencia debe ser menor que el dado por la Ecuación (6). La distancia  $h$  se puede expresar en términos de  $(L_{MIN})$ . y  $(L_{MAX})$ ., siempre que se conozca el ángulo entre las mordazas,  $\theta$ . De la Figura 4, se puede ver eso (Gupta & Yan, 2016).

$$\tan\theta = \frac{(L_{MAX}-L_{MIN})}{h} \quad (7)$$

o

$$h = \frac{(L_{MAX}-L_{MIN})}{\tan\theta} \quad (8)$$

De ello se deduce que  $h$  puede disminuirse estrechando la diferencia entre el máximo y aperturas mínimas del conjunto y también aumentando el ángulo  $\theta$  entre las mordazas. Rose y English observaron que, con el aumento de la frecuencia del movimiento de palanca, la producción aumentó hasta cierto valor, pero disminuyó con un mayor aumento en la frecuencia. Durante movimientos y frecuencias mandibulares comparativamente más lentos, Rose e English derivaron la capacidad,  $Q_S$ , como (Gupta & Yan, 2016):

$$Q_S = 60L_T v W (2L_{Min} + L_T) \left( \frac{R}{R-1} \right) \quad (9)$$

Donde:

$L_T =$  Lanzamiento

$v =$  Frecuencia (ciclos/min)

$W =$  Anchura de las placas de la mandíbula(m)

$L_{MIN} =$  Conjunto cerrado

$R =$  Relacion de reduccion de la maquina

$Q_S$  = capacidad (frecuencia lenta) en términos de volumen de producto material por hora

La ecuación (9) indica que la capacidad,  $Q_S$ , es directamente proporcional a la frecuencia. Con un movimiento más rápido de las mordazas donde la partícula no puede caer la distancia completa,  $h$ , durante el medio ciclo, se encontró que  $Q_F$  es inversamente proporcional a la frecuencia y podría expresarse por la relación (Gupta & Yan, 2016):

$$Q_F = 132435W(2L_{Min} + L_T) \left(\frac{1}{v}\right) \quad (10)$$

Donde:

$Q_F$  = Capacidad (frecuencia rápida) en términos de volumen de producto material por hora

La relación entre la frecuencia de operación y la capacidad de la trituradora de mandíbula se puede ver en la Figura 5, Esta figura se traza para valores de

$L_T = 0.228(m)$ ,  $W = 1.2(m)$ ,  $L_{MIN} = 0.10(m)$ ,  $R = 10$ ,  $G = 1$  y el valor de  $v$  varió entre 50 y 300 rpm.

La figura 5 indica que, bajo las condiciones de operación, 93 ciclos/min es el valor crítico frecuencia más allá de la cual la productividad disminuye. La frecuencia crítica de la trituradora,  $v_C$ , se da como (Gupta & Yan, 2016):

$$v_C = 47 \frac{1}{(L_T)^{0.5}} \left(\frac{R-1}{R}\right)^{0.5} \quad (11)$$

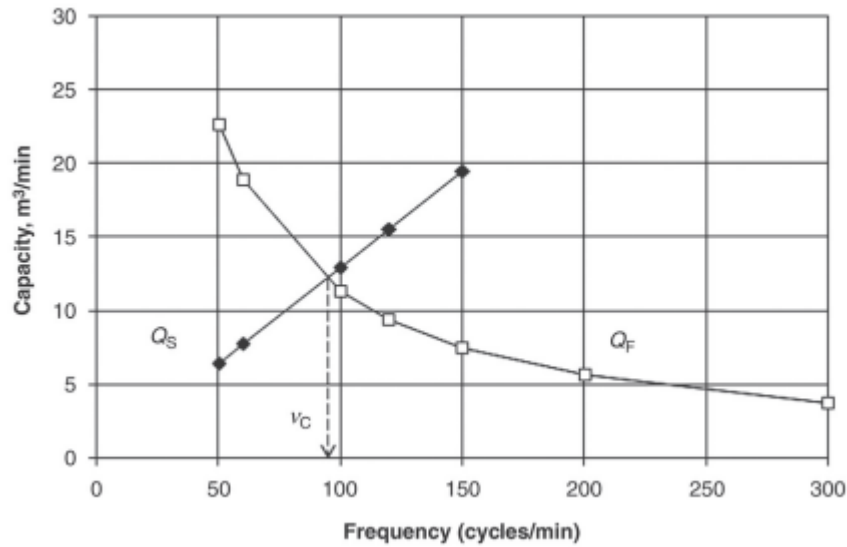
A esta frecuencia crítica, la capacidad máxima viene dada por:

$$Q_M = 60WL_T(2L_{Min} + L_T) \left(\frac{R}{R-1}\right) 47 \frac{1}{(L_T)^{0.5}} \left(\frac{R-1}{R}\right)^{0.5} \quad (12)$$

$$Q_M = 2820WL_T^{0.5}(2L_{Min} + L_T) \left(\frac{R}{R-1}\right)^{0.5} \quad (13)$$

**Figura 5**

### Cambio de capacidad con frecuencia de la placa de mordaza



Tomado de Gupta, A., & Yan, D. S. (2016). Mineral processing design and operations and introduction.

Cabe señalar que, al considerar las tasas de volumen, no se tuvo en cuenta el cambio de densidad aparente del material o el vacío fraccional. Sin embargo, durante la operación de trituración, la densidad aparente del mineral cambia a medida que pasa por la trituradora. La extensión del cambio depende de

1. La distribución del tamaño de la alimentación,
2. Las características de descomposición que podrían ser diferentes para duro, frágil y minerales friables
3. Las características del embalaje,
4. La densidad inicial del mineral,
5. Características superficiales de las partículas.

Rose e English definieron las características de empaquetamiento,  $P_K$ , como el cociente de la diferencia de tamaños máximo ( $d_{MAX}$ ) y mínimo ( $d_{MIN}$ ) de la alimentación al tamaño medio de la alimentación ( $d_{MEAN}$ ) (Gupta & Yan, 2016):

$$P_K = \left( \frac{d_{MAX} - d_{MIN}}{d_{MEAN}} \right) \quad (14)$$



$P_K$  se considera una función de distribución de tamaño y está relacionada con la capacidad mediante alguna función  $f(P_K)$ . A medida que las partículas disminuyen de tamaño, mientras se trituran repetidamente entre las mordazas, aumenta la cantidad de material descargado para un conjunto dado. Rose e English relacionaron esto con la apertura establecida y el tamaño medio de las partículas que se descargaron. Definiendo esta relación como  $\beta$  se puede escribir como (Gupta & Yan, 2016):

$$\beta = \frac{\text{conjunto}}{\text{tamaño medio de alimetacion}} \quad (15)$$

Entonces, la capacidad depende de alguna función que puede escribirse como  $f(\beta)$ . ecuaciones (14) y (15), por lo tanto, deben incorporarse en la ecuación de capacidad. Expresando capacidad como masa de producto triturado producido por unidad de tiempo, la capacidad se puede escribir como (Gupta & Yan, 2016):

$$\text{Capacidad} = (\text{Vol. salida por unidad de tiempo})\rho_S f(P_K) f(\beta) S_C \quad (16)$$

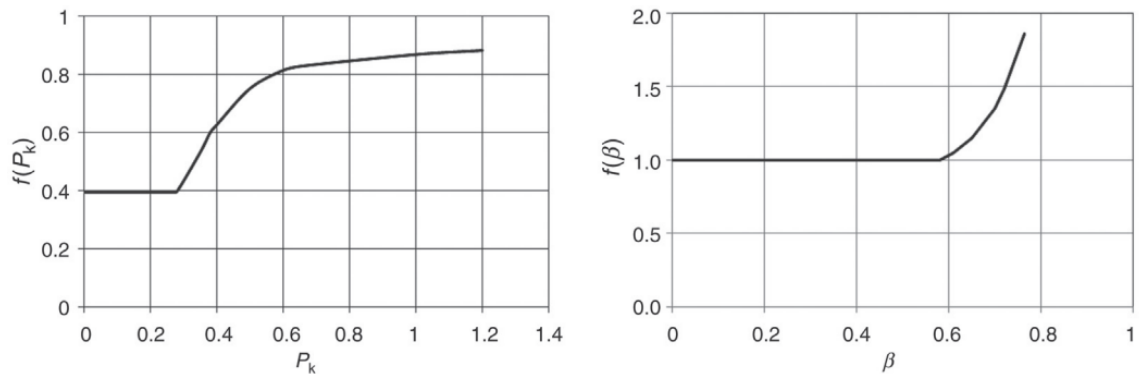
donde  $S_C$  denota un parámetro relacionado con las características de la superficie y  $\rho_S$  es la densidad del mineral Combinando la Ecuación (13) con la Ecuación (16), la capacidad máxima,  $Q_M$ , de la trituradora será (Gupta & Yan, 2016):

$$Q_M = 2820 L_T^{0.5} W (2L_{Min} + L_T) \left( \frac{R}{R-1} \right)^{0.5} \rho_S f(P_K) f(\beta) S_C (t/h) \quad (17)$$

La densidad aparente del relleno dependerá de la distribución del tamaño de las partículas. La relación entre  $P_K$  y  $f(P_K)$  y  $\beta$  y  $f(\beta)$  se muestra en la Figura 6. Se basa en un máximo posible densidad aparente del 40% (Gupta & Yan, 2016).

**Figura 6:**

Relación entre  $P_K$ ,  $f(P_K)$ ,  $\beta$  y  $f(\beta)$ .



Tomado: *Mineral Processing Design and Operations*

Como el tamaño del conjunto cerrado debe ser menor que el tamaño de alimentación,  $f(\beta)$  puede tomarse como igual a 1 para propósitos prácticos. La capacidad máxima de producción puede alcanzarse teóricamente en la velocidad crítica de oscilación de la mordaza móvil. Para las velocidades reales de la trituradora, la capacidad real de la trituradora viene dada por (Gupta & Yan, 2016):

$$Q_A = Q_M \frac{v}{v_c} \quad (18)$$

para  $v < v_c$

y

$$Q_A = Q_M \frac{v_c}{v} \quad (19)$$

para  $v > v_c$

### Estimación del consumo de energía

Varios trabajos han tratado de desarrollar expresiones teóricas para estimar el consumo de energía de una trituradora de mandíbula. En la mayoría de los casos, estos valores derivados son, en el mejor de los casos, aproximaciones. Los métodos más utilizados para estimar el consumo de energía que se encuentra que dan resultados satisfactorios (Gupta & Yan, 2016).

## Método Rose e Inglés

La expresión para calcular el consumo de energía (P) derivada teóricamente por Rose e English implicó el conocimiento del índice de trabajo de Bond ( $W_i$ ). Para evaluar el índice de trabajo consideraron el tamaño máximo en la alimentación y también el tamaño máximo de partículas en la descarga de la trituradora. Para determinar el tamaño por el que pasó el 80% del alimento, consideró una gran base de datos relacionando el tamaño máximo de partícula y el tamaño inferior. Desde la relación se concluyó que  $F_{80}$  era aproximadamente igual a 0.7 veces el tamaño más grande de partícula. Tomando el tamaño más grande de la partícula que se debe cargar a una trituradora de mandíbula como 0.9 veces la abertura,  $F_{80}$  se escribió como (Gupta & Yan, 2016):

$$F_{80} = 0.9 * G * 0.7 * 10^6 = 6.3 * 10^5 G (\mu m) \quad (39)$$

Donde el boquiabierto, G, está en metros.

Además, para establecer el  $P_{80}$  a partir del tamaño de producto más grande, Rose e English consideraron que el tamaño de partícula más grande descargado desde el fondo de la trituradora ocurriría en la máxima posición del conjunto abierto y por lo tanto (Gupta & Yan, 2016):

$$P_{80} = 0.7(L_{MIN} + L_T)10^6 = 7.0 * 10^5(L_{MIN} + L_T)(\mu m) \quad (40)$$

Donde tanto  $L_{MIN}$  como  $L_T$  están en metros. Habiendo estimado  $F_{80}$  y  $P_{80}$ , la potencia requerida se expresó en términos del índice trabajo de Bond como (Gupta & Yan, 2016):

$$\text{Power} = W_i Q 10 \left( \frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right) KW \quad (41)$$

donde

Q = la capacidad en t/h

$W_i$  = es el índice de trabajo en kWh/t y

$P_{80}$  y  $F_{80}$  están en micrómetros

Las ecuaciones (39) y (40) se pueden usar para reemplazar  $P_{80}$  y  $F_{80}$  en la ecuación (4.49) para dar la potencia extraída en términos de las dimensiones de la trituradora de abertura, conjunto cerrado y tiro (Gupta & Yan, 2016):

$$\text{Power} = W_i Q 10 \left( \frac{1}{\sqrt{700000(L_{MIN}+L_T)}} - \frac{1}{\sqrt{630000G}} \right) \quad (42)$$

Simplificando la Ecuación (42), la potencia requerida para una trituradora de mandíbula sería:

$$\text{Power} = 0.01195 W_i Q \left( \frac{\sqrt{G} - 1.054 \sqrt{(L_{MIN}+L_T)}}{\sqrt{G} \sqrt{(L_{MIN}+L_T)}} \right) KW/h \quad (43)$$

Para operar una trituradora de mandíbula es necesario conocer la potencia máxima requerida constantemente con la relación de reducción y los ajustes de abertura y lado cerrado. La potencia máxima absorbida del sistema ocurrirá a la velocidad crítica. Así, para la potencia máxima,  $Q$  en la Ecuación (43) es reemplazado con  $QM$  de la Ecuación (17) para dar (Gupta & Yan, 2016):

$$P_{MAX} = 67.4 W W_i L_T^{0.5} \left( L_{MIN} + \frac{L_T}{2} \right) \left( \frac{R}{R-1} \right)^{0.5} \rho_S \left( \frac{\sqrt{G} - 1.054 \sqrt{(L_{MIN}+L_T)}}{\sqrt{G} \sqrt{(L_{MIN}+L_T)}} \right) f(P_K) f(\beta) S_C \quad (44)$$

### **Velocidad operativa crítica**

El análisis teórico de Horsham indicó que la tasa de volumen de producción por hora era directamente proporcional a la frecuencia de operación de la placa móvil. También a velocidades de exceso de un valor crítico el rendimiento disminuye como se muestra en la Figura 5 (Gupta & Yan, 2016).

Para estimar la velocidad crítica de operación, se requiere determinar el tiempo y la distancia viajado a la velocidad de operación de la palanca correspondiente a la producción máxima velocidad. Con referencia a la Figura 4 y asumiendo que las partículas caerán libremente en la cámara de trituración durante el tiempo que la palanca retrocede desde la posición de trituración y comienza su regreso a la posición de trituración el ciclo de trituración, podemos determinar tanto el tiempo

como la distancia necesaria para viajar durante la frecuencia máxima de operación (Gupta & Yan, 2016).

Para determinar esta distancia suponga que las partículas viajaron libremente debido a la gravedad durante el tiempo tomado para que la palanca haga medio ciclo entre compactaciones sucesivas. Asumámoslo que viaja a través de una distancia  $h$  y la trituradora se establece en  $L_{MIN}$  con abertura  $G$  y ángulo  $\theta$  entre las mandíbulas, luego de la Figura 4 (Gupta & Yan, 2016).

$$\tan\theta = \left[ \frac{G - (L_{MIN} + L_T)}{L} \right] \quad (45)$$

Además

$$\tan\theta = \frac{L_T}{h} \quad (46)$$

Por lo tanto

$$\frac{L_T}{h} = \left[ \frac{G - (L_{MIN} + L_T)}{2G} \right] \quad (47)$$

donde  $L \approx 2G$  de la Ecuación (1) o

$$h = \left[ \frac{2G}{G - (L_{MIN} + L_T)} \right] L_T \quad (48)$$

De las leyes de la dinámica, la distancia  $h$  recorrida por las partículas por gravedad desde una posición de reposo en el tiempo  $t$  viene dada por (Gupta & Yan, 2016):

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (49)$$

Además, el tiempo  $t$  que se tarda en recorrer la distancia  $h$  es igual al tiempo que se tarda en recorrer medio ciclo, y

$$t = 30/v \quad (50)$$

Por eso,

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g \left( \frac{30}{v} \right)^2 = \frac{0.5 \times 9.81 \times 900}{v^2} = \frac{4414.5}{v^2} \quad (51)$$

Igualando las Ecuaciones (48) y (51) y reemplazando  $v$  por la frecuencia crítica  $v^2$ , tenemos:

$$\frac{4414.5}{v^2} = \left[ \frac{2G}{G - (L_{MIN} + L_T)} \right] L_T \quad (52)$$

Reemplazando  $G$  por igual a  $RL_{MIN}$  y simplificando la Ecuación (52)

$$v_C^2 = 4414.5 \left[ \frac{RL_{MIN} - L_{MIN} - L_T}{2RL_{MIN}} \right] \frac{1}{L_T} \quad (53)$$

De acuerdo con la Ecuación (2),  $L_T = 0.0502G^{0.85}$ . Sustituyendo este valor de  $L_T$  en la ecuación (53) y despreciando el término cuadrado

$$v_C = 47L_T^{-0.5} \left( \frac{R-1}{R} \right)^{0.5} \quad (54)$$

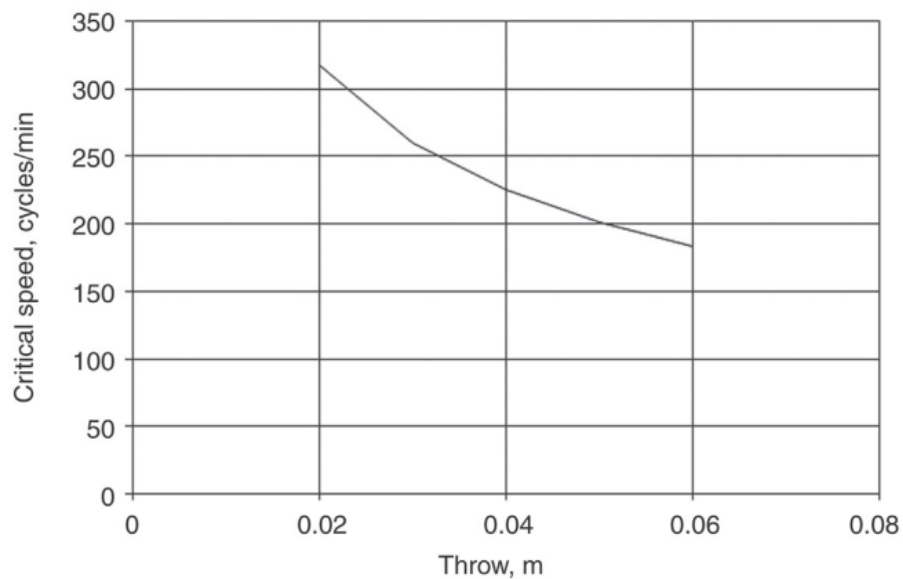
La ecuación (54) muestra:

1. A una relación de reducción constante, un aumento en el alcance disminuye la velocidad crítica.
2. Con un aumento en la relación de reducción, la trituradora podría funcionar a velocidades más altas.

La figura 10 ilustra el efecto de aumentar el alcance entre 0,01 y 0,06 m en la velocidad crítica. El gráfico cubre el rango de tiro normalmente utilizado en la práctica. Figura 11

**Figura 7:**

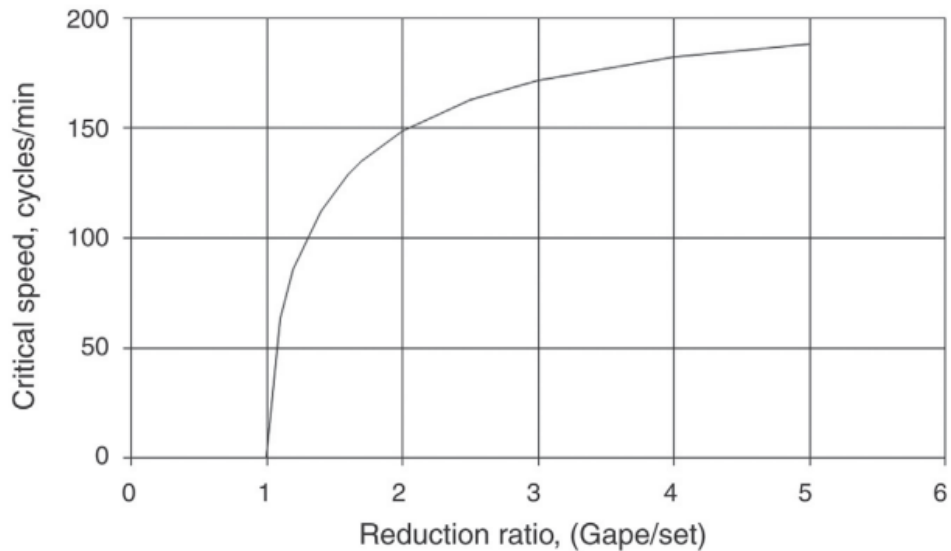
*Relación entre lanzamiento y velocidad crítica ( $L_T = 0.05m$ )*



*Tomado: Mineral Processing Design and operations*

**Figura 8:**

Relación entre Ratio de Reducción y Velocidad Crítica ( $R = 12$ )



Tomado: *Mineral Processing Design and operations*

Ilustra que, en las relaciones de reducción más altas, los cambios en la velocidad crítica pueden no ser muy significativos durante el funcionamiento de una trituradora (Gupta & Yan, 2016).

Se ha encontrado que la velocidad crítica calculada mediante el uso de la Ecuación (54) produce un rendimiento ligeramente menor a los valores cuando la abertura es demasiado pequeña o grande. Rose y English y Kelly y Spottiswood afirmaron que los fabricantes recomiendan que las trituradoras se operen a velocidades óptimas dadas por la relación (Gupta & Yan, 2016):

$$v_{OPT} = 280 \exp(-0.212G^3) \pm 20\% \quad (55)$$

**Flujo volumétrico:**

El caudal volumétrico, también denominado caudal real, es un volumen de medio que se mueve por unidad de tiempo. Las unidades comunes para el flujo volumétrico son m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/min, CFM o ACFM. El volumen es una sustancia que ocupa un espacio tridimensional. Cuando el volumen es un gas, éste se expandirá o encogerá con las diferencias de temperatura y/o presión. Al aumentar la temperatura, el espacio ocupado por el volumen aumentará. Cuando la presión

aumenta, el volumen disminuirá. Por lo tanto, al medir el flujo volumétrico, hay que tener en cuenta la temperatura y la presión del gas.

### **Flujo de masa:**

El flujo de masa es la medida de una masa que se mueve por unidad de tiempo. Esta masa está representada por el número de moléculas de una sustancia. La masa de un gas no varía con los cambios de temperatura y presión, el peso sigue siendo el mismo. El caudal másico puede expresarse, por ejemplo, en **kg/h** y **lb/min**. Las unidades de medida del gas se calculan en metros cúbicos estándar por hora (**m<sup>3</sup>n/h**) o pies cúbicos estándar por minuto (**SCFM**). Consulte este artículo para obtener más información sobre el caudal másico y los cálculos.

### **Transmisión Simple**

Cuando un mecanismo se transmite directamente entre dos ejes (motriz y conducido), se trata de un sistema de transmisión simple.

Si se consideran dos poleas de diámetros  $d_1$  y  $d_2$  que giran a una velocidad  $n_1$  y  $n_2$  respectivamente, tal y como se indica en la figura, al estar ambas poleas unidas entre sí por medio de una correa, las dos recorrerán el mismo arco, en el mismo periodo de tiempo.

$$d_1 * n_1 = d_2 * n_2 \quad (56)$$

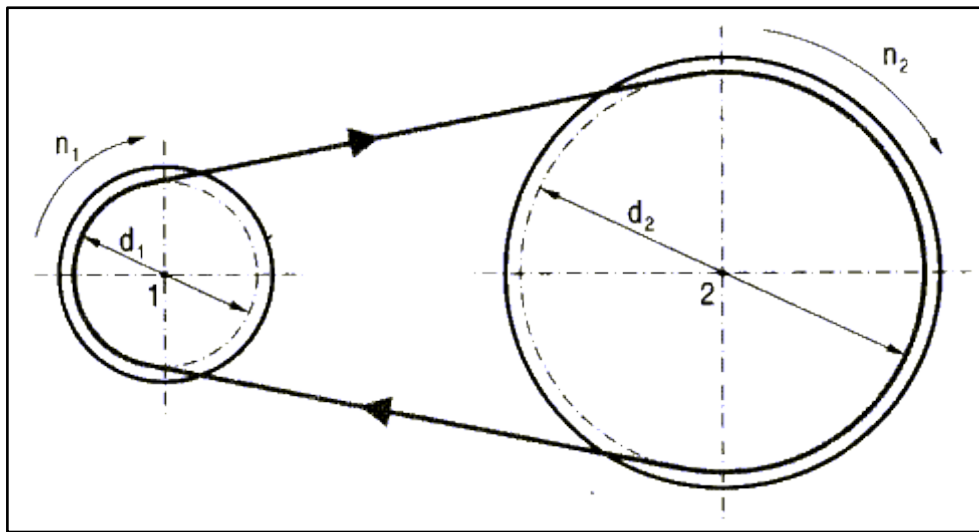
De donde se deduce que los diámetros son inversamente proporcionales a las velocidades de giro y, por tanto, para que el mecanismo actúe como reductor de velocidad, la polea motriz ha de ser de menor diámetro que la polea conducida. En caso contrario actuará como mecanismo multiplicador.

El sentido de giro de ambos ejes es el mismo.



**Figura 9:**

*Relación de transmisión por faja*



## **II. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación.**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que desarrollaremos en el siguiente trabajo de investigación será el de tipo aplicada, ya que utilizaremos diferentes conceptos, teorías, metodologías, protocolos y tecnologías que ya fueron desarrolladas; por lo tanto, serán aplicadas en el rediseño de la planta de agregados de construcción de la empresa Agregados Jara.

#### **3.1.2. Diseño de investigación**

El diseño de investigación en este trabajo de investigación será no experimental, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables; lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos (Roberto & Carlos, 2007).

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **3.2.1. Variable independiente**

Rediseño de la planta de agregados de la construcción

#### **3.2.2. Variable dependiente**

Aumento de la producción

### 3.3. Población y muestra

**Población:** Se selecciono como población en este trabajo de investigación las plantas de agregados de construcción existentes en provincia de Sánchez Carrión.

**Muestra:** En el presente trabajo de investigación se tomó como muestra a la planta de agregados de construcción de la empresa Agregados Jara.

**Muestreo:** Para el siguiente proyecto de investigación se utilizará un muestreo no probabilístico intencional debido a que se está eligiendo quien formará la muestra.

**Unidad de análisis:** Planta de agregados de la construcción

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En cuanto a las técnicas planteadas a usarse en el presente trabajo de investigación son:

La técnica de observación, debido a que en primer lugar se hará una inspección visual para obtener el resultado de cómo se encuentran los equipos de la planta de agregados en la actualidad y donde se realizará las mediciones ya existentes con el fin determinar el rediseño de la planta de agregados, validado por el asesor especialista.

La otra técnica sería análisis documental: manuales técnicos de los equipos de la empresa Agregados Jara, como instrumento obtendremos las guías de registros de fallas, dependerá como se encuentren los equipos de la planta para realizar su mejora de proceso de producción.

También se utilizó la técnica de entrevista y como su instrumento la ficha de entrevista donde se recopiló los datos que ayudaran a la dirección del rediseño.

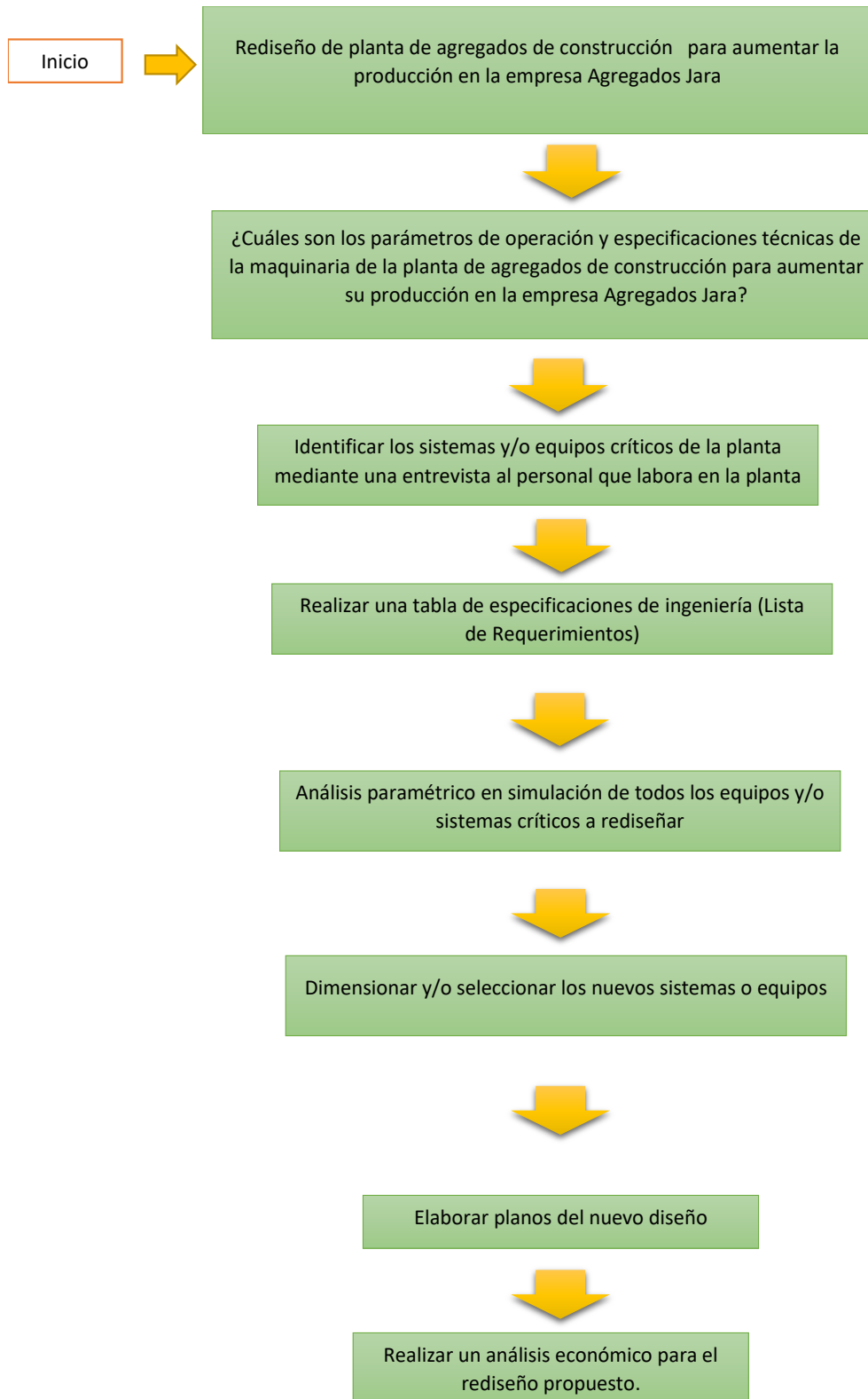
**Tabla 2***Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>VALIDACIÓN</b>
<b>ANÁLISIS DOCUMENTAL</b> Manuales técnicos de la planta de agregados Jara	Guía de investigación o registro	Asesor especialista
<b>OBSERVACIÓN</b>	Guía de observación	Asesor especialista
<b>ENTREVISTA</b> a los empleados de la planta de agregados Jara	Ficha de entrevista	Asesor especialista

### 3.5. Procedimientos

Figura 10:

*Diagrama de flujo de procedimiento del proyecto*



### **3.6. Método de análisis de datos**

Con el Rediseño de la planta de agregados de la construcción se busca aumentar la producción en la empresa Agregados Jara, en este rediseño se aplicaran las fórmulas existentes de la ingeniería mecánica eléctrica, mediante los resultados de las encuestas obtendremos la información y datos necesarios para el adecuado rediseño de la planta, también se utilizó el programa MATLAB para realizar el análisis paramétrico de las partes y equipos críticos para proceder a su dimensionamiento y posterior selección, el programa Excel para brindar un reporte de los gastos totales para la implementación en el futuro.

### **3.7. Aspectos éticos**

El autor del presente trabajo se compromete a trabajar con ética utilizando datos verdaderos siempre citando a las fuentes originales, no haciendo plagio y utilizando la información de forma respetuosa.

### III. RESULTADOS:

#### Recopilación de datos técnicos y económicos de la empresa

Siguiendo los objetivos plasmados en el capítulo II de este trabajo, se ha realizado 5 entrevistas al personal que la labora en la empresa Agregados Jara. Para las entrevistas se usaron las preguntas del modelo vacío que se encuentra en el Anexo 1 y con más detalle se presentan las entrevistas escaneadas en el Anexo2. Los resultados de estas entrevistas se encuentran resumidas en la Tabla 2, donde la primera columna contiene todas las preguntas realizadas a cada uno de los entrevistados, empezando por al gerente, el controlador, el operador de retroexcavadora, el operario de planta y finalmente al ayudante de planta.

#### **Columna 2: Equipos que más fallan en la planta**

Las fallas más mencionadas en las entrevistas se listan a continuación en orden de importancia:

1. Saturación de canal de alimentación de chancadora
2. Atascamiento de Chancadora
3. Desoldado de la base de canales de descarga de zaranda Vibratoria
4. Motobomba

#### **Columna 3: Productos que produce la planta de agregados**

Según los entrevistados, los productos de la planta son los siguientes:

- Arena gruesa de río
- Piedra chancada de 1/2"
- Piedra chancada de 3/4"

#### **Columna 4: Falla más común de la planta y que equipos afecta.**

Los entrevistados consideran que la fallan más común es la de los canales de alimentación de chancadora

#### **Columna 5: Tiempo que se emplea para solucionar la falla más común**

Según los entrevistados el tiempo es 35 minutos.

**Columna 6: Herramientas y personal que se emplea en solucionar la falla más común.**

Los 5 entrevistados, consideran que las herramientas utilizadas son las barretillas y que los encargados de solucionar la falla es el encargado de planta y su ayudante.

**Columna 7: Distancia que recorre el material desde que empieza el proceso hasta que se almacena como producto final.**

Según los entrevistados, consideran que la distancia es 12 metros de recorrido.

**Columna 8: Características técnicas tienen los equipos de la planta**

Las características técnicas de los equipos son los siguientes:

- Zaranda estática de 4m x 5m.
- Tolva de recepción de arena 2m<sup>3</sup>.
- Tolva de recepción de gruesos 2m<sup>3</sup>.
- Chancadora de quijada 65 m<sup>3</sup> por día.
- Motor estacionario a Diesel de chancadora 54 Hp.
- Motor estacionario a Diesel de Zaranda vibratoria 24 hp.
- Motobomba de 4".

**Columna 9: Tamaño de material que ingresa a la entrada de la chancadora**

Según los entrevistados, consideran que el tamaño del material que ingresa a la entrada de la chancadora es la siguiente:

- Hasta piedras de 6" de diámetro aproximadamente

**Columna 10: Capacidad de producción de la planta por producto terminado**

Según los entrevistados, consideran que los equipos que más fallan son los siguientes:

- 15m<sup>3</sup> de arena gruesa
- 15m<sup>3</sup> de piedra de ½"
- 10m<sup>3</sup> de piedra de ¾"

**Columna 11: tipo de material que son de mayor demanda en el mercado local.**



Según los entrevistados, consideran que los materiales de mayor demanda los son los siguientes:

- Arena gruesa chancada de río
- Piedra chancada de 1/2".
- Piedra chancada de 3/4"
- Filtro de 1"
- Piedra base de 5" a 8"
- Slurry
- Confitillo.

#### **Columna 12: Detalle adicional al rediseño debería tener la planta**

Según los entrevistados, consideran que el detalle adicional al rediseño debería ser el siguiente:

- Ser alimentado por un grupo electrógeno

#### **Columna 13: Tipo y costo de los materiales producidos por la planta**

Según los entrevistados, los costos de cada material son los siguientes:

- Arena gruesa a s/.45.00 el m3
- Piedra chancada de 1/2" a s/.35.00 el m3
- Piedra chancada de 3/4" a s/.35.00 el m3

#### **Columna 14: Será rentable rediseñar la planta**

Según los entrevistados, consideran que la planta es rentable, pero existe potencial de mejorar la producción, además se ha visto a manera de comparación que comprar una planta nueva sería demasiado costoso.

#### **Columna 15: Inversión para el desarrollo del rediseño**

Según el gerente general la inversión mínima y máxima que está dispuesto a asumir esta entre \$. 30000.00 y \$. 38000.



**Tabla 4**

Resumen de las entrevistas para determinar las necesidades de la empresa, respecto al rediseño de la planta de agregados. (Continuación)

		RESUMEN DE ENTREVISTA				
ASPECTOS	PREGUNTAS	ENTREVISTADOS				
		Gerente	Controlador	Operador Retroexcavadora	Operario	Ayudante
DISEÑO	<b>Tamaño del material que ingresa en la entrada de la chancadora</b>	De 1" hasta 8"	De 1" hasta 7"	1" hasta 8"	1" hasta 7"	1" hasta 7"
	<b>Capacidad actual de producción de la planta</b>	Arena gruesa = 22.5 m <sup>3</sup> /día Piedra de ½" = 22.5 m <sup>3</sup> /día Piedra de ¾" = 15 m <sup>3</sup> /día	Arena gruesa = 20 m <sup>3</sup> /día Piedra de ½" = 20 m <sup>3</sup> /día Piedra de ¾" = 15 m <sup>3</sup> /día	Arena gruesa = 22.5 m <sup>3</sup> /día Piedra de ½" = 22.5 m <sup>3</sup> /día Piedra de ¾" = 15 m <sup>3</sup> /día	Arena gruesa = 22.5 m <sup>3</sup> /día Piedra de ½" = 22.5 m <sup>3</sup> /día Piedra de ¾" = 15 m <sup>3</sup> /día	Arena gruesa = 20 m <sup>3</sup> /día Piedra de ½" = 20 m <sup>3</sup> /día Piedra de ¾" = 15 m <sup>3</sup> /día
	<b>Materiales de mayor demanda que tiene el mercado</b>	Arena gruesa Piedra de ½" Piedra de ¾" Hormigón Filtro de 1" Piedra base de 5" a 12" Cofitillo Slurry	Arena gruesa Piedra de ½" Piedra de ¾" Hormigón Filtro de 1" Piedra base de 5" a 12" Cofitillo Slurry	Arena gruesa Piedra de ½" Piedra de ¾" Hormigón Filtro de 1" Piedra base de 5" a 12" Cofitillo Slurry	Arena gruesa Piedra de ½" Piedra de ¾" Hormigón Filtro de 1" Piedra base de 5" a 12" Cofitillo	Arena gruesa Piedra de ½" Piedra de ¾" Hormigón Filtro de 1" Piedra base de 5" a 12" Cofitillo
	<b>Detalle adicional que esperaría ver en el rediseño de la planta</b>	La fuente de energía sea un grupo Electrónico	Grupo electrógeno	Que la planta sea accionada por un grupo electrógeno	Que toda la alimentación sea de un grupo electrógeno	Un equipo electrógeno
	<b>Costo de cada tipo de producto</b>	Arena gruesa = 50 m <sup>3</sup> Piedra de ½" = 35 m <sup>3</sup> Piedra de ¾" = 30 m <sup>3</sup>	Arena gruesa = 50 m <sup>3</sup> Piedra de ½" = 40 m <sup>3</sup> Piedra de ¾" = 30 m <sup>3</sup>	Arena gruesa = 55 m <sup>3</sup> Piedra de ½" = 45 m <sup>3</sup> Piedra de ¾" = 35 m <sup>3</sup>	Arena gruesa = 50 m <sup>3</sup> Piedra de ½" = 40 m <sup>3</sup> Piedra de ¾" = 30 m <sup>3</sup>	Arena gruesa = 50 m <sup>3</sup> Piedra de ½" = 40 m <sup>3</sup> Piedra de ¾" = 30 m <sup>3</sup>
	<b>Es rentable rediseñar la planta</b>	Es rentable porque permitirá cumplir con la demanda de los clientes de la empresa	Hay gran demanda de materiales, con el rediseño se aumentará la producción.	Se evitarían paradas y se produciría mucho mas	Si producimos más, tendremos más ventas	Hay más demanda de agregados y es necesario producir más
<b>ECONÓMICO</b>	<b>Inversión mínima y máxima que podría invertir en el rediseño</b>	De s/. 20000.00 hasta s/. 35000.00				

Ahora se procede a detallar los equipos que componen a la Planta de la empresa Agregados Jara. En la Tabla 3 se han listado 6 equipos con sus especificaciones técnicas más relevante.

**Tabla 5**

*Inventario de equipo instalado en la planta de la empresa Agregados Jara*

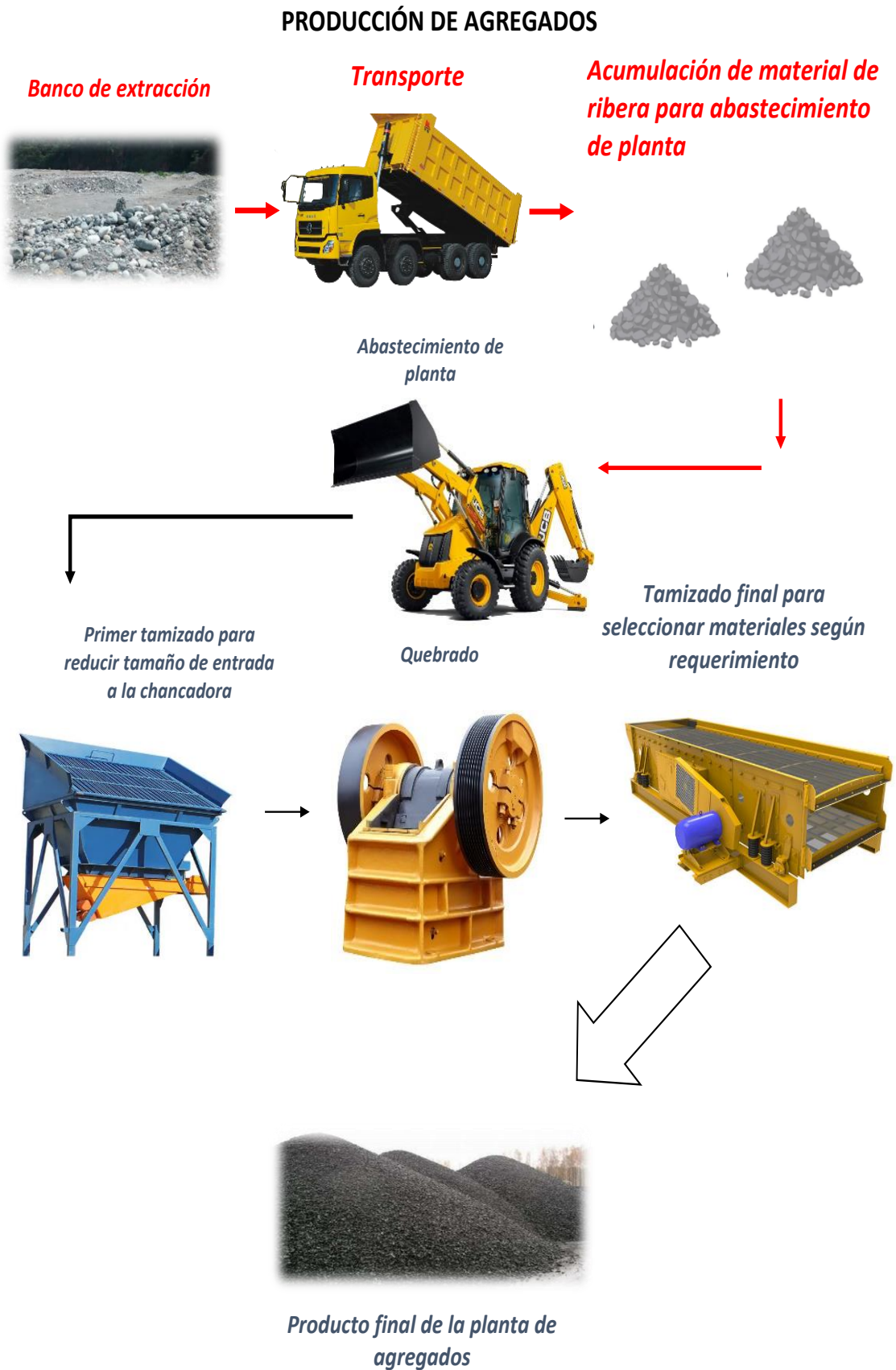
Ítem	Equipo	Indicador	Valores
1	Zaranda De recepción Principal	Longitud (m)	4
		Ancho (m)	4
		Angulo (Grados)	45°
		Material	Acero estructural
2	Tolva de recepción	Volumen	4 m3
		Material	Acero Estructural
3	Canales de Comunicación	Altura (cm)	30
		Ancho (cm)	50
		Longitud (m)	2.5
		Material	Acero Estructural
4	Zaranda Vibratoria	Altura (m)	1
		Ancho (m)	1
		Longitud (m)	1.5
		Niveles	3
		Material	Acero estructural
5	Trituradora de piedra de quijada	Tamaño de alimentación de la piedra (mm)	210
		Volumen de producción (m3)	5-13
		Capacidad de producción (Tn/hr)	8-20
		Dimensiones de la boca (Pulg.)	10x16
		Material de Fabricación	Acero al manganeso
		Peso Total (Tn)	2.3
		Potencia (HP)	30
6	Motor estacionario JIANG DONG diésel de refrigerado a agua	Código	71000000395
		Modelo	JD-395G
		Tipo	Estacionario 4T
		Potencia HP	30
		N° Cilindros	3 (Tres)
		Cilindrada C.C.	2233
		RPM	220
		Cigüeñal	Horizontal
		Arranque	Eléctrico 12V
		Cap. Tanque L.	18
		Autonomía Hs.	4
		Dimensiones (mm)	700x570x760
		Peso (kg)	325
Torque			

## **Identificación de los sistemas y/o equipos críticos a rediseñar.**

Para identificar los equipos críticos que pertenecen a la planta, se ha elaborado la Figura 12, donde se muestra el diagrama de proceso de la extracción de la materia prima y su posterior procesamiento hasta obtener los agregados que la empresa vende al mercado. Tal y como se ve en la Figura 1 el proceso comienza con la extracción de ribera del río con una excavadora para luego transportarla a través de camiones volquete hacia la cancha de almacenamiento donde se acumulan en un gran banco de materia prima; el cual es llevado por una retroexcavadora hasta la zaranda estática de entrada que está dividida en dos tamices; el primero con una malla de 3/4" y el segundo con una rejilla de tubos de 3" de diámetro separadas a 6" entre sí. Debajo del primer tamiz y solo por encima de la tolva de recepción 1 existe un tamiz de 1/2" que solo deja pasar arena gruesa hacia la tolva de recepción 1 y este material va directamente por el canal de descarga de la tolva de recepción 1 y se une con el canal de abastecimiento de la zaranda vibratoria; el resto de material ya tamizado en la rejilla de la zaranda a un tamaño de 1/2" hasta 5", es acumulado en la tolva de recepción 2 y es transportado por el canal de abastecimiento de la chancadora hacia esta, donde es triturado hasta un tamaño de 3/4", todo este material ya triturado pasa al canal de abastecimiento de zaranda vibratoria y se mezcla con la arena que paso directamente sin entrar a la chancadora desde la tolva de recepción 1 a través del canal de descarga de la tolva de recepción 1. Una vez junto toda la materia, la arena gruesa y el triturado, pasan a la zaranda vibratoria a través del canal de abastecimiento de la zaranda vibratoria donde son seleccionados por los dos tamices que tiene la zaranda vibratoria en tres grupos de materiales arena gruesa, piedra chancada de 1/2" y piedra chancada de 3/4" que luego son transportados a los silos de almacenamiento a través de los canales de descarga de la zaranda vibratoria que son tres.

**Figura 11**

*Diagrama del proceso producción en la empresa Agregados Jara*



Para proceder con la identificación de los equipos críticos se presenta la Tabla 7 con el número de falla por año/mes/ de cada uno de los equipos. Adicionalmente, la relación de falla entre los equipos se representa con (x) para el caso cuando la falla detiene el proceso y con un (o) para el caso cuando hay una disminución de la producción. En la tabla se observa que la falla de la zaranda vibratoria afecta al resto de equipos y por consecuencia a todo el proceso, además por la cantidad de fallas que se presentan es claramente visible que este equipo es el más crítico dentro de la planta.

**Tabla 6**

*Lista de equipos y numero de falla al año*

Nº	Equipo	Fallas (veces /mes)	ZER	TR1	TR2	CACH	CDTR1	CH	CAZV	ZV	CDZV1	CDZV2	CDZV3	MB	MCH	MZV
1	Zaranda estática de recepción (ZER)	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Tolva de recepción n°1 (TR1)	0														
3	Tolva de recepción n°2 (TR2)	0														
4	Canal de abastecimiento de chancadora (CACH)	65	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x		
5	Canal de descarga de tolva de recepción n° 1 (CDTR1)	0														
6	Chancadora (CH)	65	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x		
7	Canal de abastecimiento de zaranda vibratoria (CAZV)	0														
8	Zaranda vibratoria (ZV)	26	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9	Canal de descarga de zaranda vibratoria (CDZV1)	35	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10	Canal de descarga de zaranda vibratoria CDZV2)	33	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11	Canal de descarga de zaranda vibratoria (CDZV3)	26	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12	Motobomba (MB)	0														
13	Motor estacionario de chancadora (MCH)	0														
14	Motor estacionario de zaranda vibratoria (MZV)	0														

## Tabla de especificaciones de ingeniería

Para determinar rango para el rediseño se ha realizado la Tabla 9 tomando como base los requerimientos obtenidos de los resultados de las entrevistas de la Tabla 5 y 6. En la Tabla de especificaciones de ingeniería se tiene que para cada subfunción dentro de planta hay rango o límite permitido para este trabajo.

**Tabla 7**

*Tabla de especificaciones de ingeniería*

Subfunción	Característica Ingenieril	Unidades	Rango/Límite
Procesamiento Actual	Capacidad de producción	m <sup>3</sup> /día	55 - 60
Procesamiento deseado	Capacidad de producción	m <sup>3</sup> /día	120 - 150
Producción Actual	Tamaños	Pulgadas	Arena Gravilla 1/2" Gravilla 3/4"
Producción deseada	Tamaños	Pulgadas	Arena 1/16" – 1/8" Gravilla 1/2" – 11/16" Gravilla 3/4" – 15/16"

## Análisis paramétrico de los sistemas y/o equipos críticos

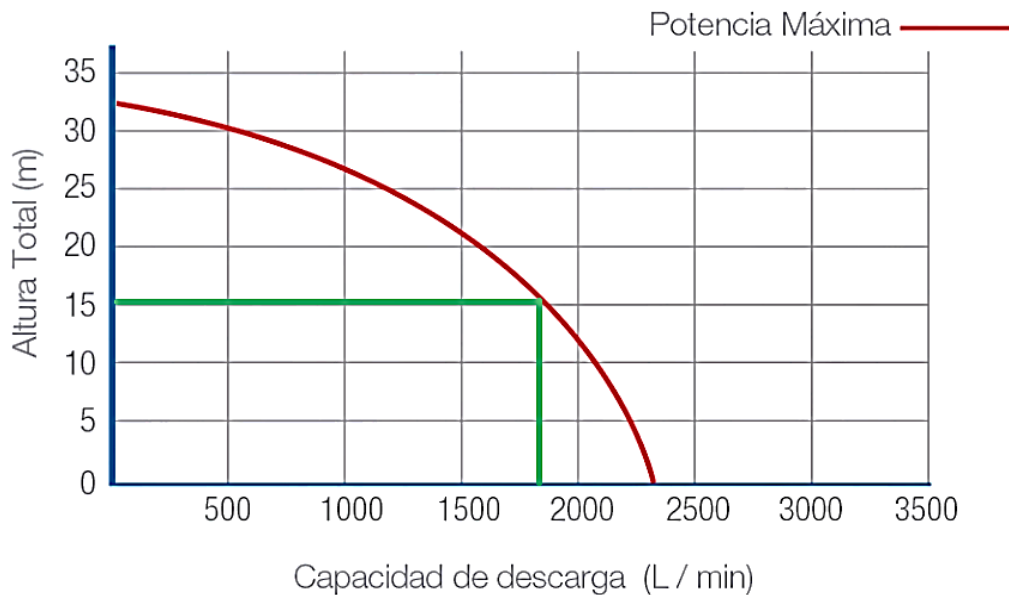
Para los cálculos se emplearán los datos recopilados hasta este punto sobre los equipos que pertenecen a la planta en su estado actual tomando la información de la Tabla 5.

Tal y como se describió en la Figura 11, la materia prima (arena y piedra) es puesta en la zaranda estática, la cual separa la arena de la piedra, y para esto emplea un flujo constante de agua proporcionado por una motobomba. La ficha técnica de esta motobomba se encuentra en el Anexo 7. En la Figura 12 se muestra la curva de performance en donde podemos ver que el flujo de agua que es capaz de entregar para una altura de presión de 15 m es de 1800 L/min.



**Figura 12**

*Curva de performance de la motobomba JH/14/C Honda*



*Nota. Tomado de ORBES AGRÍCOLA SAC (2022)*

### Zaranda estática

Conforme a lo que se explicó en la Figura 13, el primer equipo en la línea de producción es la zaranda estática. A este equipo le ingresa la materia prima (arena y piedra), con un volumen de abastecimiento de 1 m<sup>3</sup> cada 4 minutos, lo que hace un flujo volumétrico de:

$$\dot{V}_{Ribera\ de\ rio} = 0.25\ m^3/min$$

De la Figura 14, caudal de agua que la bomba proporciona a una altura de presión de 15 m es:

$$\dot{V}_{agua} = 1800\ L/min = 1.8\ m^3/min$$

El volumen de entrada en la zaranda estática es la suma del caudal de materia prima ( $\dot{V}_{Ribera\ de\ rio}$ ) y caudal de agua ( $\dot{V}_{Agua}$ ), estos caudales son 1.8 m<sup>3</sup>/min y 0.25 m<sup>3</sup>/min (15 m<sup>3</sup>/h), respectivamente que sumados dan un total de caudal de entrada en la zaranda de  $\dot{V}_{Entrada} = 2.05\ m^3/min$ .

Usando los datos obtenidos en las entrevistas, de la pregunta No 9 se tiene que la planta produce 22.5 m<sup>3</sup> de arena gruesa, 22.5 m<sup>3</sup> de piedra de ½" y 15 m<sup>3</sup>

de piedra de ¾", estos datos nos dan un total de 60 m<sup>3</sup>/día de producción que dura 6 horas, por lo tanto:

$$\dot{V}_{Produccion\ planta} = 10\ m^3/hora$$

La materia prima que ingresa a la planta es grava y tiene una densidad de 1700 kg/m<sup>3</sup>, por lo tanto, la producción de la planta es 17 t/h.

De los 15 m<sup>3</sup> que ingresan durante una hora a la zaranda estática; se producen 10 m<sup>3</sup> de agregados (arena gruesa, piedra chancada de ½" y piedra chancada de ¾") y 5 m<sup>3</sup> de gruesos (piedra con diámetros mayores a 6").

Los porcentajes de producción de cada tipo de material que la planta genera se calculan también de los datos obtenidos en las entrevistas de la pregunta No. 9.

El porcentaje de arena gruesa con respecto a los 60 m<sup>3</sup> que son el total de producción de la planta durante un turno de 6 horas da un resultado de 37.5% de arena gruesa = 3.75 m<sup>3</sup>/h. (no ingresa a la chancadora)

El porcentaje de piedra chancada de ½" con respecto a los 60 m<sup>3</sup> que son el total de producción de la planta durante un turno de 6 horas da un resultado de 37.5% de piedra chancada de ½" = 3.75 m<sup>3</sup>/h.

El porcentaje de piedra chancada de 3/4" con respecto a los 60 m<sup>3</sup> que son el total de producción de la planta durante un turno de 6 horas da un resultado de 25% de piedra chancada de 3/4" = 2.5 m<sup>3</sup>/h.

La chancadora actualmente está triturando 62.5% de un total de 17 t/h, haciendo un total de producto triturado de 10.625 t/h, ya que la arena no ingresa a la chancadora.

## **Chancadora**

La chancadora que actualmente tiene la empresa es de excéntrica elevada con una superficie de entrada de 10X16 pulgadas (25 cm x 40 cm), como se ve en la Figura 13 y una superficie de salida de 3.5cm x 40cm en la que trabaja la planta. El diámetro de la polea de la chancadora es 0.77m y el diámetro de la

polea del motor es de 0.22m. La relación de transmisión es de 3.87, para el motor que gira a 2000 rpm, lo cual hace que la chancadora gire a unos 571 rpm (ver anexo 8). Con una potencia de 54hp.

**Figura 13**

*Chancadora de quijadas de 10 x 16 pulgadas*



*Nota: Tomado de agregados Jara 2022*

Empleando el método de Rose & English, en las operaciones de reducción de tamaño de minerales, se conoce por relación de reducción a la relación existente entre el tamaño máximo del material suministrado a la máquina en la alimentación y el tamaño máximo que pueden tener los productos de la operación de reducción a la salida.

Para el caso de la planta de Agregados Jara, el tamaño máximo de alimentación es de 6", y el tamaño máximo de producto debe ser de 3.5cm.

Por lo tanto, la relación de reducción será:

$$R_r = \frac{D_{Max.alimentacion}}{D_{Max.producto}}$$

$$R_r = \frac{6}{1} = 6$$

Para la chancadora de la planta:

$$G = 10'' = 0.254m$$

La longitud mínima de carrera de la mandíbula ( $L_T$ ) se calcula como:

$$L_T = 0.0502 * G^{0.85} [m]$$

$$L_T = 0.0502 * (0.254)^{0.85} = 0.016m$$

De la Figura 4, obtenemos  $L_{MIM}$ :

$$L_T = L_{MAX} - L_{MIM}$$

$$L_{MIM} = L_{MAX} - L_T$$

$$L_{MIM} = 0.035 - 0.016$$

$$L_{MIM} = 0.019m$$

Pero la chancadora de la planta es de  $W = 0.406$

De la Ecuación 11, encontramos la velocidad critica:

$$v_c = 47 \frac{1}{(L_T)^{0.5}} \left( \frac{R-1}{R} \right)^{0.5}$$

$$v_c = 47 \frac{1}{0.016^{0.5}} \left( \frac{6-1}{6} \right)^{0.5}$$

$$v_c = 339.2 \text{ rpm}$$

Para esta frecuencia critica, la capacidad máxima es calculada con la ecuación 10

$$Q_F = 132435W(2L_{Min} + L_T) \left( \frac{1}{v} \right)$$

$$Q_F = 132435 * 0.406(2 * 0.019 + 0.016) \frac{1}{339}$$

$$Q_F = 8.6 \text{ t/h}$$

Para determinar la capacidad real a la velocidad real de la chancadora

Determinar  $f(P_K)$ ; el tamaño más grande promedio extraído de ríos es de 6" y los tamaños más pequeños promedio extraído del río es 1.5".

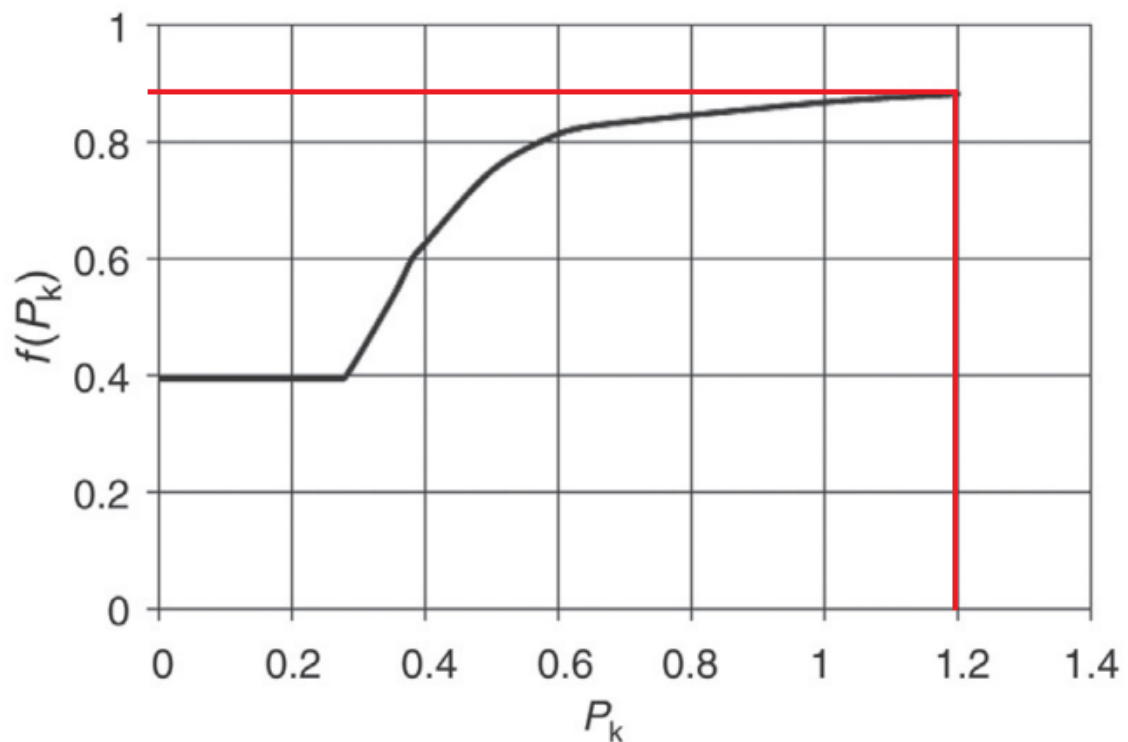
$$P_K = \left( \frac{d_{MAX} - d_{MIN}}{d_{MEAN}} \right)$$

$$d_{MEDIO} = \left( \frac{d_{MAX} + d_{MIN}}{2} \right)$$

$$d_{MEDIO} = \left( \frac{6'' + 1.5''}{2} \right) = 3.75 \text{ pulg} = 0.0953 \text{ m}$$

$$P_K = \frac{6'' - 1.5''}{3.75''} = 1.2$$

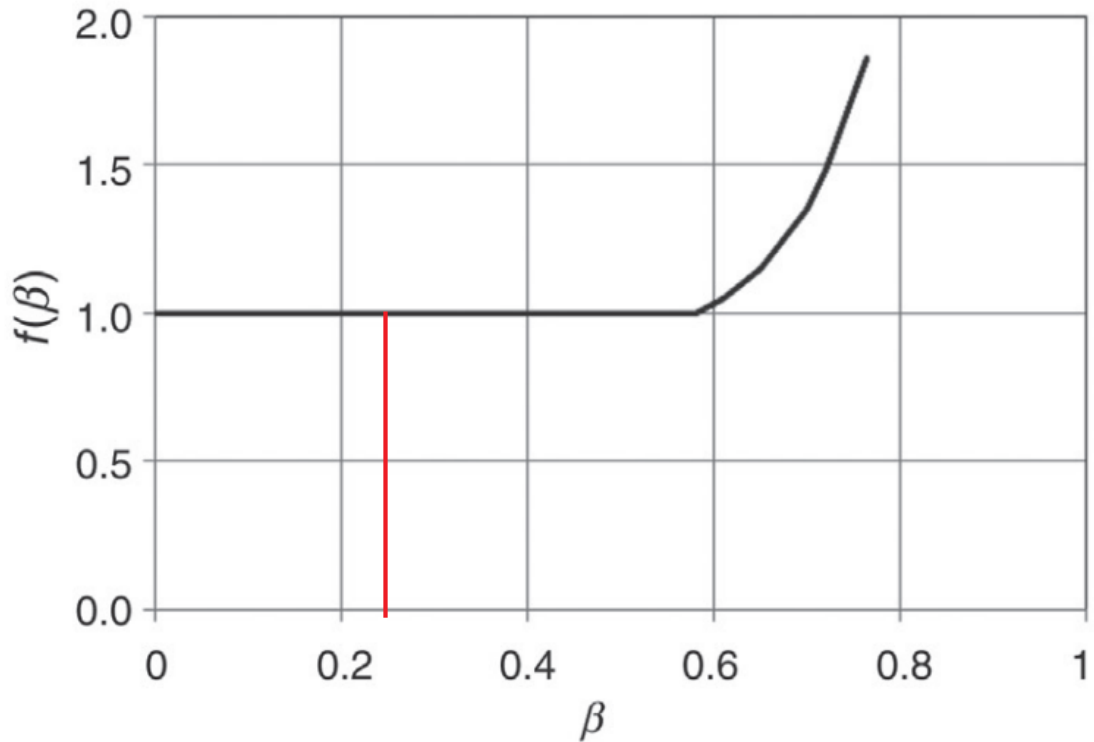
De la Figura 6, encontramos que  $f(P_K)$  es 0.89



Determinando  $f(\beta)$ ; sabiendo que  $L_{MIN} = 0.0226$  que el  $d_{MEDIO} = 0.0953$

$$\beta = \frac{0.0212}{0.0953} = 0.22$$

De la figura xx, encontramos que  $f(\beta) = 1.0$



La capacidad máxima de la chancadora debe estar en función de  $f(P_K)f(\beta)S_C$

$$Q_M = \text{Capacidad} = Q_F * \rho_S * f(P_K) * f(\beta) * S_C$$

$$Q_M = 8.6 * 1.7 * 0.89 * 1.0 * 1$$

$$Q_M = 13 \text{ t/h}$$

Para calcular la capacidad real de la chancadora a la frecuencia real, usaremos la Ecuación 19 ya que la velocidad real de la chancadora es 517 rpm y es mayor a la velocidad crítica calculada.

$$Q_A = Q_M \frac{v_C}{v}$$

$$Q_A = 14 \text{ t/h} \left( \frac{339.2}{517} \right)$$

$$Q_A = 8.5 \text{ t/h}$$

La potencia máxima absorbida del sistema ocurrirá a la velocidad crítica. Así que utilizaremos la Ecuación 43

$$\text{Power} = 0.01195 W_i Q \left( \frac{\sqrt{G} - 1.054 \sqrt{(L_{MIN} + L_T)}}{\sqrt{G} \sqrt{(L_{MIN} + L_T)}} \right) \text{ KW/h}$$

$$\text{Power} = 0.01195 * 25.17 * 13 \left( \frac{\sqrt{0.254} - 1.054\sqrt{0.019 + 0.016}}{\sqrt{0.254}\sqrt{0.019 + 0.016}} \right)$$

$$\text{Power} = 12.9\text{kw} = 17 \text{ hp}$$

Para calcular la velocidad óptima tenemos

$$v_{opt} = 280x e^{-0.212xG^3}$$

$$v_{opt} = 280 * e^{-0.212 * (0.254^3)}$$

$$v_{opt} = 330 \text{ rpm}$$

**Tabla 8**

*Densidad de materiales pétreos*

Material	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )
Tierra seca	1330
Tierra húmeda	1800
Tierra saturada	2100
Arena seca	1600
Arena húmeda	1860
Arena saturada	2100
Gravilla	1700
Cantos rodados secos	1700

**Tabla 9***Índice de trabajo*

Material	No. de ensayos	Densidad relativa	Índice de trabajo†
Andesita	6	2.84	22.13
Arcilla	9	2.23	7.10
Arcilla calcinada	7	2.32	1.43
Arena silícea	17	2.65	16.46
Arenisca	8	2.68	11.53
Barita	11	4.28	6.24
Basalto	10	2.89	20.41
Bauxita	11	2.38	9.45
Carbón mineral	10	1.63	11.37
Cemento, escoria de	60	3.09	13.49
Cemento, materia prima de	87	2.67	10.57
Cobre, mineral de	308	3.02	13.13
Concreciones	9	3.00	8.77
Coque	12	1.51	20.70
Coque, petróleo	2	1.78	73.80
Coque, petróleo fluido	2	1.63	38.60
Coral	5	2.70	10.16
Cromo, mineral de	4	4.06	9.60
Cuarcita	16	2.71	12.18
Cuarzo	17	2.64	12.77
Diorita	6	2.78	19.40
Dolomita	18	2.82	11.31
Escoria	12	2.93	15.76
Escoria, altos hornos de hierro	6	2.39	12.16
Esmeril	4	3.48	58.18
Espatoflúor	8	2.98	9.76
Espodumeno, mineral de	7	2.75	13.70
Esquisto	13	2.58	16.40
Esquisto de petróleo	9	1.76	18.10
Estaño, mineral de	9	3.94	10.81
Fedespato	8	2.59	11.67
Ferrocromo	18	6.75	8.87
Ferromanganeso	10	5.91	7.77
Ferrosilicio	15	4.91	12.83
Fertilizante de fosfato	3	2.65	13.03
Gabro	4	2.83	18.45
Galena	7	5.39	10.19
Gneis	3	2.71	20.13
Grafito	6	1.75	45.03
Granate	3	3.30	12.37
Granito	74	2.68	14.39
Grava	42	2.70	25.17

*Nota: tomado de es.made-in-china.com/*

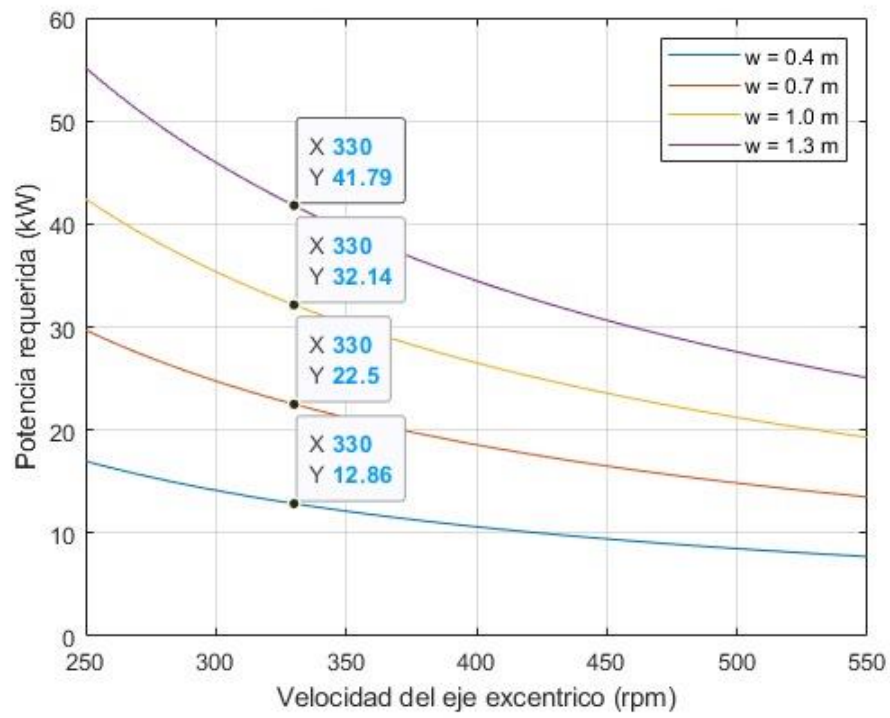
### Calculo paramétrico

Para el cálculo paramétrico se tomó el método de Rose a& English con los parámetros calculados líneas arriba. Como se puede observar la ecuación depende de la velocidad, el flujo y de la potencia. Para el diseño paramétrico se ingresaron un grupo de valores para las variables de velocidad y tiempo de las cuales se elaboraron las gráficas paramétricas de la Figura 14 y Figura 15. Los cálculos se programaron en el software de Octave para generar las gráficas presentadas en la figura siguiente.



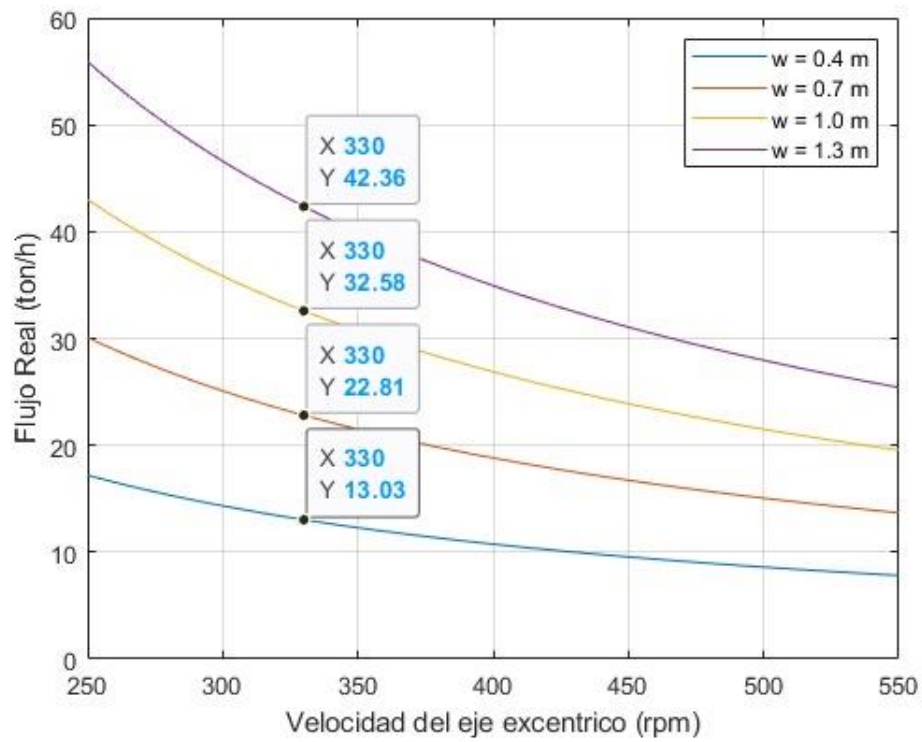
**Figura 14**

*Curvas potencia requerida versus velocidad del eje excéntrico.*



**Figura 15**

*Curvas flujo real versus velocidad del eje excéntrico.*



## Dimensionamiento y selección de equipos

Tomando el resultado mostrado en la gráfica paramétrica

De acuerdo con la Tabla 9, (tabla de especificaciones de ingeniería). Para producir  $150\text{ m}^3/\text{dia}$ , el material es grava y tiene una densidad de  $1.7\text{ t/m}^3$ , en un turno diario de  $6\text{ h}$ . Entonces el requerimiento máximo sería  $42.5\text{ t/h}$

$$Q_M = 42.5\text{ t/h}$$

De la Figura 15, se determina que para producir  $42.36\text{ t/h}$ , se lograra a una velocidad del eje excéntrico de  $330\text{ rpm}$ , con un ancho de Chancadora de  $W = 1300$ . Para estos parámetros se necesita una potencia de  $41.79\text{ KW}$ .

**Tabla 10**

*Tabla de dimensionamiento de chancadora*

<b>Dimensionamiento para la selección del equipo critico (Chancadora)</b>			
<b>Flujo requerido</b>	<b>Velocidad eje Exc.</b>	<b>Ancho de chancadora W</b>	<b>Potencia</b>
<b>42.36 t/h</b>	<b>330 rpm</b>	<b>1300 mm</b>	<b>41.79 KW</b>

$$41.79\text{kw} = 56\text{ hp}$$

El motor de la planta es de  $54\text{ hp}$ , como el flujo requerido máximo requiere  $56\text{ hp}$  entonces aun estamos en el rango y se puede utilizar para activar la nueva chancadora.

**Tabla 11***Características de la trituradora de mandíbula PX300x1300*

La serie PE							
El modelo	Feed Oping (Mm)	Alimentación máx. (Mm)	Descargar Oping (Mm)	La capacidad (T/h)	REV (R/min).	La alimentación (Kw).	Peso (T)
PE250 x400	250x400	210	20-60	5-30	300	15	2.8
PE400 x 600	400x600	340	40-100	16-85	275	30	6.5
PE500 x 750	500x750	425	50-100	45-130	275	55	10.1.
PE 600x900	600x900	500	60-160	50-160	250	55-75	15.5
PE750x1060	750x1060	630	80-140	52-180	250	110	28
PE800x1060	800x1060	650	100-200	85-185	250	110	30
PE870x1060	870x1060	670	200-260	181-210	250	110	30.5
PE900x1200	900x1200	750	195-265	140-280	200	110-132	50
PE1000x1200	1000x1200	850	195-265	160-390	200	110-132	51
PE1200x1500	1200x1500	1020.	150-300	300-780	180	160	100,9
PEX250x750	250x750	210	25-60	De entre 8-30	330	22	4.9
PEX250x1000	250x1000	210	25-60	16-68	330	30-37	6.5
PEX250x1200	250x1200	210	25-60	20-78	330	37	7.7
PEX300x1300	300x1300	250	20-90	20-118	330	55	11

*Nota. Tomado de Focus Technology Co., Ltd. (2022)*

**Figura 16**

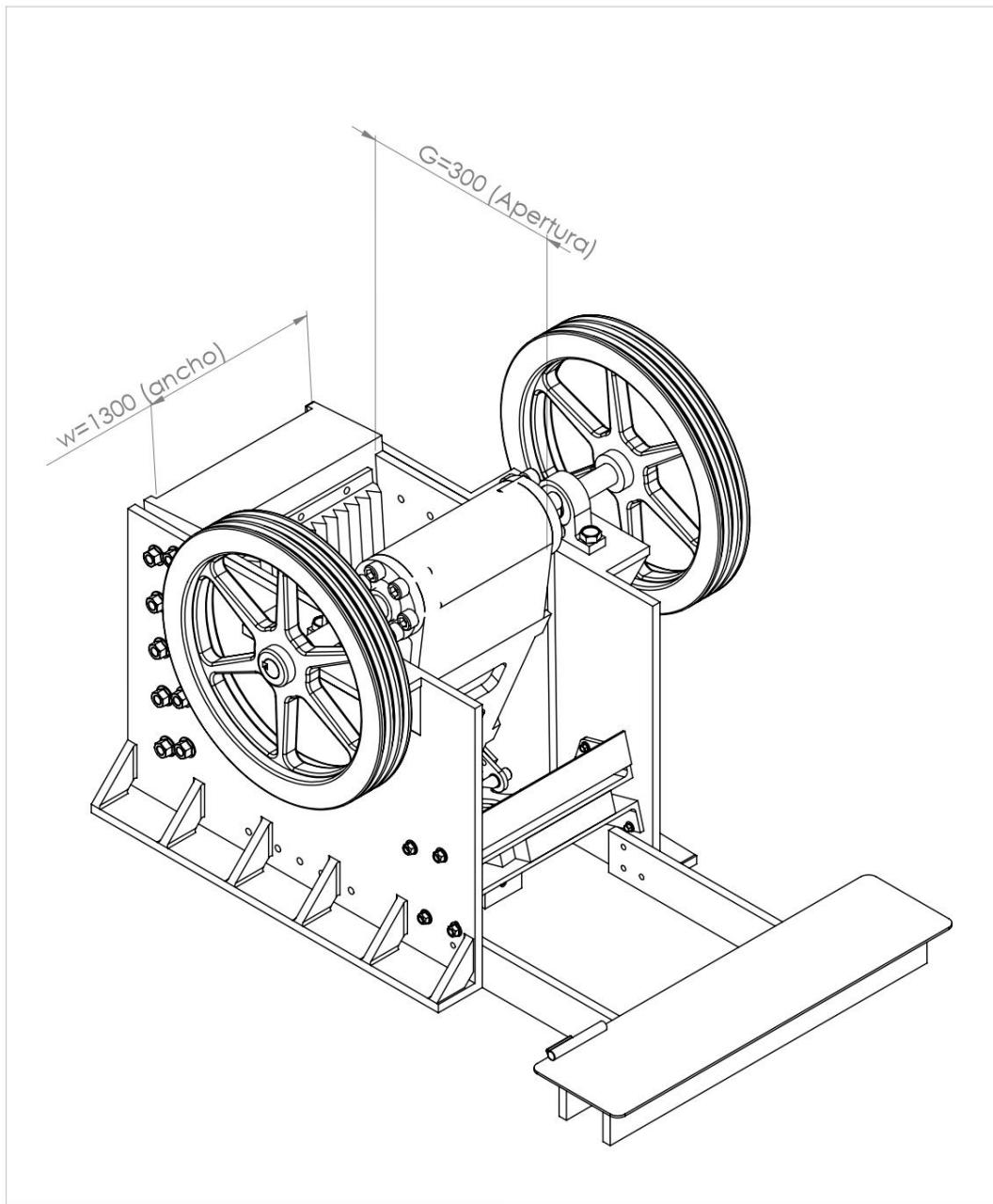
*Chancadora PX300x1300*



*Nota. Tomado de Focus Technology Co., Ltd. (2022)*

### **Elaboración de planos**

En el plano siguiente se muestra las dimensiones que se tuvieron en cuenta a la hora de la selección de los equipos, con un área de entrada de 300mm x 1300mm con una velocidad óptima de 330rpm.



AUTOR:  
**MARTELL BRICEÑO JUAN DAVID A.**

TÍTULO: **CHANCADORA  
 PX300x1300**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

No. DE DIBUJO

**01**

**A4**

ESCALA: **1:10**

## Análisis económico

### Análisis económico

**Inversión:** En el mercado actual una chancadora de quijadas modelo PX 300X1300 tiene un costo que bordea los 20000 dólares (al tipo de cambio actual 3.88, el precio en soles es de 76000)

**Tabla 12**

*Tabla de costo de equipos*

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Chancadora de quijadas PX300x1300	1	S/. 76000.00	S/. 76000.00
Motor estacionario a Diesel de 75 kw	1	S/. 7000.00	S/. 7000.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/.83000</b>

**Tabla 13**

*Tabla de costo de servicios de transporte*

<b>SERVICIOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Transporte motor y chancadora (Lima – Huamachuco)	1	S/. 4000.00	S/. 4000.00
Grúa	5 hr.	S/. 150.00	S/. 750.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/.4750.00</b>

**Tabla 14**

*Tabla de costo de mano de obra*

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Mecanizado piezas	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Mano de obra soldadura	1	S/. 206.00	S/. 206.00
Mano de obra en pintado	1	S/. 150.00	S/. 150.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/.606.00</b>

**Tabla 15***Tabla de costo de consumibles*

<b>CONSUMIBLES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Soldadura cellocord 7018	1 kg	S/. 90.00	S/. 90.00
Disco de corte 7"	3	S/. 8.00	S/. 8.00
Disco de desbaste de 7"	2	S/. 9.00	S/. 9.00
Lijas No. 60	5	S/.2.50	S/.12.50
Thinner Acrílico	2.5 gal	S/.23.00	S/.57.50
Pintura super Gloss	½ gal	S/. 75.00	S/. 37.50
Base al aceite	1 gal	S/.45.00	S/. 45.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/.264.00</b>

**Tabla 16***Tabla de resumen de costos*

<b>RESUMEN</b>	<b>MONTOS</b>
Equipos	S/. 83000.00
Servicios transporte	S/. 4750.00
Mano de obra	S/. 606.00
Consumibles	S/. 264.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/.88570.00</b>

**Beneficio:** La gerencia de la empresa agregados Jara compara a otras empresas: 10 m<sup>3</sup>/día de arena gruesa que tiene un costo de S/. 50.00 por cada m<sup>3</sup> que hacen S/. 500.00 incluido IG V (18%), 10 m<sup>3</sup>/día de piedra chancada de ½" que tiene un costo de S/. 35.00 por cada m<sup>3</sup> que hacen S/. 350.00 incluido IG V (18%) y 10 m<sup>3</sup>/día de piedra chancada de ¾" que tiene un costo de S/. 30.00 por cada m<sup>3</sup> que hacen S/. 300.00 incluido IG V (18%). Esto hace un total de S/.1150.00 diarios.

**Tabla 17**

*Tabla de costo de producción de 1m<sup>3</sup> de producto*

<b>COSTO DE PRODUCCION DE 10M<sup>3</sup>/DÍA DE AGREGADOS JARA</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit.</b>	<b>Sub Total</b>
Retroexcavadora	Alquiler	6 Hr	S/. 140.00	S/. 840.00
Combustible Motor				
chancadora	Combustible	4 gal	S/. 17.00	S/. 102.00
Combustible motor				
zaranda Estática	Combustible	3 gal	S/. 17.00	S/. 68.00
Motobomba	Combustible	3 gal	S/. 20.00	S/. 60.00
Mantenimiento	Mantenimiento	1 día	S/. 67.00	S/. 67.00
Controlador	Pago diario	1 día	S/. 67.00	S/. 67.00
Operario	Pago diario	1 día	S/. 67.00	S/. 67.00
Ayudante	Pago diario	1 día	S/. 34.00	S/. 34.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 1305.00</b>

El costo por m<sup>3</sup> es de S/.21.75, si la planta produjera eso 30 m<sup>3</sup>, entonces ganaría S/. 497.50 diarios, que durante 1 mes (26 días) sale S/. 12935.00

Diagrama de caja de flujos para el rediseño de la planta, a un periodo de 12 meses y una tasa de interés del 7%.

**Tabla 18**

*Tabla de flujo económico constante futuro*

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b>			
<b>INVERSIÓN</b>	<b>S/.88570.00</b>		
<b>MES</b>	<b>INGRESO</b>	<b>EGRESO</b>	<b>FLUJO NETO</b>
<b>Mes 1</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 2</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 3</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 4</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 5</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 6</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 7</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 8</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 9</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 10</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 11</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00
<b>Mes 12</b>	S/. 29900.00	S/. 16965.00	S/. 12935.00



**EI PRI:** Periodo de retorno de la inversión

$$PRI = \frac{Inversion}{Beneficio}$$

$$PRI = \frac{88570 S/.}{12935 S/mes}$$

$$PRI = 6.85 \text{ mes}$$

**VAN:** Determinaremos si el proyecto será rentable, usa como muestra un diagrama de caja de flujos futuros, en 12 meses.

$$VAN = -88570 + \frac{12935}{(1 - 0.07)^1} + \frac{12935}{(1 - 0.07)^2} + \frac{12935}{(1 - 0.07)^3} + \dots + \frac{12935}{(1 - 0.07)^{12}}$$
$$VAN = S/.14167.86$$

**TIR:** Tasa Interna de Retorno, genera mayor rentabilidad respecto al interés tomado del Valor Actual Neto.

con  $i = 9\%$

$$VAN = -88570 + \frac{12935}{(1 - 0.09)^1} + \frac{12935}{(1 - 0.09)^2} + \frac{12935}{(1 - 0.09)^3} + \dots + \frac{12935}{(1 - 0.09)^{12}}$$
$$VAN = S/.4052.9$$

con  $i = 10\%$

$$VAN = -88570 + \frac{12935}{(1 - 0.1)^1} + \frac{12935}{(1 - 0.1)^2} + \frac{12935}{(1 - 0.1)^3} + \dots + \frac{12935}{(1 - 0.1)^{12}}$$
$$VAN = S/-.434.8$$

Interpolamos para acercar el VAN a "0"

$$\frac{0.09 - 0.1}{4052.9 - (-434.8)} = \frac{0.09 - TIR}{4052.9 - 0}$$

$$TIR = 0.099 = 9.9\%$$

Por lo tanto, el proyecto es rentable, ya que el VAN de  $7\% < 9.9\%$  del TIR.

**Tabla 19***Tabla de resumen de resultados análisis económico*

---

PRI	6.85 meses
Tasa	7%
Inversión	S/.88570.00
Beneficio mensual	S/.12935.00
VAN	S/. 14167.89
TIR	9.9%

---

#### IV. **DISCUSIÓN:**

El siguiente trabajo está orientado a solucionar la falla más común que se han presentado en el diseño empírico de la planta de agregados de construcción de la empresa Agregados Jara.

Como parte de la metodología empleada se realizó el proceso de recolección de información utilizando un grupo de entrevistas realizadas a 5 personas que labora en la empresa y que conoce los equipos de la planta que se está analizando. Las entrevistas se realizaron posterior a la validación del instrumento. De los antecedentes consultados Gamonal (2017) emplea una metodología similar a la desarrollada este trabajo, con lo cual la información presenta mayor fiabilidad, pues son datos obtenidos de fuentes información primaria (Empresa Agregados Jara)

Esta información fue muy importante, pues permitió identificar el equipo crítico a rediseñar, observado que el equipo más crítico es la chancadora de quijadas de 10 x 16 pulgadas pues tiene como problema principal el atascamiento. Por motivo de su capacidad de 10.625 t/h se va visto que es un valor bajo, pues no cumple con el requerimiento de producción actual de la empresa que es de 42.5 t/h.

Para determinar la tabla de especificaciones de ingeniería la información que se obtiene de las entrevistas posteriormente ayudó a obtener los requerimientos de la empresa, enfocado a términos ingenieriles, esta información fue procesada para obtener los valores que limitan el rediseño según los requerimientos de la empresa, limitando a un flujo de producción de 42.5t/h el cual proyecta la satisfacción de la demanda actual que tiene la empresa.

Para el análisis paramétrico se utilizó el método de Rose & English (Gupta y Yan, 2016) el cual calcula todos lo parámetro importantes en el dimensionamiento de una chancadora de quijadas de baja y alta frecuencia. En este cálculo se analizó y se determinó que la velocidad es un factor muy importante que influye en la producción de manera inversamente (alta frecuencia) o directamente proporcional (baja frecuencia) esto dependiendo de la frecuencia con que gira el eje excéntrico, para la chancadora de quijadas

que tiene la empresa Agregados Jara, a mayor velocidad en el eje excéntrico, menor será el flujo de producción y el consumo de energía también será menor, por su parte (Guerrero, 2019), (Gamonal, 2017) y (Ortis y Tirado, 2005) no consideran estos parámetros como limitante para diseñar las trituradora, solamente utilizaron como punto de partida el flujo de producción requerido. Sin embargo, si no se consideran estos parámetros, una trituradora puede alcanzar una producción máxima a una velocidad critica que puede ser mayor a la velocidad optima y que puede tener una velocidad real en el eje excéntrico mayor a la velocidad critica, es por ello que es muy importante evaluar las velocidades.

Del dimensionamiento y selección del nuevo equipo, se ha escogido una chancadora de quijada modelo PX300x1300, para esto se hizo un cálculo paramétrico en Octave, de esta manera se obtuvo las curvas que permiten evaluar el comportamiento de los parámetros que se utilizan para la selección de chancadoras; a menor velocidad, el flujo de producción aumenta y a menor velocidad la potencia requerida para triturar también aumenta.

Para el análisis económico se realizó una recopilación de los costos dividido en costo de equipos, servicios, mano de obra y consumibles. De estos valores se tiene que el periodo de retorno de la inversión es de 6.85 meses, para lo cual se tiene un VAN S/. 14167.86 y un TIR de 9.9 %. Como se observa en los resultados tiempo que le toma a la empresa recuperar su inversión es de aproximadamente 7 meses, después de los cuales la empresa percibirá una ganancia mensual de S/. 12935.00.

## V. CONCLUSIONES:

En base a los resultados y discusión de estos se llegó a las siguientes conclusiones:

Por medio de 5 entrevistas aplicadas en la empresa se recopiló información técnico económico de los datos más importantes y relevantes que permitieron tener un punto de partida para el desarrollo del presente trabajo.

Por medio de las respuestas obtenidas en las entrevistas se determinó que el equipo crítico era la chancadora de mandíbulas, pues este sufría atascamientos continuos, además de una baja capacidad de trituración.

Tomando los resultados de las entrevistas con respecto a las características y funciones que debe poseer la máquina, se elaboró una tabla de especificaciones de ingeniería con los parámetros mínimos y máximos dentro de los cuales el diseño sería aceptable por parte de la empresa.

Con el análisis paramétrico se encontró que la velocidad de la chancadora de la planta que es de  $517rpm$  está por encima de la velocidad crítica calculada, que es  $v_c = 419.18 rpm$ , lo cual origina una capacidad real muy baja. Para alcanzar la producción deseada se hizo un cálculo paramétrico en el software Octave, donde se relacionó la potencia de la chancadora versus la velocidad de operación y la capacidad de producción versus la velocidad.

En el dimensionamiento de los nuevos equipos se tomó en consideración los resultados de las gráficas del análisis paramétrico, para poder producir 42.5 t/h de productos (gravilla de  $\frac{1}{2}$ ", arena gruesa y gravilla de  $\frac{3}{4}$ ") se necesita una potencia de 41.725 kW en el motor de la chancadora, mientras que para la producción actual que es 10.625 t/h

solamente 12.9 kW, lo que nos permite afirmar que el motor esta sobredimensionado ya que la planta cuenta con un motor de 40.284 kW.

Del análisis económico se obtuvo que el PRI es de 6.85 meses, con un TIR del 9.9% en 12 meses, observando que está por encima de la tasa de descuento  $i = 7\%$ , confirmando la rentabilidad del rediseño de la planta de agregados de construcción de la empresa Agregados Jara.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda para el diseño de las chancadoras, considerar la velocidad a las que trabajan, ya que como se observó en este trabajo, es un determinante importantísimo para el flujo de producción.

Como buenas prácticas de ingeniería se recomienda que los nuevos equipos de la planta sean operados bajo las especificaciones de los fabricantes.

Se recomienda hacer un seguimiento continuo a los equipos de la planta de agregados y documentar la información del estado de los componentes y/o fallas que se presenten durante las operaciones de producción, con el fin de tener información que permita realizar futuras mejoras.

## REFERENCIAS

- Gupta., A., & Yan, D. (2016). *Mineral Processing and Operations*. Ansterdan: Elsevier
- Gamonal De La Torre, R. A. (2017). Diseño de una máquina chancadora de piedra de 40 tn/hr, para la producción de agregado de construcción en la empresa HPM ubicada en el distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2016). Metodología de la investigación. 6ta Edición Sampieri. Soriano, RR (1991). Guía para realizar investigaciones sociales. Plaza y Valdés.
- Pedrosa, M. (2016). Panorama mundial de la construcción. *Obtenido de Construcción Panamericana: <https://www.construccion-pa.com/noticias/panorama-mundial-la-construccion>*.
- Terrel, E. (2020). INEI: Sector Construcción creció en 1, 51% durante el 2019. *PERU CONSTRUYE*.
- Focus Technology Co., Ltd. (9 de julio de 2022). Made-in-China. [https://es.made-in-china.com/co\\_kinglinkcrusher/product\\_Fine-Type-Jaw-Crusher-Secondary-Crushing-for-Pebble-Iron-Ore-River-Stone-PEX300X1300-PEX1252-\\_rieghyggg.html](https://es.made-in-china.com/co_kinglinkcrusher/product_Fine-Type-Jaw-Crusher-Secondary-Crushing-for-Pebble-Iron-Ore-River-Stone-PEX300X1300-PEX1252-_rieghyggg.html)
- Urday, D. (2013). *Diseño de una planta móvil de trituración de caliza para una capacidad de 50 TN/H* (Doctoral dissertation, Tesis de grado]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería e Ingeniería. Valderrama, S. (2013). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Ed. Segunda. Ed. San Marcos. Lima, Perú).



- Guerrero Cruzado, A. (2019). Diseño de trituradora 10 ton/h para incrementar producción de agregados en la empresa Jubrisa EIRL-Pucara-Jaén.
- Fueyo, L. Equipos de Trituración Molienda y Clasificación: Tecnología. *Diseño y Aplicación (Edit. Rocas y Minerales Industriales, Madrid, 1999)*, 23-54.
- Real Hojas, J. A. (2006). *Diseño de un sistema para el proceso de molienda de carbón mineral para ser usado como combustible industrial* (Bachelor's thesis).
- PETERS, Cristián, 2018. Confiabilidad, respuesta y precio son los principales factores de elección de un equipo de trituración y cribado. En: *Construcción Latinoamericana* [en línea]. Disponible en: <https://www.construccionlatinoamericana.com/agregados-equipos-pesados/132644.article> [consulta: 24 abril 2020].
- Viera Mendoza, A. M. (2016). *Análisis y mejoramiento de los procesos y procedimientos de la empresa constructora Obraciv Cía. Ltda., en la ejecución de proyectos de construcción civil y levantamientos topográficos, sobre la base de la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del Pmbok)* (Master's thesis, PUCE).
- Monteza Leiva, W. (2019). Diseño de una máquina trituradora de botellas plásticas de 100kg/h para optimizar su transporte y almacenamiento en la empresa recicladora planeta verde EIRL-Chiclayo.
- WALKER, S, (20 de abril 2022). Las trituradoras primarias son la clave para el procesamiento exitoso de minerales.  
<https://www.equipo-minero.com/contenidos/rocas-y-chancadoras/>
- TERREL, E. (26 de abril 2022). Sector Construcción creció en 1,51% durante el 2019. *Revista Perú Construye*. En *Revista Peru Construye*  
<https://peruconstruye.net/2020/02/14/inei-sector-construccion-crecio-en-151-durante-el-2019/>

## **ANEXOS**

**ANEXO No1: Formato de Entrevista vacío**

**ENTREVISTA N° \_\_\_\_\_**

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA AGREGADOS JARA RESPECTO AL REDISEÑO DE SU PLANTA DE AGREGADOS DE LA CONSTRUCCION PARA AUMENTAR SU PRODUCCION.**

**ENTREVISTADO:**

**Apellidos y nombres:** .....

**Cargo:** .....

**ENTREVISTADOR:**

**Apellidos y Nombres:** Martell Briceño, Juan David Alberto

**Universidad:** Cesar Vallejo

**Escuela:** Ingeniería Mecánica Eléctrica

**Tesis:** Rediseño de planta de agregados de construcción para aumentar la producción en la empresa Agregados Jara - Huamachuco.

**Objetivo:** Recopilar datos técnicos y económicos de la empresa Agregados Jara

**I. ASPECTO GENERALES.**

1. Enre los equipos y/o maquinas que se encuentran en la planta ¿Cuáles suele ser los que mas fallan? Listar en orden desde el equipo que mas falla hasta el que menos falla.

.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....

2. ¿Qué productos son los que se producen en la planta al final de proceso?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Detalle brevemente la falla más común que se presenta en la planta y que partes y/o equipos afecta.

.....  
.....  
.....  
.....

4. De su experiencia menciones ¿Cuánto es el tiempo aproximado que se tarda la empresa en resolver la falla mencionada en la pregunta anterior?

.....  
.....

5. ¿Qué herramientas y que cantidad de personal se emplean para resolver la falla mencionada en la pregunta 2?

.....  
.....

.....  
.....

**II. ASPECTO DE DISEÑO.**

6. En cuanto a las dimensiones de la planta ¿Cuál es la distancia que recorre el material desde que entra a la planta hasta terminar en el almacenamiento?

.....  
.....  
.....  
.....

7. En su opinión ¿Qué características técnicas poseen los equipos que hay en la planta de agregados?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

8. ¿Cuál es el tamaño de material que ingresa en la entrada de la chancadora?

Mínima: .....

Máxima: .....

9. ¿Cuál es la capacidad actual de la planta para cada uno de los agregados que produce?

.....  
.....  
.....

10. Según el tipo de mercado en el que se labora ¿Cuáles son los tipos de materiales con mayor demanda en el mercado?

.....  
.....  
.....

11. De su experiencia comente algún detalle adicional que esperaría ver en el rediseño planta, Ejemplos: Funciones deseables, innovación en el diseño, etc.

.....  
.....  
.....

**IV. ASPECTO ECONÓMICO.**

12. Describa el tipo y costo de los agregados que produce la empresa

.....  
.....  
.....

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable rediseñar la planta de agregados para aumentar su producción? SI/NO, PORQUE (Explique)

.....

.....

.....

**14.** A criterio personal ¿Cuál sería la inversión mínima y máxima que estaría dispuesto a realizar para el desarrollo de este rediseño?

.....

.....

ENTREVISTA N° 1

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA AGREGADOS JARA RESPECTO AL REDISEÑO DE SU PLANTA DE AGREGADOS DE LA CONSTRUCCION PARA AUMENTAR SU PRODUCCION.

ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: JARA CHACON FLAXITO

Cargo: GERENTE GENERAL

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Martell Briceño, Juan David Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: Rediseño de planta de agregados de construcción para aumentar la producción en la empresa Agregados Jara - Huamachuco.

Objetivo: Recopilar datos técnicos y económicos de la empresa Agregados Jara



DUI: 19538209

**I. ASPECTO GENERALES.**

1. Enre los equipos y/o maquinas que se encuentran en la planta ¿Cuáles suele ser los que mas fallan? Listar en orden desde el equipo que mas falla hasta el que menos falla.

1. ▷ ZARANDA VIBRATORIA
2. ▷ CANAL DE ALIMENTACION DE CHANCADORA
3. ▷ MOTO BOMBA
4. ▷ ZARANDA ESTATICA



2. ¿Qué productos son los que se producen en la planta al final de proceso?

1.- ARENA GRUESA

2.- GRAVILLA DE 1/2"

3.- GRAVILLA DE 3/4"

3. Detalle brevemente la falla más común que se presenta en la planta y que partes y/o equipos afecta.

EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA FARMADA VIBRATORIA, SE PRESENTAN 3 FALLAS: 1.- SE ATASCA DE MUCHO MATERIA 2.- SE SALEN LAS FASAS DE LA POLEA AL MOTOR. 3.- SE ROMPEN LAS CONECCIONES A LOS CANALES DE DESCARGA - POR ELLO SE PARA TODA LA PLANTA.

4. De su experiencia menciones ¿Cuánto es el tiempo aproximado que se tarda la empresa en resolver la falla mencionada en la pregunta anterior?

ENTRE 25 min Y 40 min

5. ¿Qué herramientas y que cantidad de personal se emplean para resolver la falla mencionada en la pregunta 2?

HERRAMIENTAS

PERSONAL

- BARRETILLAS

- ENCARGADO DE PLANTA

- LLAVES

- AYUDANTE DE ENCARGADO DE PLANTA

- SOLDADORA

**II. ASPECTO DE DISEÑO.**

6. En cuanto a las dimensiones de la planta ¿Cuál es la distancia que recorre el material desde que entra a la planta hasta terminar en el almacenamiento?

15 METROS  
.....  
.....  
.....

7. En su opinión ¿Qué características técnicas poseen los equipos que hay en la planta de agregados?

- TOLVA DE RECEPCION = CAPACIDAD 2 m<sup>3</sup> C/U
- CHANCADORA DE ENTRADA 10" x 16" CAPACIDAD DE 60 m<sup>3</sup> C/6 HORAS
- MOTOR CHANCADORA 54 HP
- MOTOR 2-VIBRATORIA 24 HP
- ZARANDA VIBRATORIA DE 1.2 M. x 2.40 M.
- MOTOBOMBA DE 4"
- ZARANDA ESTATICA DE 4 M. x 5 M.

8. ¿Cuál es el tamaño de material que ingresa en la entrada de la chancadora?

Mínima: 1" Máxima: 8"

9. ¿Cuál es la capacidad actual de la planta para cada uno de los agregados que produce?

- PIEDRA 1/2" → 22.5 m<sup>3</sup> / DIA
- ARENA → 22.5 m<sup>3</sup> / DIA
- PIEDRA 3/4 → 15 m<sup>3</sup> / DIA

10. Según el tipo de mercado en el que se labora ¿Cuáles son los tipos de materiales con mayor demanda en el mercado?

- ARCA GRUESA - FILTRO 1" - SLURRY  
- PIEDRA 1/2" - PIEDRA BASE - HORTIGON  
- PIEDRA 3/4" - COFITILLO

11. De su experiencia comente algún detalle adicional que esperaría ver en el rediseño planta, Ejemplos: Funciones deseables, innovación en el diseño, etc.

ME GUSTARIA CONTAR CON UN GRUPO ELECTROGENO.

#### IV. ASPECTO ECONÓMICO.

12. Describa el tipo y costo de los agregados que produce la empresa

ARCA → S/ 50.00  
PIEDRA 1/2" → S/ 35.00  
PIEDRA 3/4" → S/ 30.00

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable rediseñar la planta de agregados para aumentar su producción? SI/NO, PORQUE (Explique)

SI, PORQUE NECESITO PRODUCIR MAYOR CANTIDAD DE AGREGADOS PARA CUMPLIR CON MIS COMPROMISOS.

14. A criterio personal ¿Cuál sería la inversión mínima y máxima que estaría dispuesto a realizar para el desarrollo de este rediseño?

S/ 35.000,00

ANEXO 3

ENTREVISTA N° 2

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA AGREGADOS JARA RESPECTO AL REDISEÑO DE SU PLANTA DE AGREGADOS DE LA CONSTRUCCION PARA AUMENTAR SU PRODUCCION.

ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: Jara Rios, Elin Isel

Cargo: controladora de Planta

DNI: 72714060

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Martell Briceño, Juan David Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: Rediseño de planta de agregados de construcción para aumentar la producción en la empresa Agregados Jara - Huamachuco.

Objetivo: Recopilar datos técnicos y económicos de la empresa Agregados Jara

**I. ASPECTO GENERALES.**

1. Entre los equipos y/o máquinas que se encuentran en la planta ¿Cuáles suele ser los que más fallan? Listar en orden desde el equipo que más falla hasta el que menos falla.

1- Zaranda vibratoria

2- canal de alimentación de chancadora

3- chancadora

4- Zaranda estática

5- Motobomba

2. ¿Qué productos son los que se producen en la planta al final de proceso?

- 1- Arena Gruesa
- 2- Piedra Chancada 1/2"
- 3- Piedra chancada 3/4"

3. Detalle brevemente la falla más común que se presenta en la planta y que partes y/o equipos afecta.

Ruptura de las conexiones de la zaranda vibratoria a los canales de descarga, ello ase que se pare toda la planta.

4. De su experiencia menciones ¿Cuánto es el tiempo aproximado que se tarda la empresa en resolver la falla mencionada en la pregunta anterior?

Un promedio de 45 minutos por el motivo que se tiene que soldarse

5. ¿Qué herramientas y que cantidad de personal se emplean para resolver la falla mencionada en la pregunta 2?

Las herramientas son: Máquina de soldar, llaves, palancas y tacle; el personal que ejecuta la reparación son: El operario de planta y su ayudante.

## II. ASPECTO DE DISEÑO.

6. En cuanto a las dimensiones de la planta ¿Cuál es la distancia que recorre el material desde que entra a la planta hasta terminar en el almacenamiento?

Recorre aproximadamente 13 metros.

7. En su opinión ¿Qué características técnicas poseen los equipos que hay en la planta de agregados?

- Chancadora, capacidad  $9 \text{ m}^3/\text{Hora}$ .

- Motor estacionario de zaranda vibratoria, potencia 24 HP.

- Tolva de recepción doble, capacidad de  $2 \text{ m}^3/\text{d}$ .

- Zaranda estática de 4 metros x 5 metros.

- Motor estacionario de chancadora, potencia 54

HP.

- Motobomba de 4"

8. ¿Cuál es el tamaño de material que ingresa en la entrada de la chancadora?

Mínima: 1" Máxima: 7"

9. ¿Cuál es la capacidad actual de la planta para cada uno de los agregados que produce?

- Piedra chancada de  $3/4"$   $15 \text{ m}^3/\text{día}$ .

- Piedra chancada de media  $20 \text{ m}^3/\text{día}$ .

- Arena gruesa  $20 \text{ m}^3/\text{día}$ .

10. Según el tipo de mercado en el que se labora ¿Cuáles son los tipos de materiales con mayor demanda en el mercado?

1- Arena gruesa ..... 4- Filtro de 1"  
2- Piedra chancada de 1/2 ..... 5- Piedra base 5" a 6"  
3- Piedra chancada de 3/4 ..... 6- refritillo .....

11. De su experiencia comente algún detalle adicional que esperaría ver en el rediseño planta, Ejemplos: Funciones deseables, innovación en el diseño, etc.

Que la luz sea de un grupo electrogeno .....

#### IV. ASPECTO ECONÓMICO.

12. Describa el tipo y costo de los agregados que produce la empresa

- Piedra chancada de 3/4" → \$30.00 / m<sup>3</sup> .....

- Piedra chancada de 1/2" → \$40.00 / m<sup>3</sup> .....

- Arena gruesa → \$50.00 / m<sup>3</sup> .....

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable rediseñar la planta de agregados para aumentar su producción? SI/NO, PORQUE (Explique)

Si, porque existe una gran demanda y con el  
mejoramiento de la planta habria mejor producción .....

14. A criterio personal ¿Cuál sería la inversión minina y máxima que estaría dispuesto a realizar para el desarrollo de este rediseño?

.....

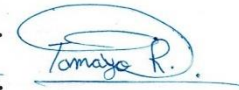
ENTREVISTA N° 3

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA AGREGADOS JARA RESPECTO AL REDISEÑO DE SU PLANTA DE AGREGADOS DE LA CONSTRUCCION PARA AUMENTAR SU PRODUCCION.**

**ENTREVISTADO:**

**Apellidos y nombres:** ..... TAMAYO UEGA SANTOS PEDRO

**Cargo:** ..... OPERADOR DE RETROEXCAVADORA

  
DNI: 47168404

**ENTREVISTADOR:**

**Apellidos y Nombres:** Martell Briceño, Juan David Alberto

**Universidad:** Cesar Vallejo

**Escuela:** Ingeniería Mecánica Eléctrica

**Tesis:** Rediseño de planta de agregados de construcción para aumentar la producción en la empresa Agregados Jara - Huamachuco.

**Objetivo:** Recopilar datos técnicos y económicos de la empresa Agregados Jara

**I. ASPECTO GENERALES.**

1. Enre los equipos y/o maquinas que se encuentran en la planta ¿Cuáles suele ser los que mas fallan? Listar en orden desde el equipo que mas falla hasta el que menos falla.

- ZARANDA VIBRATORIA
- CANAL DE ABASTECIMIENTO DE CHAUCADORA
- CHAUCADORA DE QUIPADAS
- ZARANDA ESTATICA DE RECEPCION
- MOTOBOMBA



2. ¿Qué productos son los que se producen en la planta al final de proceso?

- ARENA GRUESA
- PIEDRA O GRAVILLA DE 1/2"
- PIEDRA O GRAVILLA DE 3/4"

3. Detalle brevemente la falla más común que se presenta en la planta y que partes y/o equipos afecta.

SON TRES FALLAS MUY COMUNES EN LA ZARANDA VIBRATORIA:  
ATAZCAMIENTO, SALIDA DE FASAS Y DESOLDADO DE CONECCIONES  
DE CANALES DE DESCARGA - ESTO IMPLICA UNA PARADA  
TOTAL DE LA PLANTA

4. De su experiencia menciones ¿Cuánto es el tiempo aproximado que se tarda la empresa en resolver la falla mencionada en la pregunta anterior?

AL REDEDOR DE 90 MINUTOS

5. ¿Qué herramientas y que cantidad de personal se emplean para resolver la falla mencionada en la pregunta 2?

HERRAMIENTAS	PERSONAL
- BARRETILLAS	- ENCARGADO DE PLANTA
- JUEGO DE LLAVES	- AYUDANTE
- PAQUINA DE SOLDAR	- CONTROLADOR DE PLANTA

**II. ASPECTO DE DISEÑO.**

6. En cuanto a las dimensiones de la planta ¿Cuál es la distancia que recorre el material desde que entra a la planta hasta terminar en el almacenamiento?

15 METROS  
.....  
.....  
.....

7. En su opinión ¿Qué características técnicas poseen los equipos que hay en la planta de agregados?

- MOTO BOMBA 4"
- CHANCADORA 10 m<sup>3</sup>/HR.
- TOLVAS RECEPCION 2 m<sup>3</sup>
- MOTOR CHANCADORA 54 HP
- MOTOR ZARANDA VIBRATORIA 24 HP
- ZARANDA VIBRATORIA DE 1.2 METROS x 2.40 METROS

8. ¿Cuál es el tamaño de material que ingresa en la entrada de la chancadora?

Mínima: 1" Máxima: 8"

9. ¿Cuál es la capacidad actual de la planta para cada uno de los agregados que produce?

60 m<sup>3</sup> POR DÍA, 22.5 m<sup>3</sup> ARENA, 22.5 m<sup>3</sup> PIEDRA  
CHANCADA DE 1/2" Y 15 m<sup>3</sup> PIEDRA CHANCADA DE 3/4"

10. Según el tipo de mercado en el que se labora ¿Cuáles son los tipos de materiales con mayor demanda en el mercado?

- ARENA GRUESA
- PIEDRA BASE (6" A 8")
- GRAVILLA 1/2"
- PIEDRA CHANCADA 1" (FILTRO)
- GRAVILLA 3/4"
- COFITILLO

11. De su experiencia comente algún detalle adicional que esperaría ver en el rediseño planta, Ejemplos: Funciones deseables, innovación en el diseño, etc.

QUE LA PLANTA SEA ACCIONADA POR UN GRUPO ELECTROGENO

**IV. ASPECTO ECONÓMICO.**

12. Describa el tipo y costo de los agregados que produce la empresa

- ARENA GRUESA → S/55.00
- PIEDRA CHANCADA 1/2" → S/45.00
- PIEDRA CHANCADA 3/4" → S/35.00

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable rediseñar la planta de agregados para aumentar su producción? SI/NO, PORQUE (Explique)

SI, SE EVITARIA TODAS LAS PARADAS Y SE PRODUCIRIA MUCHO MAS.

14. A criterio personal ¿Cuál sería la inversión minina y máxima que estaría dispuesto a realizar para el desarrollo de este rediseño?

—

ENTREVISTA N° 4

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA AGREGADOS JARA RESPECTO AL REDISEÑO DE SU PLANTA DE AGREGADOS DE LA CONSTRUCCION PARA AUMENTAR SU PRODUCCION.**

**ENTREVISTADO:**

**Apellidos y nombres:** ESCUDERO JULIAN DANIEL ENRIQUE

**Cargo:** OPERARIO DE PLANTA

DNI: 41245366

**ENTREVISTADOR:**

**Apellidos y Nombres:** Martell Briceño, Juan David Alberto

**Universidad:** Cesar Vallejo

**Escuela:** Ingeniería Mecánica Eléctrica

**Tesis:** Rediseño de planta de agregados de construcción para aumentar la producción en la empresa Agregados Jara - Huamachuco.

**Objetivo:** Recopilar datos técnicos y económicos de la empresa Agregados Jara

**I. ASPECTO GENERALES.**

1. Enre los equipos y/o maquinas que se encuentran en la planta ¿Cuáles suele ser los que mas fallan? Listar en orden desde el equipo que mas falla hasta el que menos falla.

- ZARANDA VIBRATORIA
- CANAL DE ALIMENTACION DE CHANCADORA
- CHANCADORA
- ZARANDA ESTATICA
- FOTOBOMBA

2. ¿Qué productos son los que se producen en la planta al final de proceso?

- ARENA GRUESA CHANCADA
- PIEDRA CHANCADA DE 1/2"
- PIEDRA CHANCADA DE 3/4"
- PIEDRA BASE DE 5" A 8"

3. Detalle brevemente la falla más común que se presenta en la planta y que partes y/o equipos afecta.

ROPTURA DE LA CONECCION DE LA ZARANDA VIBRATORIA  
CON LOS CANALES DE DESCARGA, CUANDO ESTO  
FALLA TODA LA PLANTA TIENE QUE PARAR.

4. De su experiencia menciones ¿Cuánto es el tiempo aproximado que se tarda la empresa en resolver la falla mencionada en la pregunta anterior?

40 MIN.

5. ¿Qué herramientas y que cantidad de personal se emplean para resolver la falla mencionada en la pregunta 2?

HERRAMIENTAS	PERSONAL
- MAQUINA DE SOLDAR	- OPERARIO
- COMBA	- AYUDANTE
- LLAVES	

## II. ASPECTO DE DISEÑO.

6. En cuanto a las dimensiones de la planta ¿Cuál es la distancia que recorre el material desde que entra a la planta hasta terminar en el almacenamiento?

15 METRO DESDE ZARANDA ESTÁTICA (INICIO)  
HASTA LOS SILOS DE ALMACENAMIENTO.

7. En su opinión ¿Qué características técnicas poseen los equipos que hay en la planta de agregados?

- CHANCADORA, CAPACIDAD  $9 \text{ m}^3 / \text{HORA}$ .  
- MOTOR ESTACIONARIO DE CHANCADORA, POTENCIA 57 HP  
- MOTOR ESTACIONARIO DE ZARANDA VIBRATORIA, POTENCIA 27 HP  
- TOLVA DE RECEPCIÓN DOBLE, CAPACIDAD  $2 \text{ m}^3 \text{ C/U}$   
- MOTORCITA DE 4"  
- ZARANDA ESTÁTICA DE 4 METROS  $\times$  5 METROS

8. ¿Cuál es el tamaño de material que ingresa en la entrada de la chancadora?

Mínima: 1" Máxima: 7"

9. ¿Cuál es la capacidad actual de la planta para cada uno de los agregados que produce?

- ARENA GRUESA  $22.5 \text{ m}^3 / \text{DIA}$   
- PIEDRA CHANCADA 3/4"  $15 \text{ m}^3 / \text{DIA}$   
- PIEDRA CHANCADA 1/2"  $22.5 \text{ m}^3 / \text{DIA}$

10. Según el tipo de mercado en el que se labora ¿Cuáles son los tipos de materiales con mayor demanda en el mercado?

- 1 - ARENA CHANCADA GRUESA ..... 4 - FILTRO 1" .....  
2 - GRAVILLA DE 1/2" ..... 5 - PIEDRA BASE 5" A 8" .....  
3 - GRAVILLA DE 3/4" ..... 6 - COFITILLO .....

11. De su experiencia comente algún detalle adicional que esperaría ver en el rediseño planta, Ejemplos: Funciones deseables, innovación en el diseño, etc.

QUE TODA LA ALIMENTACION DE ENERGIA SEA  
ABASTECIDA POR UN GRUPO ELECTROGENO

#### IV. ASPECTO ECONÓMICO.

12. Describa el tipo y costo de los agregados que produce la empresa

- ARENA GRUESA ..... → S/. 50.00 /m<sup>3</sup> .....  
- PIEDRA CHANCADA DE 3/4 ..... → S/. 30.00 /m<sup>3</sup> .....  
- PIEDRA CHANCADA DE 1/2 ..... → S/. 40.00 /m<sup>3</sup> .....

13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable rediseñar la planta de agregados para aumentar su producción? SI/NO, PORQUE (Explique)

SI, SI PRODUCIEROS MAS CANTIDAD TENDRIAMOS  
MAS VENTAN.

14. A criterio personal ¿Cuál sería la inversión mínima y máxima que estaría dispuesto a realizar para el desarrollo de este rediseño?

.....  
.....

ENTREVISTA N° 5

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA AGREGADOS JARA RESPECTO AL REDISEÑO DE SU PLANTA DE AGREGADOS DE LA CONSTRUCCION PARA AUMENTAR SU PRODUCCION.

ENTREVISTADO:

Apellidos y nombres: ESCUDERO JULIAN RONALD

Cargo: AYUDANTE EL OPERARIO DE LA PLANTA

ENTREVISTADOR:

DNI 45109492

Apellidos y Nombres: Martell Briceño, Juan David Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: Rediseño de planta de agregados de construcción para aumentar la producción en la empresa Agregados Jara - Huamachuco.

Objetivo: Recopilar datos técnicos y económicos de la empresa Agregados Jara

**I. ASPECTO GENERALES.**

1. Entre los equipos y/o maquinas que se encuentran en la planta ¿Cuáles suele ser los que mas fallan? Listar en orden desde el equipo que mas falla hasta el que menos falla.

1. ZARANDA VIBRATORIA

2. CANAL DE ALIMENTACION DE CHANCADORA

3. CHANCADORA

4. ZARANDA ESTATICA

5. MOTOBOMBA



2. ¿Qué productos son los que se producen en la planta al final de proceso?

- ARENA GRUESA
- PIEDRA CHANCADA 1/2"
- PIEDRA CHANCADA 3/4"

3. Detalle brevemente la falla más común que se presenta en la planta y que partes y/o equipos afecta.

- SATURACIÓN DEL CANAL DE ALIMENTACIÓN DE LA CHANCADORA, ESTO HACE QUE TODO EL PROCESO SE VUELVA DEMASIADO LENTO HASTA QUE LA CHANCADORA SE LIBERA.

4. De su experiencia menciones ¿Cuánto es el tiempo aproximado que se tarda la empresa en resolver la falla mencionada en la pregunta anterior?

- UN PROMEDIO DE 25 MINUTOS

5. ¿Qué herramientas y que cantidad de personal se emplean para resolver la falla mencionada en la pregunta 2?

- HERRAMIENTAS COMO: BARRETILLA, PALANA Y CARRETILLA, Y EL PERSONAL QUE EJECUTA LA LIMPIEZA DEL CANAL SON EL OPERARIO DE PLANTA Y SU AYUDANTE

**II. ASPECTO DE DISEÑO.**

6. En cuanto a las dimensiones de la planta ¿Cuál es la distancia que recorre el material desde que entra a la planta hasta terminar en el almacenamiento?

RECORRE APROXIMADAMENTE 15 METROS  
.....  
.....  
.....

7. En su opinión ¿Qué características técnicas poseen los equipos que hay en la planta de agregados?

- TOLVA DE RECEPCION DOBLE, CAPACIDAD 2 METROS CADA UNO  
- CHANCADORA, CAPACIDAD 8 METROS CUBICOS POR HORA  
- MOTOR ESTACIONARIO DE CHANCADORA, POTENCIA 54 HP  
- MOTOR ESTACIONARIO 2.V., POTENCIA 24 HP  
- MOTO BOMBA DE 4"

8. ¿Cuál es el tamaño de material que ingresa en la entrada de la chancadora?

Mínima: 1" Máxima: 7"

9. ¿Cuál es la capacidad actual de la planta para cada uno de los agregados que produce?

PIEDRA CHANCADA DE 1/2 20 M<sup>3</sup> / DIA  
ARENA GRUESA 20 M<sup>3</sup> / DIA  
PIEDRA CHANCADA 3/4 15 M<sup>3</sup> / DIA

10. Según el tipo de mercado en el que se labora ¿Cuáles son los tipos de materiales con mayor demanda en el mercado?

- 1- ARENA GRUESA
- 2- PIEDRA CHANCADA DE 1/2
- 3- PIEDRA CHANCADA 3/4
- 4- FILTRO DE 1"
- 5- PIEDRA BASE 5" A 8"
- 6- COFITILLO

11. De su experiencia comente algún detalle adicional que esperaría ver en el rediseño planta, Ejemplos: Funciones deseables, innovación en el diseño, etc.

QUE LA PLANTA SE ALIMENTE A TRAVÉS DE UN EQUIPO ELECTROGENO

#### IV. ASPECTO ECONÓMICO.

12. Describa el tipo y costo de los agregados que produce la empresa

- PIEDRA CHANCADA DE 1/2 \$440.00 / M<sup>3</sup>
- ARENA GRUESA \$150.00 / M<sup>3</sup>
- PIEDRA CHANCADA 3/4 \$30.00 / M<sup>3</sup>


13. A su criterio ¿Cree usted que sería rentable rediseñar la planta de agregados para aumentar su producción? SI/NO, PORQUE (Explique)


SI, PORQUE HAY MAS DEMANDA DE AGREGADOS Y ES NECESARIO PRODUCIR MAS

14. A criterio personal ¿Cuál sería la inversión mínima y máxima que estaría dispuesto a realizar para el desarrollo de este rediseño?

—

## ANEXO 7 – Especificaciones técnicas de la motobomba HJ/4/13C.






M  
O  
T  
O  
B  
O  
M  
B  
A  
S

### HJ / 4 / 13 C

MOTOBOMBA DE CAUDAL

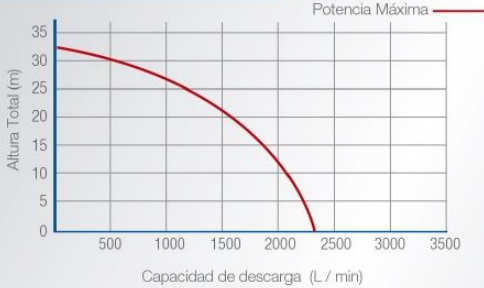


### Características

<b>BOMBA JOPCO CAUDAL</b>	
Diámetro de succión / descarga	4"
Altura total máxima	32 m
Altura de succión máxima	8 m
Caudal máximo	2,280 L/min
<b>MOTOR</b>	
Modelo	GX 390
Tipo de motor	4 Tiempos, OHV, Monocilíndrico
Potencia máxima (HP / rpm)	13.0 / 3,600
Potencia neta (HP / rpm)	11.0 / 3,600
Consumo de combustible	3.7 L/h

La motobomba HJ / 4 / 13 C no lleva codo en la descarga.

### Curva de Performance



The graph plots 'Altura Total (m)' on the y-axis (0 to 35) against 'Capacidad de descarga (L / min)' on the x-axis (0 to 3500). A red curve labeled 'Potencia Máxima' shows the relationship between head and flow rate.

## Anexo 8 – Secuencia de calculo

### 4.2.1 Zaranda estática

Cálculo del flujo volumétrico que ingresa y sale de la zaranda estática

Entrada de la zaranda estática

$$\dot{V}_{Entrada} = \dot{V}_{Ribera\ de\ rio} + \dot{V}_{Agua}$$

$$\dot{V}_{Ribera\ de\ rio} = \dot{V}_{arena} + \dot{V}_{piedra}$$

El abastecimiento es de 1 m<sup>3</sup> cada 4 minutos, reemplazando en la ecuación 2

$$\dot{V}_{Ribera\ de\ rio} = 0.25\ m^3/min$$

De la Figura 5, obtenemos el siguiente dato

$$\dot{V}_{agua} = 1800\ L/min = 1.8\ m^3/min$$

Reemplazando la ecuación 59 y 60 en la ecuación 57

$$\dot{V}_{Entrada} = \dot{V}_{Ribera\ de\ rio} + \dot{V}_{Agua}$$

$$\dot{V}_{Entrada} = 1.8\ m^3/min + 0.25\ m^3/min$$

$$\dot{V}_{Entrada} = 2.05\ m^3/min$$

En la salida de la Zaranda estática, calculando el flujo volumétrico de ribera de rio que entra a la zaranda estática durante una hora

De la ecuación 59, calculamos el flujo volumétrico en una hora.

$$\dot{V}_{Ribera\ de\ rio} = \frac{0.25m^3}{min} * \frac{60min}{1hora} = 15\ m^3/hora$$

Usando los datos obtenidos en las entrevistas, la pregunta No 9 se tiene que la planta produce 22.5 m<sup>3</sup> de arena gruesa, 22.5 m<sup>3</sup> de piedra de ½" y 15 m<sup>3</sup> de piedra de ¾", entonces hace un total de 60m<sup>3</sup> cada 6 horas

$$\dot{V}_{Produccion\ planta} = \frac{60\ m^3}{6\ hora} = 10\ m^3/hora = \frac{10m^3}{hora} * \frac{1\ hora}{60\ min} = 0.167\ m^3/min$$

$$\dot{V}_{Produccion\ planta} = \frac{0.167\ m^3}{min} * \frac{60\ min}{1\ hora} = 10\ m^3/h$$

De los 15 m<sup>3</sup> que ingresan durante una hora a la zaranda estática; se producen 10 m<sup>3</sup> de agregados y 5 m<sup>3</sup> de gruesos.

$$\dot{V}_{Salida} = \dot{V}_{Productos} + \dot{V}_{Gruesos}$$

$$\dot{V}_{Productos} = \dot{V}_1 + \dot{V}_2$$

Donde:

$\dot{V}_1$ : Agua +arena

$\dot{V}_2$ : Piedra de 1/2" hasta 6"

$\dot{V}_{Gruesos}$ : Piedra de 7" a más (Gruesos)

De la ecuación 6, reemplazamos

$$\dot{V}_{Productos} = \dot{V}_{Agua} + \dot{V}_{Arena} + \dot{V}_{Piedra\ de\ 1/2''\ hasta\ 7''}$$

$$\dot{V}_{Arena} + \dot{V}_{Piedra\ de\ 1/2''\ hasta\ 7''} = \dot{V}_{Produccion\ planta}$$

$$\dot{V}_{Productos} = 1.8\ m^3/min + 0.167\ m^3/min$$

$$\dot{V}_{Productos} = 1.967\ m^3/min$$

$$\dot{V}_{Entrada} = \dot{V}_{Salida}$$

$$\dot{V}_{Entrada} = \dot{V}_{Productos} + \dot{V}_{Gruesos}$$

$$2.05\ m^3/min = 1.967\ m^3/min + \dot{V}_{Gruesos}$$

$$\dot{V}_{Gruesos} = 0.083\ m^3/min$$

Usando los datos obtenidos en la entrevista en la pregunta No 9 se tiene que la planta produce 22.5 m<sup>3</sup> de arena gruesa, 22.5 m<sup>3</sup> de piedra de 1/2" y 15 m<sup>3</sup> de piedra de 3/4".

Cálculo del porcentaje de cada producto de saluda de la planta

% de arena gruesa con respecto al total producido durante un turno de 6 horas.

60 m<sup>3</sup> de productos ----- 100%

22.5 m<sup>3</sup> de arena gruesa ----- X<sub>1</sub>%

$$X_1 = \frac{22.5 * 100}{60}$$

$$X_1 = 37.5\% \text{ de arena gruesa}$$

% de piedra de 1/2" con respecto al total producido durante un turno de 6 horas.

60 m<sup>3</sup> de productos ----- 100%

22.5 m<sup>3</sup> de Piedra de 1/2" ----- X<sub>2</sub>

$$X_1 = \frac{22.5 * 100}{60}$$

$$X_1 = 37.5\% \text{ de piedra de } 1/2''$$

% de piedra de 3/4" con respecto al total producido durante un turno de 6 horas.

60 m<sup>3</sup> de productos ----- 100%

22.5 m<sup>3</sup> de piedra de 3/4" ----- X<sub>3</sub>

$$X_3 = \frac{15 * 100}{60}$$

$$X_3 = 25\% \text{ de piedra } 3/4''$$

Entonces:

$$V_1 = V_{\text{agua}} + V_{\text{arena gruesa}}$$

$$\dot{V}_{\text{agua}} = 1800 \text{ L/min} = 1.8 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_{\text{Arena gruesa}} = 0.167 \text{ m}^3/\text{min} * 37.5\% = 0.062625 \text{ m}^3/\text{min} = 3.7575 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\dot{V}_1 = 1.8 \text{ m}^3/\text{min} + 0.0625 \text{ m}^3/\text{min} = 1.862625 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_2 = V_{\text{piedra } 1/2''} + V_{\text{piedra de } 3/4''}$$

$$\dot{V}_{\text{Piedra } 1/2''} = 0.167 \text{ m}^3/\text{min} * 37.5\% = 0.062625 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_{\text{Piedra } 3/4''} = 0.167 \text{ m}^3/\text{min} * 25\% = 0.04175 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\begin{aligned}\dot{V}_2 &= 0.062625 \text{ m}^3/\text{min} + 0.04167 \text{ m}^3/\text{min} = 0.104375 \text{ m}^3/\text{min} \\ &= 6.2625 \text{ m}^3/\text{hora}\end{aligned}$$

Para los cálculos de la zaranda hace de las dimensiones de ambas tramas la fina es para separar la arena de los gruesos y tiene el tamaño de la rejilla es de 1/2"



## Anexo 9 – Fotos de la planta Agregados Jara



## ANEXO 10 - Operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escalas de medición
<b>Independiente</b>	La planta de trituración y selección es un conjunto de máquinas que procesa un material de forma que produce trozos de un tamaño menor al tamaño original. Su objetivo principal es de desintegrar y reducir el tamaño del material, para luego clasificarlo de acuerdo al tamaño y geometría requerida (GUZMAN, 2007).	Proceso de análisis y dimensionamiento de equipos que conforman la planta, para alcanzar el nivel de producción deseado.	m	Dimensiones de trituradoras	Intervalo
<b>Rediseño de la planta de agregados</b>			rpm	Velocidad de trituración.	Razón
			rpm	Velocidad crítica.	Intervalo
<b>Dependiente</b>	La producción de agregados es la actividad destinada a la obtención de materiales fragmentados y clasificados de acuerdo a su tamaño. La materia prima, el capital, el trabajo humano y los equipos son factores que combinándolos hacen posible la producción (GUZMAN, 2007).	Es el cambio de la producción a valores superiores a los actuales, para una determinada potencia.	kW	Potencia de trituración	Razón
<b>Aumento de la producción.</b>			t/h	Producción actual	Razón
			t/h	Producción final	Razón

## Anexo 11 – programación en Octave

```

1 % Chancadora - Programa para diseño parametrico de una chancadora
2 % Fecha: 21/06/2022
3 % Por: EMPL
4 % -----
5 clc, clear, close all %Comandos de inicializacion
6
7 % 1) Variables de entrada
8 w = 0.4:0.3:1.3; % (m) Ancho de la entrada de la chancadora
9 Wi = 25.17; % (kWh/ton) Indice de trabajo de Boond
10 % LT = 0.016; % (m) Longitud de carrera de la mandibula
11 Lmin = 0.019; % (m) Apertura minima de salida
12 D = 6; % (in) Diametro maximo de alimentacion
13 d = 1; % (in) Diametro maximo de la salida del producto
14 rho = 1.7; % (ton/hr) Densidad de la materia prima
15 G = 0.254; % (m) Apertura de la entrada de la chancadora
16 f_pk = 0.89; % (Adim) Constante de empaquetamiento
17 f_beta = 1.0; % (Adim) Relacion entre la apertura y el tamaño medio de alimentacion
18 Sc = 1; % (Adim) Constante de superficie
19 v = 250:5:550; % (rpm) Velocidad del eje excentrico
20
21
22 % 2) Calculos
23 %
24 P = zeros(length(w),length(v));
25 QA = zeros(length(w),length(v));
26
27
28 for i = 1:length(w)
29     for j = 1:length(v)
30         LT = 0.0502*G^0.85; % (m) Longitud de carrera de la mandibula
31         R = D/d; % (Adim) Relacion de reduccion
32         vc = 47*(1/(LT^0.5))*((R-1)/R)^0.5; % (rpm) Velocidad critica
33         QF = 132435*w(i)*(2*Lmin+LT)*(1/vc); % (ton/h) Flujo a velocidad critica
34         QM = QF*rho*f_pk*f_beta*Sc; % (ton/h) Flujo maximo
35         QA(i,j) = QM*vc/v(j); % (ton/h) Flujo real
36         P(i,j) = 0.01195*Wi*QA(i,j)*((sqrt(G)-1.054*sqrt(Lmin+LT))/(sqrt(G)*sqrt(Lmin+LT))); % (kW)
37         vop = 280*exp(-0.212*G^3); % (rpm) Velocidad optima
38
39     end
40 end
41
42 % 3) Resultados
43 disp(' ')
44 disp('Analisis parametrico')
45 disp(['Relacion de reduccion = ', num2str(R) ' Adim'])
46 disp(['Velocidad critica = ', num2str(vc), 'rpm'])
47 % disp(['Potencia de triturado = ' num2str(P) 'kW'])
48
49
50 % 4) Graficas
51 plot(v,P)
52 grid
53 xlabel('Velocidad del eje excentrico (rpm)')
54 ylabel('Potencia requerida (kW)')
55 legend('w = 0.4 m', 'w = 0.7 m', 'w = 1.0 m', 'w = 1.3 m')
56 %
57 figure
58 plot(v,QA)
59 grid
60 xlabel('Velocidad del eje excentrico (rpm)')
61 ylabel('Flujo Real (ton/h)')
62 legend('w = 0.4 m', 'w = 0.7 m', 'w = 1.0 m', 'w = 1.3 m')

```

Anexo 11 – imágenes de la chancadora de Agregados Jara

