

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE MINAS
MINERÍA DE CAMPO

**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE AGREGADOS DE LA CANTERA
CARAYACA PARA CONOCER LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE
PRODUCCIÓN. PERÍODO JULIO – SEPTIEMBRE DE 2014.**

INFORME PRESENTADO ANTE LA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA POR:

Br. Gavidia M. Winder A.

Br. Pimentel S. Reinaldo R.

PARA OPTAR POR LA ASIGNATURA:

MINERÍA DE CAMPO (3230)

Caracas, 2015

MINERÍA DE CAMPO

MINERÍA DE CAMPO 2014

DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE AGREGADOS DE LA CANTERA CARAYACA PARA CONOCER LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE PRODUCCIÓN. PERÍODO JULIO – SEPTIEMBRE DE 2014.

TUTORA ACADÉMICA: Prof. Aurora Piña

TUTORA INDUSTRIAL: Ing. Marianne Garrido

Caracas, 2015

Br. Gavidia M. Winder A.

Br. Pimentel S. Reinaldo R.

**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE AGREGADOS DE LA CANTERA
CARAYACA PARA CONOCER LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE
PRODUCCIÓN. PERÍODO JULIO – SEPTIEMBRE DE 2014.**

**Tutor académico: Prof. Aurora Piña. Minería de Campo 2014. Caracas, U.C.V.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica**

RESUMEN

La cantera Carayaca beneficia actualmente minerales no metálicos de la corteza terrestre, obteniendo piedra picada, arrocillo, polvo de piedra, ripio y arena. La empresa cuenta con dos plantas de beneficio mineral, cuya capacidad de tratamiento es de 200t/h para la planta 1 y 300t/h para la planta 2. Para el mes de julio del 2014 se determinaron las especificaciones técnicas y de producción de ambas plantas, señalando las particularidades de cada equipo y del material que en ellas se beneficia. Se elaboró el diagrama de trituración para esquematizar el proceso de disminución de tamaño del material, asignándole un código de referencia a cada equipo que la compone, y señalando los aspectos más relevantes. Se pudo determinar que la capacidad de los equipos de la planta 1 y 2 están acorde con el flujo de material con que se alimentan. Las producciones teóricas establecen un comportamiento del todo-uno dentro de la planta con producción de finos 19,10% menor a la de agregados gruesos (ripio, arena y polvo de piedra) para la planta 1, y un 17,00% menor que la de agregados gruesos para la planta 2. Sin embargo, los valores reales indican que la producción de finos esta 22,48% por encima de la producción de agregados gruesos para la planta 1 (61, 24% del material de alimentación) y 16,08% por encima para la planta 2 (58,04% del material de alimentación). La producción de finos por encima de los valores teóricos puede ser originada por causas puntuales como: calibración inadecuada de los equipos de trituración, baja eficiencia de algunas máquinas, comportamiento del material de alimentación al ser sometido a mecanismos de fragmentación.

Palabras Clave: minería, cantera, planta, especificaciones, producción

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios sobre todas las cosas.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, por brindarnos la formación académica.

A la profesora Aurora Piña, por ofrecernos su apoyo y valioso tiempo.

A la ingeniera Marianne Garrido, por ser nuestro principal apoyo en la empresa y más allá de eso por su valiosa amistad.

A nuestros familiares por su apoyo incondicional. Sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A nuestros amigos Yusbelys Méndez y Daniel Seijas, quienes han sido unas personas importantes en esta etapa de nuestra carrera y nuestras vidas.

A todo el personal de VARCAM C.A. por su colaboración y e interés por ayudarnos.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DE LA EMPRESA Y DEL YACIMIENTO	2
1.1 Generalidades de la empresa	2
1.1.1 Reseña histórica	2
1.1.2 Misión	3
1.1.3 Visión	4
1.1.4 Objetivos	4
1.2 Ubicación y características generales del área de explotación	4
1.3 Características del medio físico	5
1.3.1 Clima	5
1.3.2 Precipitación	6
1.3.3 Vientos	6
1.3.4 Suelos	6
1.3 Proceso de producción de la cantera	7
1.4 Geología del yacimiento	8
1.5.1 Geología regional	8
Complejo La Costa (Mesozoico)	8
Fase Tacagua (Jurásico – Cretácico)	8
Fase Antúmano (Cretácico)	9
1.5.2 Geología local	9
CAPÍTULO II. EL PROBLEMA	13
2.1 Planteamiento del problema	13
2.2 Objetivos	13
2.2.1 Objetivo general	13
2.2.2 Objetivos específicos	14

2.3 Justificación	14
2.4 Limitaciones	14
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	16
3.1 Antecedentes de la investigación	16
3.2 Bases teóricas	16
3.2.1 Razón de reducción	16
3.2.2 Circuitos de tratamiento	17
3.2.3 Análisis granulométrico	17
Técnica de cuarteo visual	18
3.2.4 Dimensión característica	19
3.2.5 Diámetro proyectado o diámetro Feret	19
3.2.6 Tamaño de agregados según RCM Plantas	20
3.3 Definición de términos básicos	21
3.3.1 Proceso de trituración y clasificación	21
Trituración primaria	22
Trituración secundaria	22
Cribado	22
3.3.2 Principales equipos de trituración, clasificación y distribución	22
Trituradora de mandíbula	22
Alimentador vibratorio	24
Cinta transportadora	24
Trituradora de conos	25
Trituradora de impacto	25
Criba	26
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA Y RESULTADOS	27
4.1 Diseño y tipo de investigación	27
4.2. Población y muestra	28
4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
4.4. Herramientas	30
4.5 Resultados	30
4.5.1. Codificación de equipos	31

4.5.2 Circuitos de trituración	32
4.5.3 Especificaciones técnicas de los equipos	33
4.5.4. Descripción de las plantas de beneficio mineral	33
Planta 1	34
Planta 2	36
4.5.5 Material de alimentación (todo-uno)	39
4.5.6 Producción de las plantas de trituración	41
4.5.7 Producción real y teórica de la planta 1 y 2	42
CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS	52
ANEXOS	53
Anexo N° 1. Equipos que conforman la planta 1 de la cantera Carayaca con su codificación	54
Anexo N° 2. Balance de masa y producción de la planta 1 de la Cantera Carayaca	55
Anexo N° 3. Equipos que conforman la planta 2 de la cantera Carayaca con su codificación	56
Anexo N° 4. Balance de masa y producción de la planta 2 de la cantera Carayaca	57
Anexo N° 5. Especificaciones técnicas de los alimentadores vibratorios	58
Anexo N° 6. Especificaciones técnicas de las trituradoras de mandíbula	58
Anexo N° 7. Especificaciones técnicas de la trituradora de impacto	58
Anexo N° 8. Especificaciones técnicas de las trituradoras de cono	58
Anexo N° 9. Especificaciones técnicas de las cribas vibratorias	59
Anexo N° 10. Especificaciones técnicas de las cintas transportadoras	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1. Clasificación general de equipos	31
Tabla N° 2. Distribución granulométrica del material de alimentación	40
Tabla N° 3. Alimentación y producción mensual	41
Tabla N° 4. Producción real y teórica de la planta 1	42
Tabla N° 5. Producción real y teórica de la planta 2	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico N° 1. Distribución granulométrica	41
Gráfico N° 2. Producción real y teórica de la planta 1	43
Gráfico N° 3. Producción real y teórica de la planta 2	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura N° 1. Administración de la empresa, junta directiva	3
Figura N° 2. Ubicación de la zona de estudio	5
Figura N° 3. Esquistos grafitosos-granatíferos, cuarzo calcáreos y mármol compacto en parte sur del frente 4	10
Figura N° 4. Mármol gris, anfibolitas, esquistos cuarcíticos con niveles delgados de esquistos anfibolíticos intercalados al tope de la secuencia norte del frente 4	11
Figura N° 5. Secuencia litológica del frente 2	12
Figura N° 6. Distribución granulométrica de agregados	19
Figura N° 7. Diámetro característico	19
Figura N° 8. Tamaño equivalente de partícula	20
Figura N° 9. Simbología utilizada en los diagramas de trituración	32
Figura N° 10. Planta 1 de beneficio mineral de la cantera Carayaca	34
Figura N° 11. Planta 2 de beneficio mineral de la cantera Carayaca	36
Figura N° 12. Todo-uno de alimentación de las plantas 1 y 2	40

INTRODUCCIÓN

La cantera Carayaca, perteneciente a la Empresa Varguense de Canteras y Minas VARCAM C.A. se encarga de la extracción, clasificación y comercialización de roca caliza metamórfica y esquistos, para obtener productos comerciales como: piedra picada, arrocillo, polvo de piedra, ripio y arena. La misma cuenta con dos plantas de beneficio mineral, cuya capacidad de tratamiento es de 200t/h para la planta 1 y 300t/h para la planta 2, es decir, 500t/h de producción total de materiales.

El presente trabajo está enfocado hacia las plantas de beneficio mineral y las características del material con que ella se alimentan, con la finalidad de ofrecerle a la empresa datos de reales y teóricos de producción, así mismo proporcionarle una herramienta sencilla y efectiva para organizar todo lo referente a los datos de los equipos que conforman las plantas y que sea aplicable a cualquier investigación posterior a ésta.

Este trabajo se compone de la siguiente manera: Capítulo I, donde se encuentran las generalidades de la empresa y del yacimiento, y se describe la reseña histórica, misión y visión de la empresa, así como la ubicación del área de explotación, las características del medio físico y la información geológica detallada del yacimiento. Capítulo II, relacionado con la problemática de la investigación, alcances y limitaciones. Capítulo III, en el que se describen las bases teóricas de la investigación. Capítulo IV, donde se presenta la metodología utilizada para cumplir con los objetivos planteados, así como la exposición de los resultados obtenidos. Capítulo V, que resume el análisis realizado a los resultados obtenidos. Por último se dan las conclusiones en base a los análisis realizados y las recomendaciones de manera puntual.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA Y DEL YACIMIENTO

El presente capítulo tiene como finalidad dar a conocer información referente a la reseña histórica, misión, visión y objetivos de la empresa, así como la ubicación, características físicas y geológicas de la zona de explotación.

1.1 Generalidades de la empresa

1.1.1 Reseña histórica

La empresa estatal “DE CANTERAS Y MINAS de Vargas Varcam, C.A” se creó bajo decreto No.11°-2013 de fecha 27 de diciembre del 2013, con la finalidad de garantizar los servicios y calidad de vida de las presentes generaciones en cumplimiento con lo establecido en la constitución de la República Bolivariana de Venezuela y el Plan de la Patria, a través de sus políticas de bienestar; impulsando la construcción de viviendas, edificaciones, autopistas, terminales entre otras. Para lo cual se hace necesario la producción de materia prima (agregados para la construcción) que permita cumplir con las metas planteadas, contribuyendo con el progreso económico y social de la población del estado Vargas mediante la implementación de una política de desarrollo sustentable.

A razón de lo antes expuesto nace VARCAM C.A, la cual está ubicada en la avenida La Armada, Urbanización Fundación Mendoza, parroquia Urimare, municipio Catia La Mar, frente al elevado Zamora, en el edificio sede de la Ferretería Socialista piso uno. La administración de la empresa es ejercida por la Junta Directiva, donde el Gobernador del estado asigna una labor a cada uno, tal como se muestra en el organigrama de la figura N° 1.

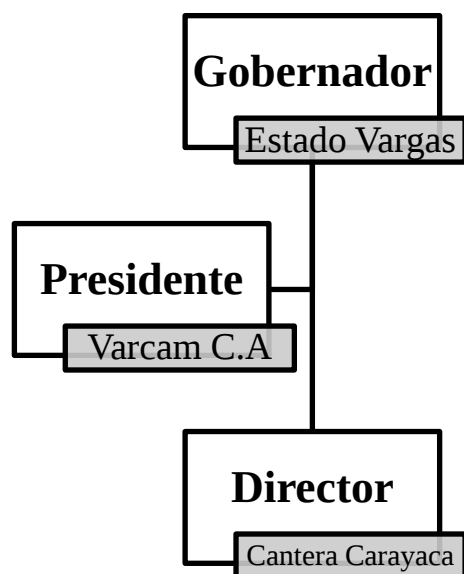


Figura N° 1. Administración de la empresa, junta directiva. Fuente: elaboración propia

La empresa cuenta con un equipo de profesionales, técnicos y obreros en los diferentes escalafones administrativos que componen la estructura organizativa de la empresa, los cuales identificados con la visión y misión de la empresa dedican su tiempo al desarrollo productivo de la misma a través de la explotación planificada de agregados, mediante eficientes controles y una transparente administración.

Con el objetivo de iniciar la comercialización y distribución de materiales de construcción se creó una ferretería socialista para cubrir las necesidades de material del colectivo y las obras llevadas a cabo en el estado Vargas.

1.1.2 Misión

La Empresa Varguense de Canteras y Minas debidamente adscrita a la Gobernación del Estado Vargas, tiene como misión la exploración, perforación, dragado, explotación a cielo abierto y subterráneo, para la obtención selectiva de minerales no metálicos de la corteza terrestre a partir del valioso esfuerzo individual de cada uno de los trabajadores de

la organización. Así como también desarrollar proyectos y alianzas estratégicas asegurando una mejor distribución de los ingresos y logros de las metas.

1.1.3 Visión

Ser una empresa líder, de calidad y alta capacidad productiva en la extracción, industrialización y comercialización de minerales no metálicos de la corteza terrestre, asegurando una sostenida credibilidad a través de productos y servicios de alta calidad y rentabilidad, mediante el uso sustentable de los agregados. Así como también el desarrollo de proyectos mineros y obras para el beneficio del estado, mostrando que el sector privado y el sector público pueden alcanzar altos niveles de excelencia.

1.1.4 Objetivos

La compañía tiene como objeto y propósito la exploración, explotación, almacenamiento, transporte y comercialización de minerales no metálicos, premezclado, cemento, concreto así como la construcción, obras de inversión social con las comunidades en el mantenimiento y restauración de obras de infraestructura en general, subcontratación de empresas y de personal, compra, venta y alquiler de maquinarias pesada de vehículos de transporte, mantenimiento de colectores de agua principal (ríos). Igualmente podrá realizar alianzas estratégicas y sociedades comerciales con otras empresas nacionales e internacionales y cualquier otro acto de comercio relacionado con su objeto.

1.2 Ubicación y características generales del área de explotación

El área de estudio se encuentra ubicada en la localidad de la Hacienda Boca de Topo, perteneciente a la jurisdicción del municipio Libertador, Distrito Capital cuyo acceso se encuentra en el km. 11 de la autopista Caracas-La Guaira. Se accede cruzando a la derecha en el Sector el Limón, después de la pasarela, pasando por el túnel debajo de la autopista y atravesando la quebrada de Tacagua donde se hace un recorrido de 2 km hasta llegar a las instalaciones de la empresa.

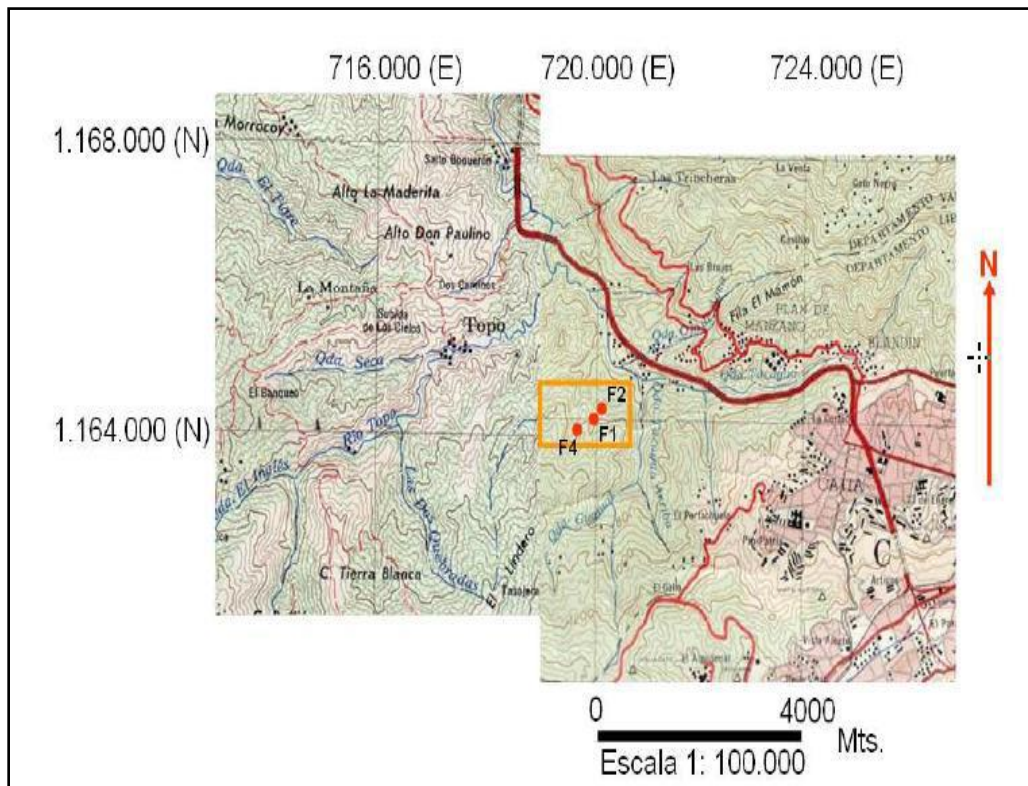


Figura N° 2. Ubicación de la zona de estudio (zona sombreada). Fuente: Dirección de Cartografía Nacional. Escaneado por Sistema de Venezuela (SEve), 2006. Hoja 1971. Los Teques, Venezuela.

1.3 Características del medio físico

1.3.1 Clima

La zona de la cantera se caracteriza por presentar un clima templado tropical de montaña con dos períodos muy bien marcadas: lluvioso (de mayo a noviembre en algunas zonas, pudiendo ser también entre abril y noviembre) y seco (de diciembre hasta marzo). El período de lluvias coincide con la época de mayor incidencia de los rayos del sol, mientras que el período seco coincide con los meses de menor incidencia de los rayos solares.

1.3.2 Precipitación

En el área de estudio la precipitación anual varían entre los 900 y 1300 mm anuales, en la propia ciudad, y hasta los 2000 mm en algunas partes de la cordillera; la temperatura media anual es de 21,1 °C, siendo la media del mes más frío (enero) de 19,6 °C y la media del mes más cálido (junio) de 22,0 °C, lo que da una amplitud térmica anual escasa, de sólo 3 °C. En los meses de diciembre, enero y febrero aparecen abundantes nieblas frías.

Según Servicio de Meteorología el promedio anual de días por debajo de los 20 °C es de 301 días, y de 323 días por debajo de los 25 °C. Mientras que rara vez las temperaturas llegan a 30 °C, el promedio anual de días por encima de los 30 °C es de 12 y por encima de los 35 °C solo 3 días al año. También la máxima temperatura registrada es de 37 °C, y la más baja es de 7 °C. El promedio de días de lluvia es de 105.

1.3.3 Vientos

El área perteneciente a la zona de estudio se encuentra según la forma del relieve dentro de la cordillera de la costa donde el clima es influenciado por los vientos alisios del noroeste producto de la ascensión de los flujos de aire calientes y húmedos provenientes del océano atlántico.

1.3.4 Suelos

El área de estudio presenta características de movimientos de masas, como el desprendimiento de taludes de corta y movilización de terraplenes que pueden originar un tipo de suelo residual. De igual forma se presenta una movilización de colusión, suelo residual y sustrato rocoso blando en cuevas de buzamiento, En esa área encontramos rocas meteorizadas y blandas; en las zonas más altas se presentan caídas de bloques ciclópeos por áreas estructurales en rocas coherentes, con un tipo de roca metamórfica dura y fracturada. En el ápice de las montañas se nos presenta una movilización de suelo residual y caída de

los bloques en contrapuestas de buzamiento, en un tipo de roca blanda y dura muy fracturada. Tal como se observa en la figura

1.4 Proceso de producción de la cantera

La cantera Carayaca labora en el horario establecido por la Ley de Trabajo, de lunes a viernes con un horario de 7:00 am hasta las 4:00 pm y el día viernes de 7:00 am hasta las 12 pm, el inicio de las operaciones tarda 30 minutos directamente después de cumplida la hora de descanso. Cabe destacar que se trabaja un solo turno, tanto administrativa como operacionalmente. Existe un contrato acorde entre los trabajadores y la empresa.

El desarrollo de la explotación de la cantera Carayaca se da como un proceso a cielo abierto, donde actualmente se labora con una planificación a corto plazo, en el cual se trabaja en la explotación de un solo banco y se realizan solo voladuras con perforaciones verticales.

Los equipos de producción de esta cantera están constituidos por: dos (2) excavadoras de orugas, un (1) camión articulado, dos (2) cargadores frontales y un (1) tractor de oruga. También se tiene el circuito del alimentador, trituradora, cinta transportadora y cono dentro de las dos plantas que posee la cantera mejor conocidas como planta uno y planta dos. Actualmente alrededor de 16 personas trabajan en la cantera.

El proceso de carga y acarreo se lleva a cabo en ciclos de aproximadamente 10 min, diariamente realizan cerca de 39 a 48 ciclos en un día de trabajo efectivo, con una producción de 80.58 m³/hora en una distancia de 1.7 km, dependiendo de la velocidad de los equipos operantes. El camión es llenado por un cargador frontal, el cual hace tres pases para efectuar la carga del equipo, el equipo de carga tiene como capacidad 4.5 m³. El equipo de acarreo es cargado con 13.5 m³ y llevado a descargar en el patio de la planta.

1.5 Geología del yacimiento

1.5.1 Geología regional

Las características geológicas de la zona de estudio pertenecen al complejo La Costa, específicamente a la fase Tacagua y la Fase Antímano. El léxico estratigráfico de Venezuela los describe de la siguiente manera:

❖ Complejo La Costa (Mesozoico)

Según M, Ostos. E, Navarro. Y F, Yoris, 1987, p.71. “Está constituida principalmente por esquistos de mucha variedad mineralógica, mármol, anfibolitas, eclogita, rocas metavolcánicas, entre otros tipos de rocas que se encuentran en las Fases Antímano, Tacagua, y Nirgua. Este complejo aparece como una franja desde Nirgua estado Yaracuy, hasta Cabo Codera, estado Miranda. La mayoría de los contactos se le interpretan como tectónicos y en otros como fallas de corrimientos.

Las rocas que componen este complejo representan una gran variedad de ambientes geológicos, esto como consecuencia de la tectónica, en este caso colisión entre las placas del Caribe y la de Sur América”.

❖ Fase Tacagua (Jurásico – Cretácico)

Según G..Denco, 1951, p .91. “La localidad tipo de esta fase es en la quebrada Tacagua, al norte de la intersección con la quebrada Topo, Distrito Federal, donde se encuentran una asociación de esquistos albitico - calcítico – cuarzo – micáceo – grafitoso, intercalados con esquistos verde claro, también se le ha descrito que contiene cantidades menores y franjas de hematitas, calcita, pirita y granate. G.Denco, menciona que el espesor varía de unos 150 a 200 (m); también hace énfasis en que la localidad tipo entra en contacto con la formación Las Mercedes”, mientras que Urbani y Oscos (1991) indican contacto con los esquistos de san Julián y con la fase Antimano y Nirgua.

“Los afloramientos se extienden paralelamente al Valle de la quebrada Tacagua. Se considera correlacionable con la formación de Paracotos, y con la formación de Copey, en la Península de Araya – Paria, esta última por las rocas verdes de Tacagua”.

❖ Fase Antimano (Cretácico)

Según Denco, 1951, p .63 y 64. “Los afloramientos de esta formación hoy en día están totalmente cubiertos por la urbanización de la ciudad de Caracas, pero todavía se pueden observar algunos en las canteras de la Quebrada Mamera, se describe dicha formación como un mármol masivo de grano medio de color gris, constituido de un 85 – 95 % de calcita, y alternado con capas de esquistos cuarzo micáceo. También describe las anfibolitas glaucofanicas, e indica que los mármoles son rocas estructurales competentes en relación a los esquistos que lo rodean, e incompetente a las rocas anfibolas, formando así la estructura geológica “boudinaje”. Urbani y Ocos a la zona de Puerto Cruz-Mamo, la denominan parte de la Fase Antimano, ya que allí también se encuentran anfibolita, mármol, esquistos calcáreos-moscovíticos-grafitosos.”

“El espesor según Denco, (1951), disminuye del este al oeste, donde en la localidad tipo tiene unos 40 m de espesor. Presenta contactos con las formaciones Brisas y Las Mercedes”.

Con un estudio químico Ocos 1990, interpreta que “las anfibolitas provienen de basaltos metamórficos, que fueron formados en el ambiente de la cordillera de la costa”.

1.5.2 Geología local

La geología del área (frente N° 2 y frente N° 4) pertenece parcialmente a la formación Antimano y Tacagua pero la presencia de rocas calizas metamórficas o mármoles grises en masas lenticulares asociados a rocas anfibolíticas, dan a interpretar que

pertenecen en su mayoría a la formación Antímamo. Teniendo en cuenta la formaciones de “*boudinaje*” en el frente N° 4.

En el frente N° 4, la secuencia litológica es concordante y transicional la cual consiste de rocas metamórficas, conformadas de base a tope: esquistos grafitosos-granatíferos, esquistos cuarzos- calcareos- grafitosos, mármol gris oscuros laminado con intercalaciones delgadas de esquistos grafitosos, mármol gris oscuro compacto, anfibolitas muy compacta con estructura de “*boudinaje*” y al final en el tope un esquisto cuarcítico con niveles delgados de esquistos anfibolíticos y de mármol intercalados. El rumbo promedio E-W y buzamiento de 45° al norte, la altura del talud es de unos 130m.



Figura N° 3. Esquistos grafitosos-granatíferos, cuarzo calcáreos y mármol compacto en parte sur del frente 4 (base de la frecuencia litoestratigráfica expuesta). Fuente: Informe

Cantera Carayaca 2011



Figura N° 4. Mármol gris, anfibolitas, esquistos cuarcíticos con niveles delgados de esquistos anfibolíticos intercalados al tope de la secuencia norte del frente 4. Fuente: Informe Cantera Carayaca 2011.

El frente N° 2 la secuencia es muy parecida a la del frente N° 4; concordante y transicional. Empezando de base a tope con esquistos granatíferos- grafitosos, intercalaciones de esquistos cuarcíticos- grafitoso - anfibolíticos, esquistos cuarcíticos- calcáreos- grafitosos, mármol gris oscuro compacto y bandeado, cuarcita bandeaada con niveles delgados intercalados de esquistos grafitosos (figura N° 5). El rumbo general E-W y buzamiento varía de 35° a 65° al norte. El mármol aflora en forma masiva y compacta con algunas vetas de cuarcita.

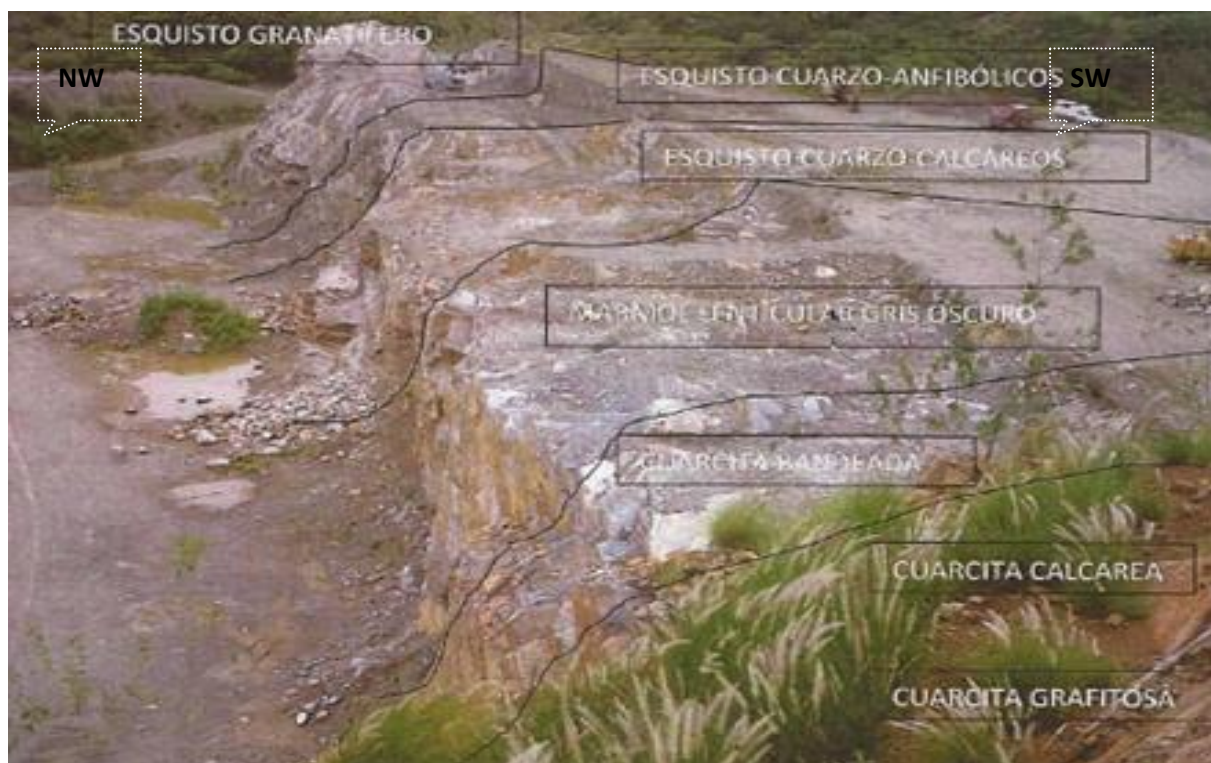


Figura N° 5. Secuencia litológica del frente 2. Fuente: Informe Cantera Carayaca 2011.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

Este capítulo tiene como finalidad dar a conocer información sobre la causa que originó esta investigación, el objetivo principal, los objetivos específicos y a su vez, la justificación y limitaciones del trabajo.

2.1 Planteamiento del problema

Para el mes de septiembre de 2014, La Empresa Varguense de Canteras y Minas VARCAM C.A. contaba con escasa información acerca de las especificaciones de sus dos plantas de beneficio mineral, tanto de los equipos que la conforman como datos de producción. La falta de conocimiento en este aspecto influye directamente en la productividad de la empresa, ya que fomenta el manejo empírico de la planta, en las actividades de funcionamiento, mantenimiento y sustitución de equipos. Es por ello que es base fundamental que la cantera tenga una adecuada organización de la información y de las características de los equipos que la conforman, para facilitar el alcance de las metas de producción y llevar a cabo los registros de actividades de la planta de beneficio mineral de una forma eficiente y sencilla. Tomando en cuenta esta necesidad, en este trabajo se busca conocer las especificaciones técnicas de los equipos que conforman ambas plantas de beneficio mineral de la cantera Carayaca, Perteneciente a VARCAM C.A.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

Diagnosticar las plantas de agregados de la cantera Carayaca para conocer las especificaciones técnicas y de producción. Período julio – septiembre de 2014.

2.2.2 Objetivos específicos

- ❖ Recolectar información sobre las especificaciones técnicas de los equipos de las plantas de agregados
- ❖ Calcular los parámetros de los equipos que carecen de información
- ❖ Realizar un análisis granulométrico del material de alimentación
- ❖ Determinar el balance de masa de cada planta de trituración
- ❖ Elaborar el diagrama de trituración de las plantas de beneficio mineral
- ❖ Calcular la cantidad real de cada producto
- ❖ Comparar la producción real y teórica de cada producto, con el fin del diagnóstico de las plantas

2.3 Justificación

El conocimiento de las características de las plantas de producción y de los equipos que la conforman es de base fundamental para su manejo adecuado. Una apropiada organización de la información permite facilitar la realización de las actividades que afecten directa o indirectamente las plantas de beneficio mineral, como la reparación o sustitución de los equipos, la modificación de la granulometría del material de alimentación, entre otros. Se considera necesaria la investigación como un apoyo a los esfuerzos realizados por el personal de VARCAM para mantener operativa la planta de beneficio mineral, por lo que el siguiente trabajo beneficia directamente al personal de mantenimiento y a la jefatura de planta, con el fin de obtener productos de calidad y lograr las metas de producción. Este trabajo constituye un punto de partida para nuevas investigaciones de planificación de producción y mantenimiento; así como también a futuros estudios de control de polución y de seguridad industrial.

2.4 Limitaciones

Para el mes de julio del 2014 la empresa VARCAM contaba con tres canteras y cuatro plantas de beneficio mineral (Carayaca, Marapeña y Camurí), siendo el objetivo

original de esta investigación realizar este trabajo para estas cuatro plantas. Sin embargo, a comienzos del mes de agosto del mismo año por decisiones de la Gobernación del estado Vargas las canteras Marapeña y Camurí fueron asignadas a una nueva administración independiente de VARCAM, restringiendo las competencias sobre estas canteras, e imposibilitando la obtención de datos suficientes para cumplir con los objetivos en estas dos restantes plantas de beneficio mineral. No obstante a ello el trabajo se realizó de manera satisfactoria en la cantera Carayaca.

La poca operatividad de las plantas de beneficio mineral, causada en su mayoría por avería de algunos de los equipos también dificultó la toma de datos de producción. La carencia de equipos de protección personal hizo necesario considerar de forma rigurosa los riesgos involucrados al momento de tomar datos directamente en la cantera.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se presenta el conjunto de ideas, conceptos, antecedentes y teorías que sustentan la investigación y permiten comprender la perspectiva o enfoque principal del mismo.

3.1 Antecedentes de la investigación

Espinoza (2014), en su investigación titulada “Plan de Explotación de la Cantera Tacagua (2014)”, de La Empresa Varguense de Canteras y Minas VARCAM C.A. la cual fue entregado al Ministerio de Ambiente en cumplimiento con lo establecido en la constitución y en la Ley de No Metálicos del estado Vargas, como requisito para optar por los permisos de explotación anuales, el cual sirvió como aporte al presente estudio en los parámetros geológicos y valores de producción efectivas de los camiones que alimentan las plantas para ser comparadas con los valores de balance de masas calculados.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Razón de reducción

Según Peláez (1981), al describir las operaciones de fragmentación que se efectúan en un circuito de tratamiento, es corriente indicar en cada aparato el tamaño máximo de las partículas con que se alimenta y el tamaño máximo de su descarga.

Se llama “relación de reducción” a la razón entre una de las dimensiones de la partícula mayor de la alimentación y al diámetro correspondiente a la partícula más grande en la descarga. Esta relación es útil para comparar entre sí el comportamiento de aparatos diferentes.

$$RR = \frac{\text{Dimensión de partícula (alimentación)}}{\text{Dimensión de partícula (descarga)}}$$

Formula N° 1. Razón de reducción (Peláez 1981).

3.2.2 Circuitos de tratamiento

Un lavadero, o planta de tratamiento, según Peláez (1981), consiste en esencia en un conjunto de aparatos colocados de manera que el género vaya pasando sucesivamente por ellos en un orden determinado. El mineral en su recorrido puede dividirse en varias fracciones, que seguirán diferentes caminos, para obtener finalmente uno o varios productos utilizables y un rechazo que se enviará a una escombrera.

Los tratamientos se representan en forma esquemática mediante dibujos o diagramas. Para indicar en ellos los distintos aparatos se emplean símbolos, que se enlazan con líneas para señalar el sentido del flujo. Lo normal es no representar más que los aparatos fundamentales, es decir, suprimir en el dibujo aquellos aparatos que, como las cintas transportadoras, tolvas, bombas o similares, se pueden considerar como accesorios.

El diagrama que representa la maquinaria y las líneas que enlazan entre sí los aparatos se llama esquema de tratamiento o “circuito”.

3.2.3 Análisis granulométrico

Según Peláez (1981), el análisis granulométrico consiste en determinar la distribución por tamaños de una muestra empleando un conjunto de tamices circulares. La muestra se pesa y se hace pasar a través de los mismos a través de un movimiento vibratorio del conjunto de tamices, al finalizar la operación se habrá dividido la muestra en una serie de porciones retenidas sobre cada uno de los tamices utilizados en el análisis y estos pesos se trasforman en porcentaje para así obtener la curva de distribución

granulométrica de la muestra en función del porcentaje de la muestra retenida en el tamiz y el tamaño del tamiz.

El material que es reducido mecánicamente siempre produce una disminución de tamaños que se puede conocer mecánicamente o visualmente, para el caso del estudio realizado se efectuó de forma visual a través de la siguiente técnica:

❖ **Técnica de cuarteo visual:**

Con la aplicación de la técnica de cuarteo visual se puede saber la distribución de tamaños que conforman una muestra representativa tomada del todo-uno con que es alimentado una planta de agregados cuando no se cuenta con una herramienta mecánica para hacerlo. Esta distribución se efectúa por grupos enumerados en función de intervalos de tamaño, lo que permite dividir en fracciones la muestra y generar una distribución porcentual volumétrica a partir del volumen inicial.

La aplicación de esta herramienta permite predecir el comportamiento granulométrico que puede tener un material cuando es sometido a una disminución de tamaño por un equipo de fragmentación dentro de una planta; para tal fin hay que tomar en cuenta la razón de reducción de los equipos de fragmentación que integran el circuito, para calcular el porcentaje de distribución por intervalos de tamaño que se reparten dentro del mismo, facilitando así posteriores cálculos de balance de masa.

La técnica de muestreo visual según Arthur (1966), puede ser aplicada a carbón y agregados para la construcción y debe generar una curva como la siguiente:

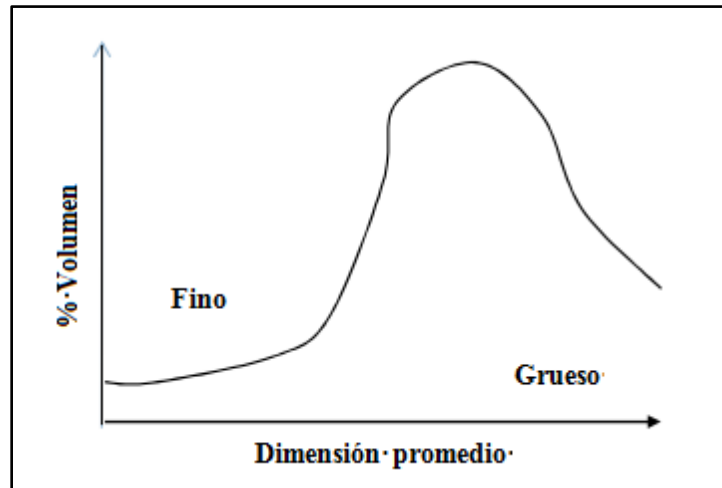


Figura N° 6. Distribución granulométrica de agregados. Fuente: Arthur (1966)

3.2.4 Dimensión característica

Según Errol (1990), el diámetro característico de una partícula es determinado a través de la aproximación de su diámetro proyectado a figuras conocidas o ideales como cuadrados o esferas.

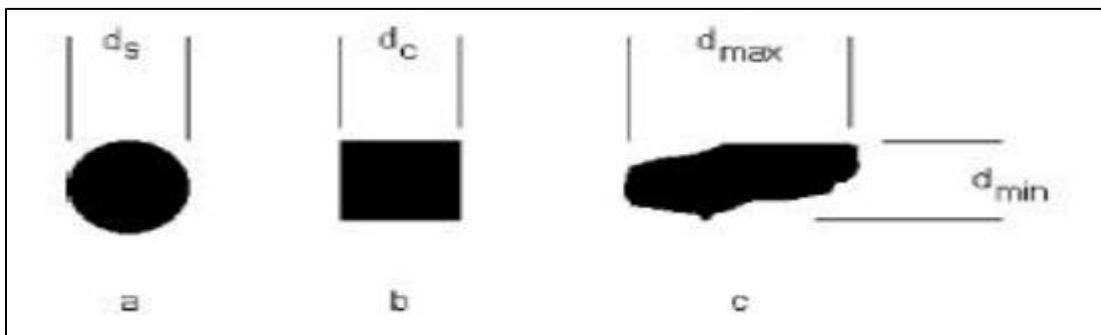


Figura N° 7. Diámetro Característico. Fuente: Errol (1990)

3.2.5 Diámetro proyectado o diámetro de Feret

Según Errol (1990), es el valor de la distancia comprendida entre un par de tangentes paralela al contorno proyectado de la partícula.

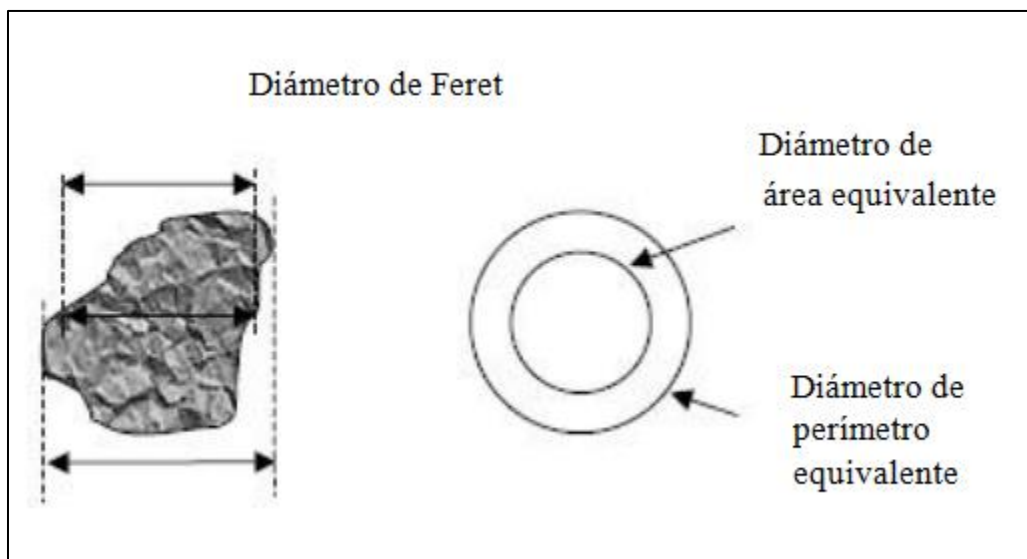


Figura N° 8. Tamaño equivalente de partícula. Fuente: Errol (1990)

3.2.6 Tamaño de agregados según RCM Plantas

- ❖ Producto: **Arena Lavada**, tamaño de grano: 0 - 7/16".
Producción: yacimiento aluvional.
Clasificación: agregado fino.
- ❖ Producto: **Arena Cernida**, tamaño de grano: 0 - 7/16".
Producción: yacimiento aluvional.
Clasificación: agregado fino.
- ❖ Producto: **Arena Amarilla**, tamaño de grano: 0 - 7/16".
Producción: cantera a cielo abierto.
Clasificación: agregado fino.
- ❖ Producto: **Piedra Picada 1"**, tamaño de grano: ¾ -1".
Producción: cantera a cielo abierto.
Clasificación: agregado grueso.

- ❖ Producto: **Canto Rodado Fracturado / Triturado 1"**, tamaño de grano: $\frac{3}{4}$ -1".
Producción: yacimiento aluvional.
Clasificación: agregado grueso.
- ❖ Producto: **Arrocillo**, tamaño de grano: $\frac{1}{4}$ - 7/16".
Producción: cantera a cielo abierto.
Clasificación: agregado grueso.
- ❖ Producto: **Polvillo**, tamaño de grano: 0 – 1/4".
Producción: cantera a cielo abierto.
Clasificación: agregado fino.
- ❖ Producto: **Piedra Picada 2"**, tamaño de grano: 2".
Producción: cantera a cielo abierto.
Clasificación: agregado grueso.
- ❖ Producto: **Piedra Sobre Medida**, tamaño de grano: $\frac{1}{2}$ - 3".
Producción: cantera aluvional.
Clasificación: agregado grueso

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Proceso de trituración y clasificación

El objeto de la trituración es reducir, por acción mecánica externa y, a veces, interna, un sólido de volumen dado en elementos de volumen más pequeños. Se reduce una materia mineral determinada con una distribución de tamaño distinta. La clasificada por dimensiones proporciona la obtención de partículas de igual forma que en función del tipo de material y el mecanismo de trituración puede variar el porcentaje en volumen de tamaños obtenidos.

Según Peláez (1981), la operación de trituración o fragmentación consiste en disminuir de tamaño las zafras (todo uno de alimentación) que recibe el equipo de trituración primaria, a un tamaño acorde con el sistema de concentración o clasificación que ha de emplearse.

El proceso de trituración consta de diversas etapas o fases cuyos objetivos son, en general, obtener un material con unas dimensiones determinadas. Dichas etapas son:

- ❖ **Trituración primaria:** la trituración primaria según Peláez (1981), se inicia en la planta de tratamiento, donde se aplican los primeros mecanismos de fragmentación o reducción de tamaño de las zafras, de manera que las máquinas de este grupo deben ser capaces de admitir el trozo más grande de mineral que la mina envíe. El quebranto concluye cuando el todo uno que llega a la mina se ha reducido hasta un tamaño máximo comprendido entre 200mm (8") y 100mm (4").
- ❖ **Trituración secundaria:** de acuerdo a Peláez (1981), el tamaño máximo de las partículas de alimentación en la trituración secundaria está comprendido entre 200mm (8") y 100mm (4"), mientras que la descarga suele ser inferior a 13mm (1/2").
- ❖ **Cribado:** el objeto del cribado según Peláez (1981), es clasificar por tamaños materiales de forma y dimensiones variadas, mediante la presentación de éstos sobre unas superficies con aberturas que dejan pasar los granos de dimensiones inferiores a las dimensiones de las aberturas, mientras que los granos de medidas superiores son retenidos y evacuados separadamente.

3.3.2 Principales equipos de trituración, clasificación y distribución

- ❖ **Trituradora de mandíbula:** según Peláez (1981), las trituradoras de mandíbulas son máquinas que efectúan la disminución de tamaño de las zafras por la presión que ejerce una placa o mandíbula móvil al aproximarse a otra fija. El eje de

oscilación de estos equipos está situado normalmente en la parte superior del aparato, aunque hay modelos con disposiciones diferentes.

Arthur (1966), propone varias fórmulas empíricas que permiten calcular los parámetros principales para una trituradora de mandíbula, los cuales permiten obtener valores aproximados a los reales lo suficientemente exactos para rocas normales y tamaños grandes de estos equipos.

$$Rr = \frac{0,85 \times a}{Sa}$$

Formula N° 2. Máxima razón de reducción (Peláez 1981)

$$T = 0,0088 \times l \times Sa$$

Formula N° 3. Capacidad (Peláez 1981)

$$Tmax = 0,85 \times a$$

Formula N° 4. Tamaño máximo de alimentación (Peláez1981)

Dónde:

Rr = [valor adimensional]; **T** = [toneladas/ hora]

a = Ancho de la boca de admisión.

Sa = Separación de la mandíbula con la descarga en cm.

l = Separación de los forros en la boca de admisión en cm

Rr = La máxima razón de reducción está en función de la separación máxima de las mandíbulas en la descarga y el ancho de la boca de admisión. Su valor numérico indica la reducción de tamaño que adquirirán las partículas en la cámara de trituración; la mismas saldrán con una dimensión menor/igual a la separación máxima o mínima de las mandíbulas en la descarga.

T_{max} = Existen distintas formas de determinar el tamaño máximo de alimentación cuando no se dispone de los datos del fabricante en un equipo de trituración primaria como lo es una trituradora de mandíbula, una de ellas es la forma antes mencionada la cual indica el rango de tamaño máximo con el que se debe alimentar este equipo para obtener el mejor rendimiento del mismo al menor costo.

T = La capacidad horaria de una trituradora de mandíbula está adaptada a la alimentación de la planta, por lo que la misma debe estar en el rango de capacidad según el fabricante para no sobrealimentar el equipo o generar su rápido deterioro. El valor de se calcula multiplicando un factor de corrección empírico por la separación de los forros en la boca de admisión y la separación de las mandíbulas en la descarga, obteniendo así una relación directa entre el ángulo de pellizco, las revoluciones del motor y el mecanismo de fragmentación generado.

- ❖ **Alimentador vibratorio:** según lo expresado por *Atheqsur* Perú en su línea de maquinaria de alimentación y molienda, el alimentador vibratorio es un tipo de equipo de alimentación lineal. Está diseñado y producido para que continuamente y cuantitativamente entregue materiales en bloque, granulares o en polvo, del almacén o la tolva al equipo de recepción.
- ❖ **Cinta transportadora:** según cinta transportadora es un sistema de transporte de material solido que se utiliza en distintas etapas del proceso productivo en una planta de beneficio mineral. El material de distintas granulometrías se recibe sobre la cinta transportadora, sobre la cual se traslada desde un lugar a otro. Por ejemplo, en el proceso de chancado y molienda se usan cintas transportadoras de diferentes capacidades y características

Tomando en cuenta que la velocidad de las cintas es constante y la misma se desarrolla en una trayectoria recta, la forma más simple de calcularla es por la ecuación de movimiento rectilíneo uniforme (MRU):

- **Formula N° 5.** Velocidad de la cinta $V_c = \frac{2l}{t}$
(Peláez 1981).

V_c = en metros por segundo

Dónde:

l = Longitud de la cinta en metros

t = Tiempo que tarda un punto fijo sobre la cinta en dar todo el recorrido.

- ❖ **Trituradora de conos:** estos aparatos según Peláez (1981), se diferencian de las trituradoras giratorias primarias por un conjunto de detalles que eliminan el trabajo forzado pues el material, en su descenso, va pasando por secciones de la cámara de trituración de área cada vez mayor y por ello no hay inconvenientes con el aumento de volumen que trae consigo la sucesiva reducción en el tamaño de las partículas. Aunque la cámara de trituración, como es natural, se estrecha hacia abajo, el aumento progresivo del área en las secciones horizontales se consigue porque, si se comparan con las trituraciones primarias, el cono es más abierto, el cóncavo se ensancha hacia abajo y la amplitud de oscilación es mayor.

El tamaño máximo de alimentación de una trituradora de cono o trituradora giratoria está en función del diámetro de la boca de admisión y un factor de corrección según la abertura máxima y mínima. Arthur (1966), proponen la siguiente formula:

- **Formula N° 6.** Tamaño máximo $T_{max} = 0,67 \times D$
de alimentación (Peláez 1981).

D = diámetro de la boca de admisión

- ❖ **Trituradora de impacto:** de acuerdo a Peláez (1981), las trituradoras de impacto son un equipo de trituración primaria donde el efecto máximo de trituración se consigue estrellando con fuerza el material contra una pared o parrilla estacionaria.

El aparato se compone de una sólida carcasa construida con planchas de acero reforzadas exteriormente, y dentro de la cual giran a gran velocidad uno o dos robustos ejes horizontales provistos de costillas o martillos longitudinales muy resistentes. El mineral cae sobre el rotor por la parte en que este gira hacia arriba y las costillas los golpean y lanzan a gran velocidad contra las placas de impacto.

Arthur (1966), postula la fórmula de capacidad de una trituradora de impacto en función de la longitud y el diámetro del rodillo impactor de la siguiente manera:

- **Formula N° 7.** Capacidad (Peláez, E. 1981). $Q = 45 \times D \times L$

Q = Caudal del triturador, en T / h

Dónde:

D = Diámetro del rotor del martillo, en m

L = Longitud del rotor, en m

- ❖ **Criba:** según Peláez (1981), es un aparato que está constituido por una caja rectangular de poca altura, con solo tres costados, cuyo fondo es de tela metálica, y que se hace vibrar mecánica o eléctricamente. La vibración debe ser rápida y de pequeña amplitud y con ella se favorece la estratificación de las partículas, que tienden a colocarse de modo que las más finas se acerquen a la tela metálica y las más gruesas queden en el lecho superior, facilitando el paso de las primeras a través de la malla.

- **Formula N° 8.** Capacidad (Peláez 1981). $C = K \times A \times a$

C = Son toneladas de alimentación en 24 horas.

Dónde:

A = Abertura de la malla en mm.

a = La superficie clasificadora en metros cuadrados.

K = Factor que depende del tipo de aparato

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En el capítulo que a continuación se presenta, se enfocan los aspectos relativos a la metodología que se empleó para realizar el presente estudio: el diseño y tipo de investigación, población y muestra, se describen las técnicas e instrumentos de recolección de los datos, los procedimientos que se emplearon para darle validez y confiabilidad a fin de procesar y analizar los resultados.

4.1 Diseño y tipo de investigación

Según el diseño de investigación, es decir, la estrategia adoptada para responder al problema planteado, el estudio se ubicó como una investigación no experimental transeccional. Según Roberto Hernández S y Otros (2003), podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de una investigación donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes y en donde la toma de datos se hace en un solo momento es decir en un tiempo único.

Por tal razón, la presente investigación se apoyó en un estudio no experimental, motivado a que la información necesaria acerca del objeto de estudio, se recolectó directamente de la realidad observada en cada una de las plantas pertenecientes a la cantera de agregados para la construcción Carayaca sin manipular o controlar variable alguna, haciendo uso de instrumentos para recolectar la información referente a la producción y a las especificaciones técnicas de los equipos que integran los circuitos. Por otro lado, la misma se apoyó en el empleo de fuentes documentales a partir de las cuales se construyen los fundamentos teóricos que dan sustento al estudio. Para Arias (2006), una investigación documental es “aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”. En este sentido, la información utilizada derivó de fuentes secundarias por medio de la revisión de datos contenidos en libros, manuales de los equipos, normas ASTM, trabajos de grado, plan de explotación de la

cantera y todo aquel material bibliográfico que se encuentra relacionado con el objeto de este estudio.

Según el nivel de investigación, es decir, el grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio, la investigación se enmarcó en una investigación de tipo descriptiva, ya que busca especificar propiedades, características, comportamiento y rasgos importantes de los equipos y de la producción. Según Fidias, G. (2012):

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.

4.2 Población y muestra

Una vez definido el tipo y diseño de la investigación, se describe a continuación la población o universo objeto de este estudio. Según lo señala Balestrini (1997), por población se entiende como conjunto finito o infinito de personas, cosas o elementos que presentan características comunes y para el cual serán validadas las conclusiones obtenidas en la investigación, es decir, la población está constituida por el conjunto de entes en los cuales se va a estudiar el evento, y que además comparten características comunes. Mientras que la muestra es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno en específico.

Teniendo en cuenta lo antes citado, el estudio fue realizado directamente sobre la población total, es decir, sobre las dos plantas que conforman la cantera Carayaca, ya que a pesar de que las plantas cumplen el mismo objetivo (fragmentar y clasificar por dimensiones la roca y obtener agregados para la construcción), las mismas no disponen de los mismos equipos.

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos pueden considerarse como la forma o procedimiento que utiliza el investigador para recolectar la información necesaria en el diseño de la investigación. Así lo expresa Arias (2006), son las distintas formas o maneras de obtener la información”. Entre las técnicas de recolección de información están la observación de las chapas informativas de los equipos, la determinación del caudal para cada material a través de técnicas empíricas, el análisis documental, entre otras. Dada la naturaleza de esta investigación, y en función de los datos que se requerían, las técnicas que se utilizaron fueron:

- ❖ **La revisión documental:** para esto se identificaron las fuentes documentales, las cuales están representadas por catálogos de los equipos en función del fabricante correspondiente, fórmulas (según autores de libros de preparación de minerales), planes de explotación, trabajos de grado e informes de pasantías relacionados con el tema, las cuales pueden dar respuesta a las necesidades planteadas, y luego se utilizaron técnicas como el subrayado, el fichaje, las notas de referencias bibliográficas, los cuadros resumen, las hojas de cálculo, entre otros.
- ❖ **El registro de observación:** es una técnica utilizada en la recolección de datos, que permite al observador plasmar en un registro de forma clara y precisa toda la información obtenida para facilitar su posterior análisis. Cabe destacar, que en cualquier técnica de recolección de datos, el investigador debe definir los objetivos que persigue, determinar su unidad de observación, las condiciones en que la asumirá y las conductas que deberán registrarse, para ello, se realizaron tablas de las especificaciones técnicas más relevantes que debían registrarse para lograr el adjetivo principal de la investigación.
- ❖ **Técnicas empíricas:** para saber la distribución de tamaños que conformaba una muestra representativa tomada del todo-uno con que se alimentaban las plantas se utilizó la técnica de cuarteo visual ya que no se disponía de una herramienta mecánica para hacerlo. Según el Prof. García, M. (2003), esta distribución se

efectúa por grupos enumerados en función de intervalos de tamaño, lo que permite dividir en fracciones la muestra y generar una distribución porcentual volumétrica a partir de un volumen inicial.

La técnica es aplicada según la siguiente metodología:

- Se toma una muestra representativa del todo-uno que proviene del frente de explotación.
- Se aplica el cuarteo visual a la muestra representativa.
- Se separan los grupos por intervalos de tamaño.

Para calcular el porcentaje en volumen de cada grupo se utilizó un tobo con dimensiones conocidas (forma cilíndrica) para verter cada porción de material generado y tener una relación directa de volumen con mayor precisión.

4.4 Herramientas

Dentro de la investigación, las herramientas informáticas más utilizadas para llevar a cabo el procesamiento de datos fueron hoja de cálculo y procesador de texto. Como herramienta de diseño CAD y otros implementos para realizar las mediciones y cálculos correspondientes, condicionalmente libreta de campo, bolígrafo para las anotaciones de y calculadora.

4.5 Resultados

En esta sección se presentan de forma metódica los resultados obtenidos, basados en los objetivos específicos de esta investigación.

4.5.1 Codificación de equipos

La codificación de los equipos se realiza con el fin de facilitar su ubicación dentro del diagrama de trituración y para organizar la información con mayor facilidad en tablas, pensando en una futura incorporación de actividades de mantenimiento programado y seguimiento detallado de las condiciones de los componentes de las plantas. El primer paso realizado en el análisis de equipos consistió en efectuar un inventario de todas las máquinas operantes en el proceso, tomando sus características principales y calculando los valores que no se especificaban.

Se le asignó a cada máquina un código de referencia. La nomenclatura de codificación empleada consta de un código alfanumérico de 3 dígitos y 2 letras; el primer dígito corresponde a la planta de reducción de tamaño donde está ubicado el equipo, luego se determina la clase de equipo que opera, con dos caracteres alfabéticos separado del número anterior por un guion (-) (tabla N°1). Por último un número consecutivo de dos dígitos identifica al equipo de la misma especie al que se está refiriendo. Los equipos que terminen con los dígitos 00 son únicos en la planta donde se encuentra instalado.

EQUIPO	CÓDIGO
Tolva	TV
Alimentador vibrante	AV
Cinta transportadora	CT
Trituradora de mandíbula	TM
Trituradora de conos	TC
Trituradora de impacto	TI
Criba	CR

Tabla N° 1. Clasificación general de equipos.

En resumen, el código está identificado de la siguiente manera:

Planta – Equipo y número de equipo de su clase

Ejemplo: 1-CT01;

1: Planta 1

CT01: Cinta transportadora número 1

4.5.2 Circuitos de trituración

Para cada planta de trituración se elaboraron dos diagramas donde se muestra el tratamiento del mineral de forma esquemática, el diagrama N° 1 presenta cada uno de los equipos que la conforman y su codificación, señalando el sentido del flujo del material. En el diagrama N° 2 se suprimen las cintas transportadoras y se representan los componentes del circuito que intervienen en el proceso de trituración y clasificación, indicando sus características. Los equipos fueron codificados como se describió anteriormente, y se utilizó la siguiente simbología:

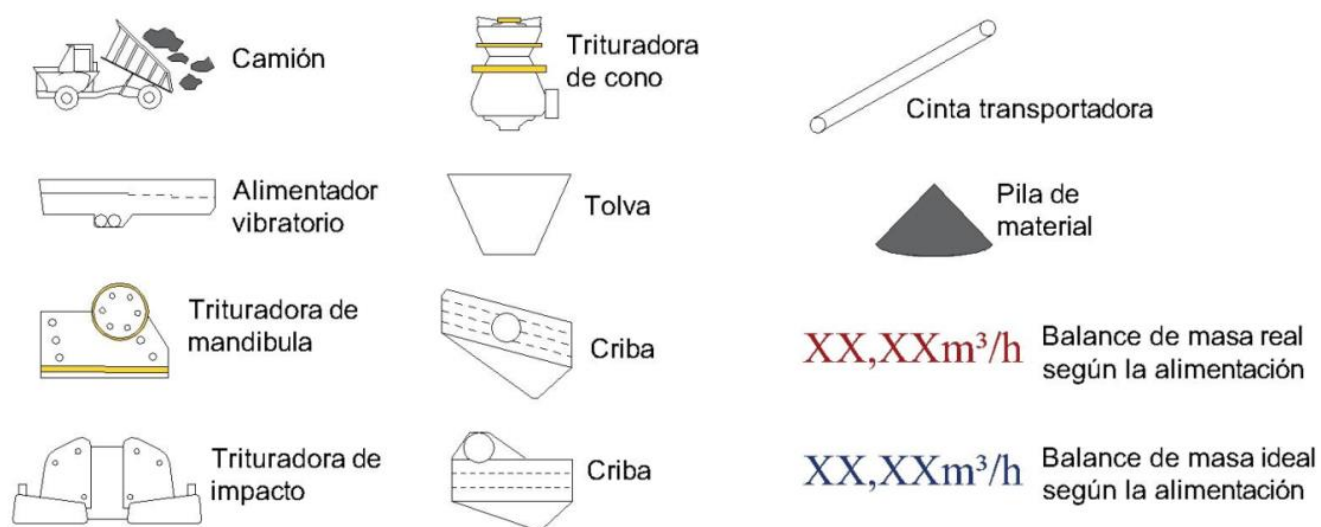


Figura N° 9. Simbología utilizada en los diagramas de trituración.

Los diagramas de los equipos de trituración se muestran en los anexos. Específicamente tienen el siguiente nombre:

- ❖ Diagrama N° 1. Equipos que conforman la planta 1 de la cantera Carayaca con su codificación (anexo N° 1)
- ❖ Diagrama N 2. Balance de masa y producción de la planta 1 de la Cantera Carayaca (anexo N° 2)
- ❖ Diagrama N° 3. Equipos que conforman la planta 2 de la cantera Carayaca con su codificación (anexo N° 3)
- ❖ Diagrama N 4. Balance de masa y producción de la planta 2 de la Cantera Carayaca (anexo N° 4)

4.5.3 Especificaciones técnicas de los equipos

Los cuadros de especificaciones técnicas de los equipos con su respectiva codificación se encuentran en los anexos con el siguiente nombre:

- ❖ Especificaciones técnicas de los alimentadores vibratorios (anexo N° 5)
- ❖ Especificaciones técnicas de las trituradoras de mandíbula (anexo N° 6)
- ❖ Especificaciones técnicas de la trituradora de impacto (anexo N° 7)
- ❖ Especificaciones técnicas de las trituradoras de cono (anexo N° 8)
- ❖ Especificaciones técnicas de las cribas vibratorias (anexo N° 9)
- ❖ Especificaciones técnicas de las cintas transportadoras (anexo N° 10)

4.5.4 Descripción de las plantas de beneficio mineral

Las dos plantas de beneficio mineral de la cantera Carayaca producen como producto final agregados para la construcción, mediante un proceso de trituración y clasificación. La capacidad instalada de la planta 1 es de 200t/h y de la planta 2 es de 300t/h. La descripción de los procesos se hace a continuación siguiendo la nomenclatura utilizada para la codificación de equipos.

❖ Planta 1



Figura N° 10. Planta 1 de beneficio mineral de la cantera Carayaca. Fuente: propia.

La planta de agregados para la construcción número 1 de la cantera Carayaca consta de cinco equipos principales que generan la disminución de tamaño, clasificación y distribución por productos del todo uno con que se alimenta. Ésta planta beneficia actualmente $62,19\text{m}^3/\text{h}$ de minerales no metálicos, produciendo $21,06\text{m}^3/\text{h}$ de ripio, $15,02\text{m}^3/\text{h}$ de piedra picada, $9,09\text{m}^3/\text{h}$ de arrocillo y $17,02\text{m}^3/\text{h}$ de arena. La capacidad instalada de esta planta es de $200\text{t}/\text{h}$. La extracción del todo uno con que se alimenta se efectúa por medio de perforación y voladura en el frente activo que posee actualmente está cantera.

El primer equipo de la planta 1 es la tolva de alimentación que tiene una capacidad de $51,27\text{m}^3$ aproximadamente, en conjunto con el alimentador vibrante. Éste alimenta directamente a la trituradora de mandíbula (segundo equipo), la cual genera la primera disminución de tamaño mediante un mecanismo de fragmentación de abrasión e impacto que generan sus forros ondulados (tipo losas). La razón de reducción de esta trituradora es de $1/3$, tiene una capacidad instalada según el fabricante de $160\text{-}300\text{t}/\text{h}$, un motor marca AEG MR de 175HP de $890\text{rev}/\text{min}$. El material ya triturado es transportado por una cinta 1-

CT01 de 24,3 metros de longitud e inclinación de 15 grados, el motor de la misma es marca *Weg* y tiene una potencia de 25HP. Esta banda alimenta a la primera criba del circuito (tercer equipo) marca *Metso*, de capacidad 469,9t/h, con un motor marca *Weg* de 40HP y 1775rev/min. Esta criba posee dos cuerpos de malla que dividen el material proveniente de la trituradora de mandíbulas en tres grupos de dimensiones distintas; la malla 1 tiene una apertura de 1"x1" y la 2 de 3/8"x 3/8". El material retenido de la primera malla (partículas mayores a 1") va directamente hacia un equipo de trituración secundaria, el pasante de esta malla y retenido de la segunda (partículas mayores a 3/8" y menores a 1") es transportado por las cintas 1-CT02 y 1-CT03 hacia otra criba, que a su vez clasifica también el material saliente de la trituración secundaria; finalmente, el material pasante de la malla 3/8" (partículas menores a 3/8") es despachado por la cinta 1-CT04 como un producto de este circuito. Este producto se trata del ripio del todo uno. La cinta 1-CT04 tiene una longitud de 16,50 metros, y una inclinación de 25°, su motor es marca *Dutchi Motors* y tiene una potencia de 10HP.

El equipo de trituración secundaria al que es transportado el material de granulometría mayor a 1" es una trituradora de conos marca *Symons*, Modelo 4401-L, de capacidad comprendida entre 115 a 260 t/h. La razón de reducción de este cono es de 1/6. El material saliente del mismo es transportado por las cintas 1-CT02 y 1-CT03, que tienen una longitud respectiva de 10 y 22 metros, e inclinación de 5° para la primera y 18° para la segunda. El motor de 1-CT02 es marca *Thre/Qomad* y tiene 3HP de potencia, y el de 1-CT03 es marca *Baldoc Reliance* de 10HP de potencia. Estas cintas también reciben El material rechazo del tercer paño de la criba anteriormente mencionada.

El material transportado por 1-CT02 y 1-CT03 se traslada hacia la segunda criba del circuito (quinto equipo) de marca *Metso*, con un motor marca *Weg* de 40 HP. Posee tres cuerpos de mallas con apertura de 1/4" para la primera, 5/8" para la segunda y malla #3 para la tercera, según la clasificación ASTM standard. El primer producto clasificado por esta criba es el rechazo de la primera malla (partículas mayores a 1 1/4") y son transportados por la cinta 1-CT05 nuevamente hacia la trituradora de conos, produciendo un circuito cerrado entre este cono y la criba dos. La cinta 1-CT05 tiene una longitud de

24,50 metros y un motor marca *Uniclosed Motors* de 15HP de potencia. Los tres productos restantes de este circuito son proporcionados por esta criba mediante la clasificación por dimensión, el primer producto (piedra picada) tiene una granulometría comprendida entre 5/8" y 1 1/4", y se obtiene por el material pasante de la primera malla de la criba (1 1/4") y retenido del segundo (5/8"). El segundo producto (arrocillo) es el material pasante de la malla de 5/8" y retenido de la malla de apertura #3. El material pasante de la malla #3 constituye el último producto (arena). La piedra picada es transportada hasta el lugar de formación de la pila por la cinta 1- CT06 de 25,20 metros de longitud y con inclinación de 5°, el motor de la misma es marca *Adam Baumuller* y tiene 10HP de potencia. El arrecillo y la arena son transportados por las cintas 1-CT07 y 1-CT08 respectivamente, la primera tiene una longitud de 16,50 metros y una inclinación de 10°, con un motor marca *Syncrogear* Motor de 2HP de potencia. La segunda tiene una longitud de 25,00 metros y una inclinación de 5°, con un motor marca *Scnrier Orschrirt* de 5,5HP de potencia.

❖ planta 2



Figura N° 11. Planta 2 de beneficio mineral de la cantera Carayaca. Fuente: propia.

La planta 2 de agregados para la construcción consta de seis equipos principales que generan la disminución, clasificación y distribución del todo uno con el que es alimentada. Este todo uno proviene del frente dos al igual que la planta 1 pero con una distancia de acarreo menor, lo que hace que esta posea una alimentación más continua que la anterior asegurando una producción horaria mayor.

El primer equipo del circuito es el alimentador vibrante con cernido el cual se encuentra acoplado a una tolva de alimentación que posee una capacidad de aproximadamente 11,24m³. Esta máquina tiene una parrillera de 1,25 metros de largo y 1,31 de ancho, con una malla de 3/8"x3/8" de apertura que genera el cernido del todo uno, eliminando las partículas más pequeñas, siendo estas el primer producto del circuito (ripio) que es descargado por la cinta 2-CT01 de 12,30 metros de longitud y 20° de inclinación.

El material rechazado por esta cernidora, cae a la trituradora de mandíbula que se utiliza como equipo primario de trituración y otorga la primera disminución de tamaño del material mediante un mecanismo de abrasión e impacto. Esta trituradora marca *XCMG* tiene una capacidad instalada de 160-300t/h, un motor marca *XCMG* de 132HP y 888rev/min. La clase de forro utilizado es dentado (tipo losas), tiene una separación máxima de entrada de 0,93x1,20 y de salida de 0,27x1,20. La razón de reducción de la trituradora de mandíbula es de 1/3. El material triturado es transportado hacia una trituradora de impacto por las cintas 2-CT02 y 2-CT03 dispuestas en forma consecutiva. Las cintas 2-CT02 y 2-CT03 tienen una longitud de 10,40 y 13,40 metros, y una inclinación de 15 grados y 17 grados, respectivamente. Esta última alimenta al equipo de trituración secundaria del circuito, que se trata de una trituradora de impacto marca *XCMG* con capacidad de 150-300t/h, y un motor marca *XCMG* de 200HP y 1176rev/min.

Al salir de la trituradora de impacto, el material es transportado por las cintas 2-CT04 y 2-CT05 instaladas consecutivamente. La cinta 2-CT04 tiene una longitud de 11,70 metros, y un tramo de 0° de inclinación y otro de 20°, la cinta 2-CT05 tiene una longitud de 16,60 metros y una inclinación de 12°; esta cinta alimenta la primera criba del circuito, de marca *XCMG*, con una capacidad entre 150-600t/h. Esta criba se encuentra en posición

horizontal y posee una sola malla de 7/16", su motor es marca *XCMG*, con 74HP de potencia y 1176rev/min.

El rechazo de la malla es transportado por la cinta 2-CT06 de 16,90 metros de longitud y 15° de inclinación hasta una trituradora de conos marca *XCMG*, que funciona como equipo de trituración terciaria. Los forros de este cono giratorio son de acero al manganeso, la capacidad es de 115 – 260 t/h, el motor es marca Luan *Jianghuai* de 132HP y 1184rev/min. El material pasante de la malla cae en dos cintas transportadoras de 6,10 metros de longitud, colocadas una al lado de la otra horizontalmente y en forma paralela. Luego el material pasa por la cinta 2-CT07 con longitud e inclinación de 8,80 metros y 28°, respectivamente, para ser transportado a una criba marca *Telsmith* que posee dos mallas clasificadoras, una de 3/8" y la otra corresponde a una malla #3 según la nomenclatura ASTM standard. Las mismas dividen el material en tres grupos diferenciados por su distribución granulométrica, que son tres productos finales del circuito de trituración. El retenido del primer paño de esta criba es la piedra 3/4" (uno de los productos de la planta) con una distribución granulométrica comprendida entre 3/8" y 7/16". El pasante del primer paño y retenido del segundo (partículas con granulometría entre #3 y 3/8") corresponde al arrocillo, y el material pasante de la malla #3 corresponde al polvo de piedra. La piedra 3/4" es transportada desde la criba hasta la zona de apilamiento por la cinta 2-CT12 que tiene una longitud de 14,40 metros y 15° de inclinación, el arrocillo lo transporta hacia la pila la cinta 2-CT13 de 8,40 metros de longitud y 20° de inclinación, finalmente, el polvo de piedra lo transporta la cinta 2-CT14 que tiene 14,60 metros de longitud y 15° de inclinación.

El material que sale de la trituradora de conos, es transportado por las cintas 2-CT08 y 2-CT09 dispuestas de forma consecutiva hacia una criba de clasificación. Esta criba posee dos mallas, la primera con una apertura de 1" y la segunda de 3/8". El material mayor a 1" clasificado por esta criba cae nuevamente a la trituradora de cono, generando un circuito cerrado con este. Las partículas con granulometría comprendida entre 3/8" y 1" corresponden a otro producto de este circuito (piedra picada). Las partículas pasantes de la malla 3/8" son transportadas por la cinta 2-CT11 de 10,50 metros de longitud y 10° de

inclinación hacia la criba que clasifica el material como piedra 3/4", arrocillo y polvo de piedra. La piedra picada se transporta hacia la pila de almacenamiento por la cinta 2-CT10, de 17,00 metros de longitud y 15° de inclinación.

4.5.5 Material de alimentación (todo-uno)

La composición del material de alimentación (todo-uno) determina la producción de los géneros que de ella se elaboran. Por ello, es importante conocer este producto, teniendo conocimientos sobre los minerales presentes, el hábito, las macro y microestructuras de la roca, el comportamiento de la roca al ser triturada, la dureza, entre otros.

Si se requiere obtener una mayor producción de material de grano grueso, es importante que el todo-uno tenga la mayor presencia posible de rocas de dimensiones grandes, siempre y cuando esta no supere la capacidad del equipo de trituración primaria. La presencia de muchas partículas finas genera una gran cantidad de ripio como producto, y el hábito de ruptura de la roca puede influir en la generación de finos durante el proceso de trituración.

La granulometría del todo-uno con que se alimenta la planta 1 y la planta 2 de la cantera Carayaca fue determinada mediante un muestreo visual del material en el patio de remanejo. Dividiendo el mismo en ocho grupos diferenciados por sus dimensiones.



Figura N° 12. Todo-uno de alimentación de las plantas 1 y 2 de la cantera Carayaca.

Fuente: propia.

Las dimensiones de las rocas con que se alimentan las plantas y su porcentaje de presencia en el todo-uno se presentan en la siguiente tabla.

Grupos	Dimensión (mm)	Dimensión promedio (mm)	% Volumen
1	< 1	1,0	13,13
2	1 - 30	15,5	8,38
3	30 - 80	55,0	8,98
4	80 - 110	95,0	8,98
5	110 - 160	135,0	11,97
6	160 - 300	230,0	16,73
7	300 - 400	350,0	21,80
8	400 - Tmax	625,0	10,03

Tabla N° 2. Distribución granulométrica del material de alimentación.

La distribución granulométrica del todo-uno, obtenida a través de la técnica de cuarteo se muestra en el siguiente gráfico, donde los grupos generados fueron sustituidos por un valor de tamaño promedio.

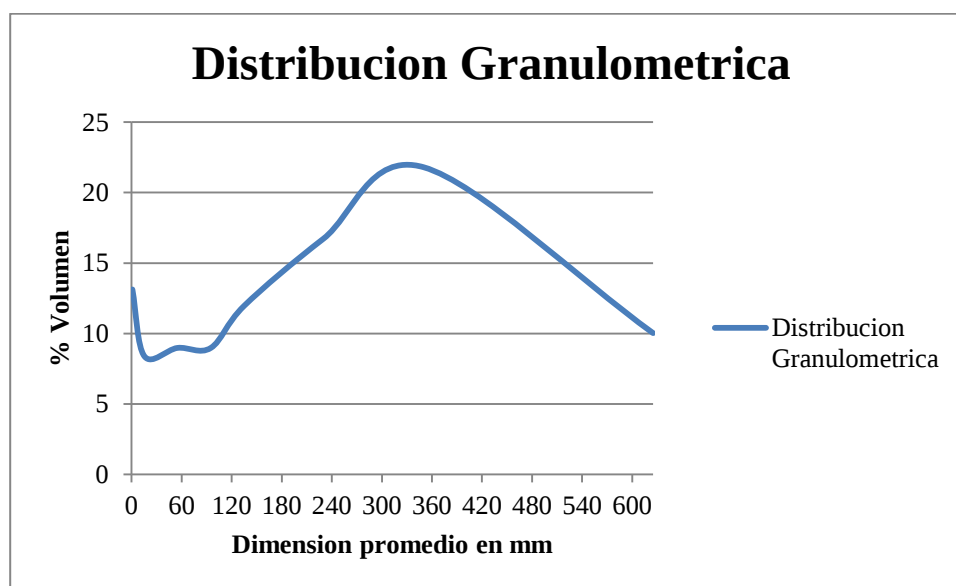


Gráfico N° 1. Distribución granulométrica.

4.5.6 Producción de las plantas de trituración

La producción de una cantera de agregados para la construcción está relacionada con el material de alimentación de las plantas de beneficio. La distribución granulométrica del todo-uno, determina la cantidad de productos de cada clase que se obtienen al finalizar el proceso de trituración y clasificación. La alimentación horaria estimada de cada planta de beneficio mineral se muestra en la siguiente tabla:

	Alimentación horaria (m ³ /h)	Producción mensual (m ³ /mes)
Planta 1	62,19	9.950,40
Planta 2	84,15	13.464,00

Tabla N° 3. Alimentación y producción mensual.

El comportamiento de dicho material al pasar por cada equipo de la planta, se puede predecir separándolo en grupos de dimensiones similares, y ver la influencia de cada equipo de disminución de tamaño y clasificación desde que el material de dimensiones similares entra a la tolva de alimentación hasta que sale como producto. Partiendo de esto se pudo estimar una producción teórica, obteniéndose los resultados reflejados en la tabla N° 4. La producción real se obtuvo calculando el promedio de producto final que sale a través de cada cinta transportadora, y basándose en datos de producción suministrados por la empresa.

4.5.7 Producción real y teórica de la planta 1 y 2

❖ Planta 1

Material	Producción teórica (m3/h)	Producción teórica (%)	Producción real (m3/h)	Producción real (%)	Diferencia (m3/h)	Diferencia (%)
Ripio	13,37	21,49	21,06	33,86	7,69	12,37
Arena	11,18	18,96	17,02	27,38	5,84	9,39
Arrocillo	20,72	32,35	9,09	14,61	-11,63	-18,70
Piedra picada	16,92	27,20	15,02	24,15	-1,90	-3,06

Tabla N° 4. Producción real y teórica de la planta 1.

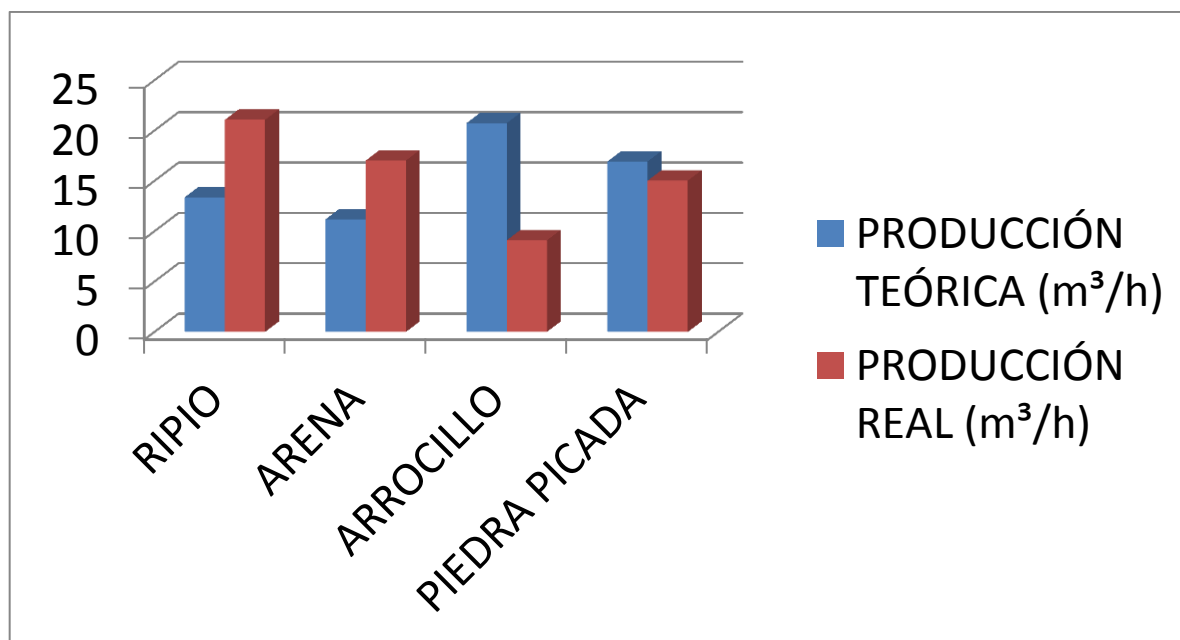


Grafico N° 2. Producción real y teórica de la planta 1.

❖ **Planta 2**

Material	Producción teórica (m3/h)	Producción teórica (%)	Producción real (m3/h)	Producción real (%)	Diferencia (m3/h)	Diferencia (%)
Ripio	13,46	16,01	16,61	19,76	3,15	3,74
Polvo de piedra	21,45	4,57	32,22	4,99	10,77	12,80
Piedra 3/4	3,85	21,16	4,20	17,83	0,35	0,42
Arrocillo	17,81	32,77	15,01	19,14	-2,80	-3,33
Piedra picada	27,58	25,49	16,11	38,28	-11,47	-13,63

Tabla N° 5. Producción real y teórica de la planta 2.

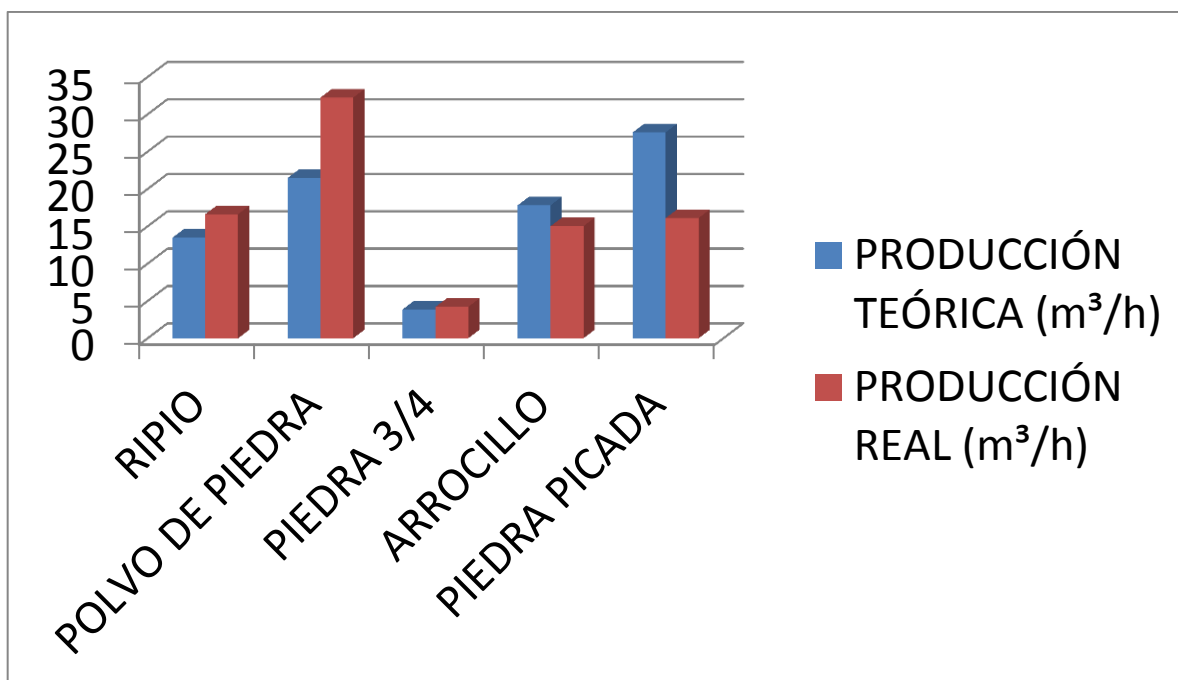


Grafico N° 3. Producción real y teórica de la planta 2.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente capítulo, tiene como finalidad exponer el análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, en base a los objetivos específicos.

❖ En función de los datos que se obtuvieron en campo acerca que las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos que conforman las plantas de beneficio mineral, se pudo observar que los mismos no están estandarizados y que muchos no poseían las descripciones buscadas en sus chapas informativas, la mayoría de estos parámetros fueron calculados con las formulas pertinentes citadas en el marco teórico mientras que otros fueron buscados en los catálogos, donde se pudo observar lo siguiente:

- Las capacidades nominales calculadas de las trituradoras de mandíbula no alcanzan exactamente los valores de capacidad instalada que especifica el fabricante, ya que las formulas no toman en cuenta factores como la naturaleza de la roca, la humedad del género, la forma de alimentación y la razón de reducción de cada equipo.
- Las trituradoras de conos de las plantas de beneficio poseen las mismas capacidades instaladas a pesar de que son de diferentes marcas; esto se debe a que la fórmula que utilizan los fabricantes para determinarlas dependen directamente del diámetro de la boca de admisión de estos equipos, y estos son iguales.
- Las cribas horizontales poseen ejes excéntricos superiores mientras que las inclinadas poseen el excéntrico en el centro del armazón, esta disposición se debe a que la probabilidad de paso en los equipos inclinados aumenta cuando el eje excéntrico se encuentra en el centro del armazón del equipo lo

que disminuye la cantidad de revoluciones necesarias para generar el avance del material. Es por ello las diferencias de revoluciones por minutos de los motores de las cribas horizontales con respecto a las inclinadas.

- ❖ Los circuitos obtenidos con el levantamiento de los equipos en función de su disposición espacial dentro de cada una de las plantas, reflejan claramente que el número de equipos auxiliares, equipos de trituración y equipos de clasificación son distintos para cada caso. La planta uno se encuentra diseñada de forma descendente, con cuatro descargas de agregados, dos equipos clasificadores y dos equipos de disminución de tamaño, mientras que la planta dos se encuentra integrada por equipos móviles en una secuencia horizontal, (todos operan a una misma cota), y está constituida por cinco descargas de agregados, tres equipos clasificadores y tres equipos de disminución de tamaño. De acuerdo a la cantidad de productos que se deseen obtener con el beneficio de un material, se aumenta la complejidad del circuito en una planta, es por esto que la planta dos al producir un agregado adicional (piedra $\frac{3}{4}$) requiere de un numero distinto superior de equipos.
- ❖ La malla de algunas cribas se encontraban reparadas parcialmente con fragmentos de malla con una luz de paso distinta a la especificada por el fabricante, lo que disminuye la eficiencia de la clasificación.
- ❖ El tamaño de grano de los agregados gruesos se acerca a lo recomendado por RCM plantas. Para la piedra picada recomiendan un intervalo de dimensiones entre $\frac{3}{4}$ " y 1", sin embargo para la planta 1 este producto tiene esta entre $\frac{5}{8}$ " y 1 $\frac{1}{4}$ " y para la planta 2 entre $\frac{3}{8}$ " y 1". El arrocillo tiene una dimensión promedio cercana a los $\frac{5}{8}$ " y el rango recomendado es de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{7}{16}$ ".
- ❖ La distribución granulométrica del material de alimentación según la técnica de cuarteo visual se encuentra, de acuerdo a Taggar (1981), tiene una distribución normal (tabla N° 2). Las producciones teóricas establecen un comportamiento del todo-uno dentro de la planta con producción de finos 19,10% menor a la de agregados gruesos (ripió, arena y polvo de piedra) para la planta 1, y un 17,00%

menor que la de agregados gruesos para la planta 2. Sin embargo, los valores reales indican que la producción de finos esta 22,48% por encima de la producción de agregados gruesos para la planta 1 (61,24% del material de alimentación) y 16,08% por encima para la planta 2 (58,04% del material de alimentación).

CONCLUSIONES

Basándose en las experiencias obtenidas durante la realización de este trabajo, las conclusiones que se pueden establecer para las plantas de agregados para la construcción de la cantera Carayaca son las siguientes:

- ❖ El suministro del material en la planta 2 no es constante, ya que el cargador frontal que descarga el material volado en la tolva de alimentación también realiza la función de cargar los camiones en el despacho de los agregados.
- ❖ Las cantidades elevadas de finos se producen desde el momento de la fractura de la roca en el proceso de la voladura del banco del yacimiento, hasta el procesamiento del mineral; aunado a esto, las características del material volado tiende igualmente a generar muchos finos al ser sometidos a los mecanismos de fragmentación. Al bajar la fineza de dicho material en la alimentación se puede aumentar la producción de agregados gruesos.
- ❖ La obtención del material $\frac{3}{4}$ (agregado grueso) en la planta 2 genera un aumento en la producción de agregados finos ya que durante el proceso de disminución de tamaño hasta ésta dimensión genera más polvo de piedra que dicho material.
- ❖ Los valores que se obtuvieron en la evaluación de la capacidad instalada de los equipos aplicando las fórmulas de Taggar estuvieron muy cercanos a la alimentación real de los circuitos de trituración. La alimentación de la planta 1 es de 155t/ y su capacidad es de 200t/h, y para la planta 2 la alimentación es de 210t/h y su capacidad es de 300t/h, siendo la densidad aparente del material volado de 2,5t/m³.
- ❖ La producción de finos por encima de los valores teóricos también puede ser originada por causas puntuales como: calibración inadecuada de los equipos de trituración, baja eficiencia de algunas máquinas, comportamiento del material de

alimentación al ser sometido a mecanismos de fragmentación, granulometría del material de alimentación.

- ❖ Los equipos del circuito de la planta 1 cumplieron su vida útil, y se evidencia por el deterioro y las fallas que generaban, lo que influye en las diferencias entre las producciones de una planta con respecto a la otra.
- ❖ La codificación de los equipos y sus especificaciones técnicas resumidas en las tablas de recolección de datos, permiten tener de una forma ordenada y resumida los aspectos más importantes de los equipos; a su vez, la codificación también facilita la ubicación de los equipos dentro de los circuitos de trituración.

RECOMENDACIONES

De las conclusiones obtenidas, las recomendaciones son las siguientes:

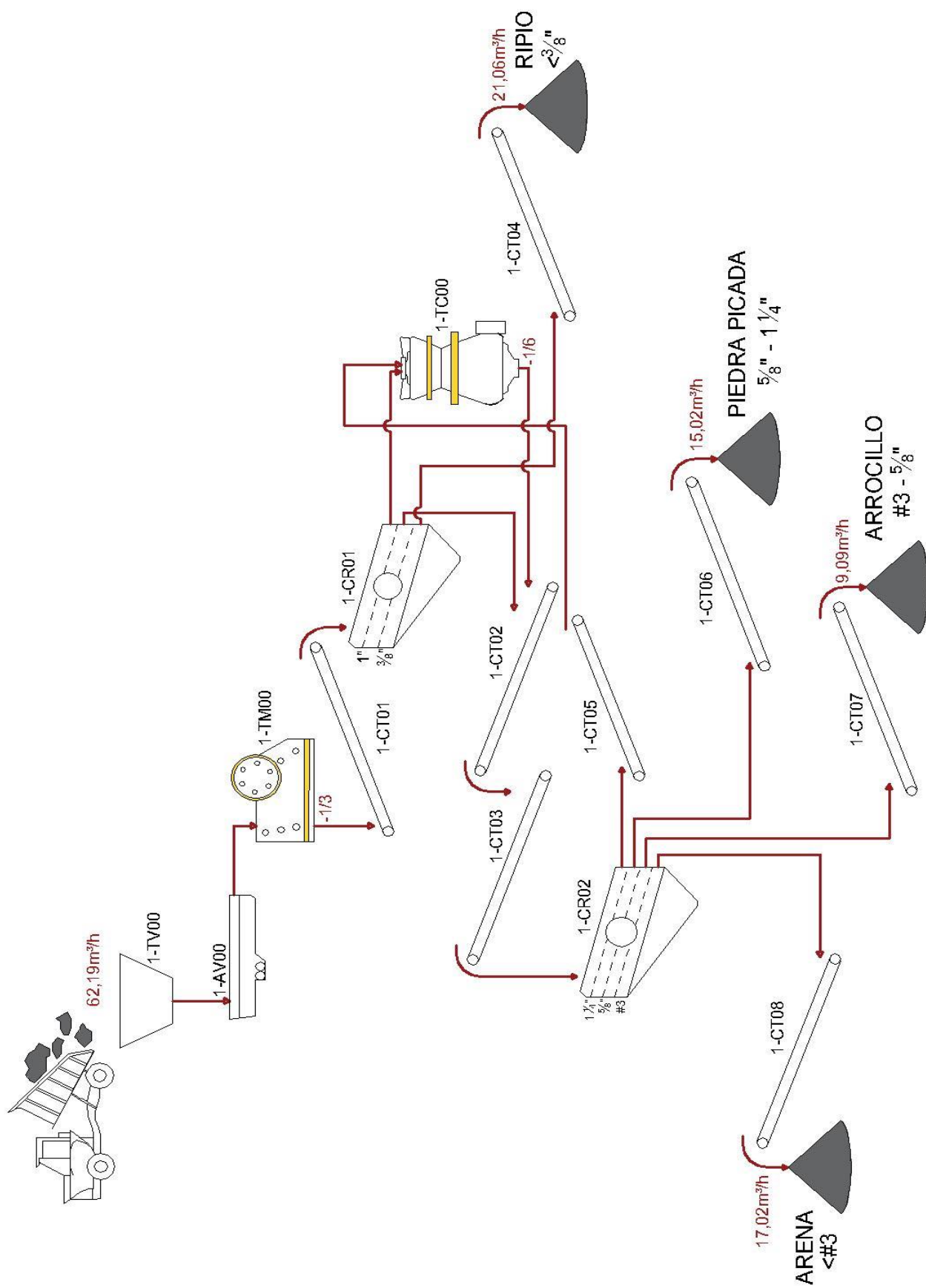
- ❖ Al tomar el material volado del frente de explotación se recomienda realizar una selección que posea una cantidad menor de ripio y un mayor número de rocas con una dimensión cercana al tamaño máximo de admisión del triturador primario, que para la planta 1 es 0,85 m y la 2 es 1,02 m, sin sobrepasar la capacidad de alimentación respectiva.
- ❖ Realizar ensayos de laboratorio para determinar el comportamiento del material de alimentación al ser sometido a los mecanismos de fragmentación, para establecer un ajuste óptimo de los parámetros de los equipos de trituración (ángulo de pellizco de las mandíbulas, abertura máxima de entrada y salida del cono giratorio, velocidad de giro de los martillos de la trituradora de impacto, etc.) adaptándolos a las características del material, que busque producir una menor cantidad de finos y polución en el proceso de trituración.
- ❖ Revisar el diseño de voladura en busca de reducir la generación de sobretamaños procurando que el material volado tenga una granulometría acorde con la capacidad de la planta.
- ❖ Activar el martillo hidráulico disponible en la cantera como una medida para la reducción de material con sobretamaños y con ello tener un mayor aprovechamiento de la materia prima.
- ❖ Estandarizar los forros de la trituradora de mandíbula de ambas plantas con uno acorde con la dureza, abrasividad y forma de ruptura de las rocas que componen la materia prima.
- ❖ Implementar el uso de sistemas operativos computarizados (autocad, recmin, sgems, etc.) que faciliten el seguimiento y control de los avances de explotación de la cantera y de producción.

- ❖ En vista de que la planta 2 es alimentada por un cargador sobre ruedas, el cual se encarga también de la carga de camiones en el despacho, evaluar la posibilidad de que los camiones alimenten directamente la tolva, o considerar la adquisición de un cargador frontal sobre ruedas adicional para garantizar una alimentación continua y con ello maximizar la eficiencia en la producción.
- ❖ Colocar un sistema de riego para control de polución

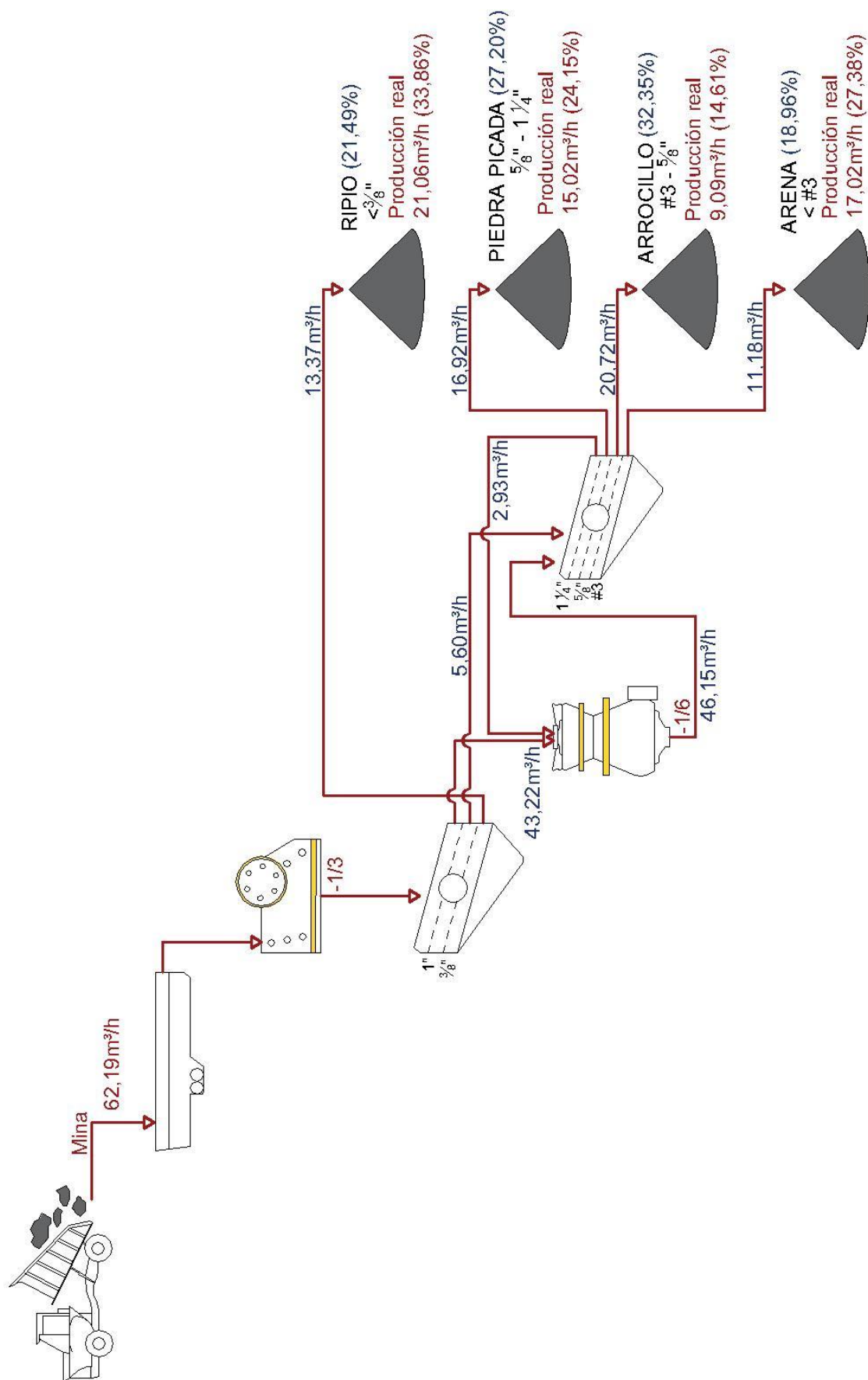
REFERENCIAS

- ARIAS; F. (1999). *El Proyecto de Investigación: Guía para su Elaboración*. 3ra Edición. Caracas: Episteme.
- [Anónimo]. *RCM Plantas agregados*. Disponible en: http://www.rcmplantas.com/rcm_agregados.html [Consulta enero de 2015]
- EDUARDO, P. (1981). *Preparación y Concentración de Minerales*. Universidad Central de Venezuela. 315 pág.
- HERNÁNDEZ y Otros (2003). *Metodología de la Investigación*. Quinta edición, editorial Mc Graw Hill. Perú. Información metodológica. 705 pág.
- Informe Cantera Carayaca 2011. (s/a)
- KELLY, E. (1990). *Introducción al Procesamiento de Minerales*. Editorial Limusa. 169 pág.
- LECCION 12 CEMENTOS. *Trituración de Materias Primas*. Consulta 10 de Septiembre. PDF.
- TELSMITH SBS 2005. *Trituradoras de Cono SBS*. 16 pág

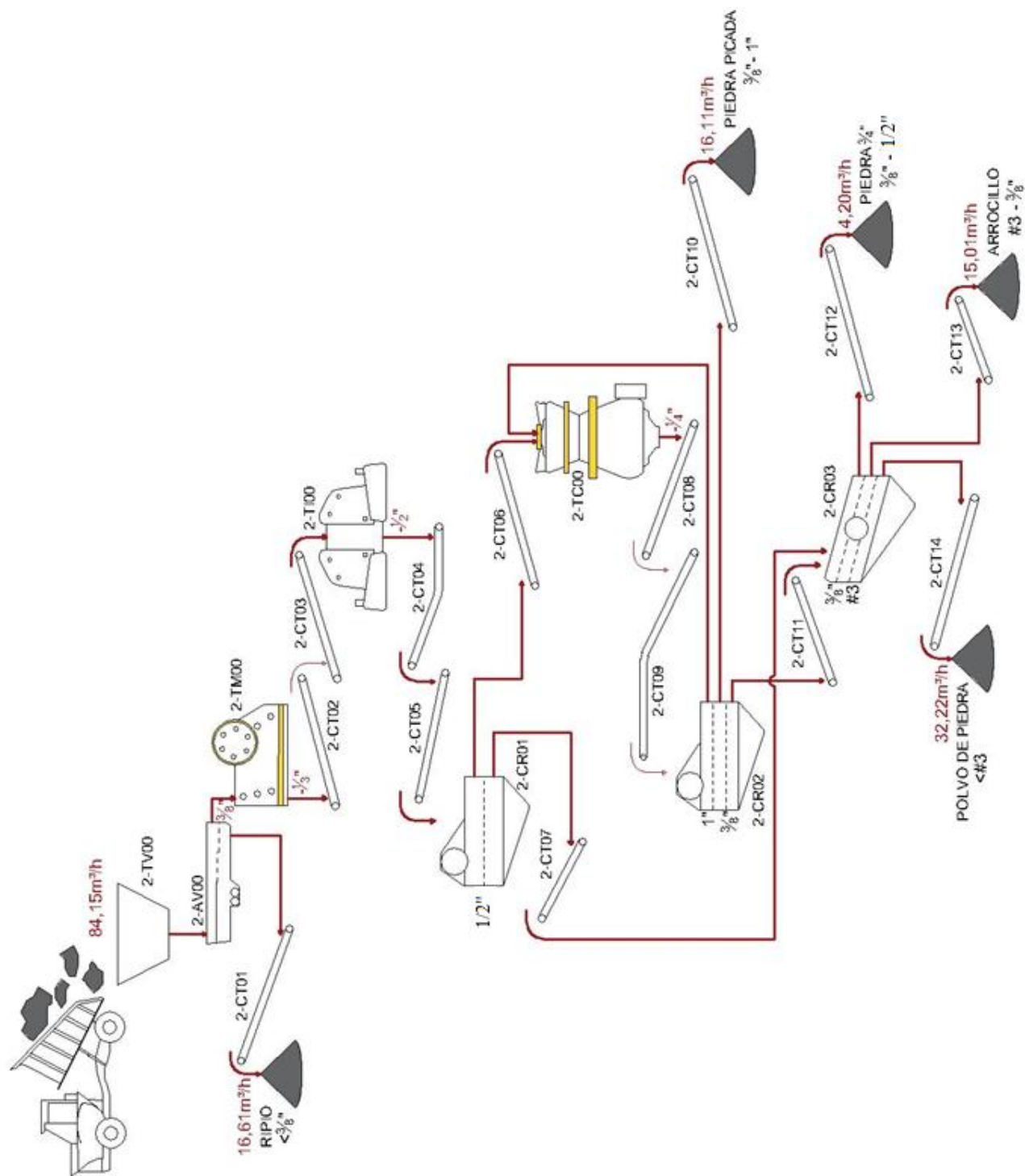
ANEXOS



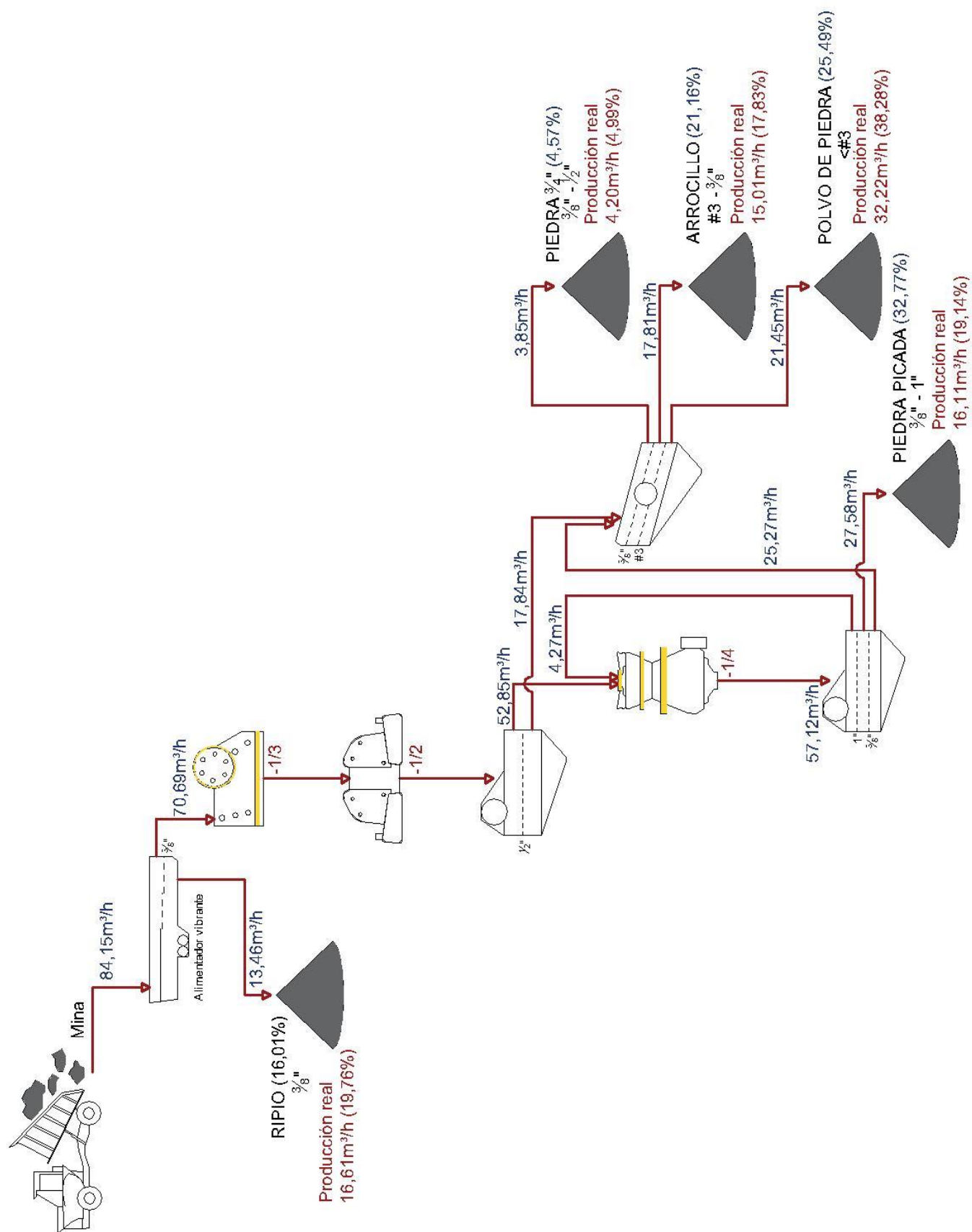
Anexo N° 1. Equipos que conforman la planta 1 de la cantera Carayaca con su codificación



Anexo N° 2. Balance de masa y producción de la planta 1 de la Cantera Carayaca



Anexo N° 3. Equipos que conforman la planta 2 de la cantera Carayaca con su codificación



Anexo N° 4. Balance de masa y producción de la planta 2 de la cantera Carayaca

❖ Especificaciones técnicas

Código	Marca	Capacidad instalada (t/h)	Dimensión del plato vibratorio (m)		Longitud de la parrillera (m)	Motor			
			Largo	Ancho		Marca	RPM	HP	Volt
1-AV00	No se pudo observar	140-250	4,65	1,10	No tiene	No se pudo observar			440
2-AV00	XCMG Modelo PE 1000x1200	160-300	5,80	1,31	1,25	Luan jianghuai motor CO.LTD	1164	29,48	220

Anexo N° 5. Especificaciones técnicas de los alimentadores vibratorios

Código	Marca	Uso	Razón de reducción	Capacidad instalada (t/h)	Capacidad instalada según Taggar (t/h)	Capacidad utilizada (t/h)	Tipo de forro	Estado del forro	Dimensión máxima de la boca de entrada (m)		Dimensión máxima de la boca de salida (m)		Motor			
									Largo	Ancho	Largo	Ancho	Marca	RPM	HP	Volt
1-TM00	REXNORD Modelo B3187	Primaria	1/3	160-300	105,60	155,47	Ondulado	Cambiarlo	0,60	1,00	0,20	1,00	AEG MR	890	175	440
2-TM00	XCMG Modelo PE-1000x1200	Primaria	1/3	160-300	220,96	210,37	Dentado	Bueno	0,93	1,20	0,27	1,20	Luan jianghuai motor CO.LTD	888	132	220

Anexo N° 6. Especificaciones técnicas de las trituradoras de mandíbula

Código	Marca	Uso	Razón de reducción	Capacidad instalada (t/h)	Capacidad utilizada (t/h)	Estado de los martillos	Dimensión de la boca de entrada (m)		Dimensión de la boca de salida (m)		Motor			
							Ancho	Largo	Ancho	Largo	Marca	RPM	HP	Volt
2-TI00	XCMG modelo PF - 1316	Secundaria	1/2	150 - 300	178	Bueno	1,75	1,77	1,72	2,09	XCMG	1176	260	220

Anexo N° 7. Especificaciones técnicas de la trituradora de impacto

Código	Marca	Uso	Capacidad instalada (t/h)	Capacidad utilizada (t/h)	Razón de reducción	Diámetro de la boca de entrada (m)	Motor			
							Marca	RPM	HP	Volt
1-TC00	SYMONS Modelo 4401-L	Secundaria	115 - 260	115,37	1/6	0,90	WEG	1185	150	440
2-TC00	XCMG Modelo DMC 460	Terciaria	115 - 260	142,80	1/4	0,91	Luan Jianghuai Motor CO.LT	1184	132	220

Anexo N° 8. Especificaciones técnicas de las trituradoras de cono

Código	Marca	Capacidad instalada (t/h)	Capacidad utilizada (t/h)	Inclinación	Dimensiones (m)			N° de mallas	Apertura de las mallas (cm x cm)	Tipo de alambres	Diámetro de los alambres (cm)	Motor			
					Ancho	Largo	Alto					Marca	RPM	HP	Volt
1-CR01	TELSMITH Modelo 343M598	469,9	155,47	15°	2,00	3,70	2,26	2	a) 2,54 x 2,54 (1") b) 1,00 x 1,00 (3/8")	Ondulado K=60	a) 0,80 b) 0,30	WEG	1775	40	440
1-CR02	METSO Modelo CBS7"x20"TD	732	122,70	20°	2,00	6,10	2,55	3	a) 3,20 x 3,20 (1 1/4") b) 1,60 x 1,60 (5/8") c) 0,60 x 0,60 (malla #3 según serie ASTM Standard)	Ondulado K=45	a) 1,20 b) 0,40 c) 0,10	WEG	880	40	440
2-CR01	XCMG Modelo DM4-24600	150 - 600	176,72	0°	2,30	6,00	1,42	1	Única: 1,28 x 1,28 (1/2")	Ondulado	Única: 0,20	XCMG	1176	74	220
2-CR02	XCMG Modelo DMH1648D	50 - 250	142,80	0°	1,70	4,80	1,02	2	a) 2,54 x 2,54 (1") b) 1,00 x 1,00 (3/8")	Ondulado	a) 1,00 b) 0,10	XCMG	1176	40	220
2-CR03	TELSMITH Modelo No disponible	216	107,77	10°	1,70	5,10	2,20	2	a) 1,00 x 1,00 (3/8") b) 0,60 x 0,60 (malla #3 según serie ASTM Standard)	Ondulado K=60	a) 0,20 b) 0,15	Luan Jianghuai Motor CO.LT	876	25	220

Anexo N° 9. Especificaciones técnicas de las cribas vibratorias

Código	Longitud (m)	Ancho (m)	Inclinación	Velocidad (m/s)	Rodillo motriz		Rodillos de ida			Rodillos de retorno			Motor			
					Diámetro (m)	Longitud (m)	Cantidad	Diámetro (m)	Longitud (m)	Cantidad	Diámetro (m)	Longitud (m)	Marca	RPM	HP	Volt
1-CT01	24,30	0,78	15°	1,66	0,50	0,7	66	0,13	0,34	10	0,12	0,87	WEG	1755	25	440
1-CT02	10,00	0,77	5°	1,48	0,50	0,83	33	0,13	0,34	1	0,12	0,87	THRE/QOMAD	1720	3	440
1-CT03	22,00	0,77	18°	2,51	0,50	0,83	63	0,13	0,34	7	0,12	0,87	BALDOC RELIANCE	1760	10	440
1-CT04	16,50	0,60	25°	1,49	0,50	0,72	51	0,13	0,34	5	0,12	0,87	DUTCHI MOTORS	1745	10	440
1-CT05	24,50	0,62	20°	2,76	0,50	0,70	72	0,13	0,34	8	0,12	0,87	UNICLOSED MOTORS	3000	15	440
1-CT06	25,20	0,61	5°	1,57	0,50	0,72	69	0,13	0,34	8	0,12	0,87	ADAM BAUMULLER	1750	10	440
1-CT07	16,50	0,61	10°	1,17	0,50	0,70	36	0,13	0,34	5	0,12	0,87	SYNCRGEGAR MOTOR	1730	2	440
1-CT08	25,00	0,60	5°	0,94	0,50	0,70	66	0,13	0,34	7	0,12	0,87	SCNRUER ORSCHRIITT	1730	5,5	440
2-CT01	12,30	0,63	20°	1,78	0,42	0,98	39	0,15	0,30	5	0,15	0,86	ATC	1760	10	220
2-CT02	10,40	1,19	15°	0,75	0,44	1,34	27	0,11	0,44	5	0,11	1,30	BBC	1755	24	220
2-CT03	13,40	1,20	17°	0,77	0,56	1,32	42	0,11	0,44	5	0,11	1,30	XCMG	800	10	220
2-CT04	11,70	1,20	0-20°	0,78	0,44	1,32	39	0,11	0,45	5	0,11	1,30	XCMG	1200	6	220
2-CT05	16,60	1,21	12°	0,77	0,53	1,32	40	0,11	0,44	6	0,11	1,32	XCMG	1200	18	220
2-CT06	16,90	0,81	15°	0,83	0,42	0,92	51	0,11	0,31	7	0,11	1,30	XCMG	800	10	220
2-CT07	8,80	0,63	28°	0,78	0,40	0,73	27	0,11	0,24	2	0,11	0,74	EBERLE	1760	10	220
2-CT08	10,60	0,80	20°	0,73	0,42	0,92	36	0,11	0,31	5	0,11	0,90	XCMG	800	10	220
2-CT09	16,24	0,82	25-0°	0,80	0,42	0,90	54	0,11	0,31	10	0,11	0,90	XCMG	800	10	220
2-CT10	16,00	0,68	15°	0,82	0,42	0,74	51	0,13	0,24	5	0,13	0,77	EBERLE	1750	10	220
2-CT11	10,50	0,61	20°	0,80	0,42	0,72	33	0,11	0,22	4	0,11	0,77	EBERLE	1760	10	220
2-CT12	14,40	0,81	15°	0,77	0,42	0,92	45	0,11	0,32	5	0,11	0,91	XCMG	800	10	220
2-CT13	8,40	0,51	20°	0,82	0,34	0,59	24	0,11	0,22	4	0,14	0,62	XCMG	500	5	220
2-CT14	14,60	0,81	15°	0,79	0,42	0,92	45	0,11	0,33	6	0,11	0,92	XCMG	800	10	220

Anexo N° 10. Especificaciones técnicas de las cintas transportadoras