



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica  
de Ingenieros de Minas

# GRADO EN INGENIERÍA MINERA

## TRABAJO FIN DE GRADO

### ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ÁRIDOS 200T/H EN EL MUNICIPIO DE MEIRA (LUGO).

León, Septiembre de 2016

Autor: Carmen Lobato Astiárraga

Tutor: Antonio Bernardo Sánchez

El presente proyecto ha sido realizado por D./Dña. Carmen Lobato Astiárraga, alumno/a de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería Minera.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D./Dña. Antonio Bernardo Sánchez, profesor/a del Grado en Ingeniería Minera.

Visto Bueno

Fdo.: D./Dña. Carmen Lobato Astiárraga

El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D./Dña. Antonio Bernardo Sánchez

El Tutor del Trabajo Fin de Grado

## **RESUMEN**

Con este proyecto se pretende diseñar una planta de trituración y cribado para una cantera de caliza, con el fin de obtener varios productos de diferentes granulometrías. Esta planta debe ser capaz de producir 376 000 toneladas al año. El presente documento consta de una memoria que engloba los estudios geológicos y técnicos necesarios para el cálculo de la planta, así como un estudio de viabilidad económica y un presupuesto donde se detalla el coste de la puesta en marcha de la planta.

## **ABSTRACT**

This project aims to design a crushing and screening plant in a limestone quarry, aiming to obtain several products of different granulometry. This plant has to be capable to produce 37600 tons per year. The present document is composed of a report which covers geological and technical surveys needed to calculate the plant, as well as an economic viability study and a budget detailing the plant start-up costs.

# ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
1 Documento Nº 1: MEMORIA.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Objeto del proyecto .....	1
1.3 Cumplimiento de la normativa vigente .....	2
1.4 Alcance.....	2
1.5 Legislación aplicable .....	2
1.5.1 Legislación minera .....	2
1.5.2 Legislación ambiental .....	4
1.5.3 Otra legislación .....	4
1.6 Identificación geográfica de la zona a explotar .....	5
1.7 Geología general de la zona y propiedades de la roca .....	7
1.7.1 Geología de la zona de estudio .....	8
1.7.2 Propiedades de la roca .....	9
1.8 Proyecto de explotación .....	10
1.8.1 Labores preparatorias .....	10
1.8.2 Servicios generales de cantera y obras de infraestructura .....	10
1.8.3 Obras de infraestructuras para el inicio de la actividad.....	12
1.8.4 Método de explotación .....	12
1.8.5 Método de arranque .....	13
1.9 Productos a obtener en la planta de machaqueo, trituración y cribado: Gravas, gravillas y arenas. ....	19
1.9.1 Gravas .....	19
1.9.2 Gravillas .....	20
1.9.3 Arenas.....	21
1.10 Diseño de la planta de tratamiento .....	22
1.10.1 Justificación de la planta .....	22
1.10.2 Granulometría de los materiales de la voladura .....	22

1.10.3	Parámetros de trituración .....	23
1.11	Selección de los equipos de la planta .....	28
1.11.1	Puesto primario .....	28
1.11.2	Prestock .....	34
1.11.3	Puesto secundario .....	34
1.11.4	Puesto terciario .....	43
1.12	Transportadores de banda.....	46
1.12.1	Tipos de transportadores de banda .....	46
1.13	Diagrama de flujo de la planta.....	50
1.14	Descripción del proceso.....	51
1.14.1	Circuito primario.....	51
1.14.2	Circuito secundario.....	51
1.14.3	Circuito terciario .....	51
1.15	Referencias.....	52
2	Documento 2: Estudio de viabilidad económica.....	53
2.1	Introducción .....	53
2.1.1	Métodos de evaluación de inversiones.....	55
2.2	Comercialización y ventas.....	58
2.3	Análisis económico .....	59
2.3.1	Previsión de las inversiones.....	59
2.4	Ingresos anuales por ventas .....	62
2.5	Previsión gastos anuales y costes de operación.....	64
2.5.1	Costes directos .....	64
2.5.2	Costes indirectos .....	65
2.5.3	Resumen de costes indirectos.....	66
2.5.4	Resumen de costes de operación.....	66
2.5.5	Plan de financiación.....	67
2.5.6	Análisis de rentabilidad .....	67
2.5.7	Conclusiones de viabilidad .....	68
3	Documento 3: Presupuesto .....	70
3.1	Presupuesto estudios, investigaciones y proyectos .....	70
3.2	Presupuesto Infraestructura e instalaciones auxiliares.....	70
3.3	Presupuesto materiales fungibles y equipos informáticos.....	70
3.4	Presupuesto planta de tratamiento.....	71

3.4.1	Equipos .....	71
3.4.2	Cintas .....	71
3.4.3	Coste total de la instalación .....	71
3.5	Presupuesto equipos y maquinaria minera .....	72
3.6	Presupuesto plantilla .....	72
3.7	Resumen del presupuesto .....	73
4	Documento 4: Pliego de condiciones .....	74
4.1	Consideraciones generales .....	74
4.2	Materiales y equipos a instalar .....	74
4.3	Titulares o usuarios .....	75
4.4	Recepción de las instalaciones .....	75
4.5	Pruebas parciales .....	75
4.6	Pruebas finales .....	75
4.7	Recepción provisional .....	75
4.8	Recepción definitiva .....	76
4.9	Objeto de campo de aplicación .....	76
4.10	Ejecución del trabajo .....	76
4.11	Materiales .....	76
4.12	Trabajo de montaje .....	77
4.13	Trabajo en altura .....	77
4.14	Trabajo con grúa .....	77
4.15	Recepción de obra .....	78
5	Documento 5: Estudio de prevención ambiental .....	80
5.1	Consideraciones previas .....	80
5.2	Identificación de impactos y aplicación de medidas correctoras .....	80
5.2.1	Afecciones al suelo .....	80
5.2.2	Afecciones a la atmosfera .....	81
5.2.3	Afecciones sobre el medio hídrico .....	83
5.2.4	Afecciones sobre la vegetación y la fauna .....	84
5.2.5	Afecciones en procesos geofísicos .....	84
5.2.6	Afecciones sobre morfología y paisaje .....	84
5.2.7	Generación de residuos .....	84
6	Documento 6: Planos .....	86
6.1	Plano de situación .....	86

---

6.2	Vista en planta .....	86
6.3	Vista en alzado .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1- Ubicación de Meira en la provincia de Lugo .....	5
Figura 1.2- Plano topográfico de situación.....	6
Figura 1.3- Ubicación de la cantera .....	6
Figura 1.4- Mapa geológico de la zona (MAGNA) .....	7
Figura 1.5-Corte geológico de la zona .....	7
Figura 1.6- Leyenda del corte geológico de la zona .....	8
Figura 1.7-Ensayo de resistencia a compresión simple.....	9
Figura 1.8-Carro perforador .....	14
Figura 1.9- Disposición de los barrenos al tresbolillo.....	16
Figura 1.10-Riodin.....	17
Figura 1.11- Nagolita .....	17
Figura 1.12- detonador no eléctrico.....	18
Figura 1.13- Grava .....	19
Figura 1.14- Gravilla.....	20
Figura 1.15- Arenas.....	21
Figura 1.16- Costes de producción en relación a la fragmentación de la roca .....	22
Figura 1.17-Curva granulométrica de la voladura .....	23
Figura 1.18-Razón de reducción del material.....	26
Figura 1.19- Precribador .....	29
Figura 1.20-Capacidad de tratamiento y tamaño máximo de bloque de roca .....	30
Figura 1.21- Selección del primario en función de la capacidad y abrasividad.....	30
Figura 1.22-Abaco de capacidad de la machacadora .....	32
Figura 1.23- Machacadora de mandíbulas .....	33
Figura 1.24-prestock.....	34
Figura 1.25-Alimentador vibrante SP1323 .....	35
Figura 1.26-Curva granulométrica que llega a la criba 1.....	37
Figura 1.27-Alimentador Sp0818 y tolva de regulación .....	39
Figura 1.28-Curva granulométrica de la machacadora de mandíbulas .....	41
Figura 1.29- Molino de cono .....	42
Figura 1.30- Granulometría de la criba 2.....	43
Figura 1.31-Alimentador Sp0818 y tolva de regulación .....	45

---

Figura 1.32-transportador de banda tipo TTR.....	47
Figura 1.33-Transportador de banda tipo TCL .....	48
Figura 1.34- Diagrama de flujo de la planta .....	50
Figura 2.1- Segmento representante de los flujos de caja en el análisis del VAN .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1- Parámetros de las voladuras .....	14
Tabla 1.2- Características del precribador.....	28
Tabla 1.3- Características de la trituradora .....	33
Tabla 1.4- Características del alimentador vibrante SP1323 .....	35
Tabla 1.5- Anchura mínima en función del caudal.....	38
Tabla 1.6- Características de la criba .....	38
Tabla 1.7- Características del alimentador vibrante SP0818 .....	39
Tabla 1.8- Características del cono.....	42
Tabla 1.9- Características de la criba 2 .....	44
Tabla 1.10- Características del alimentador vibrante SP0818 .....	45
Tabla 1.11- Cintas transportadoras .....	49
Tabla 2.1- Diagrama de las características financieras de la inversión .....	54
Tabla 2.2- Precio de los productos .....	58
Tabla 2.3- Inversión Infraestructuras e instalaciones auxiliares. ....	60
Tabla 2.4- Inversión Maquinaria Minera .....	61
Tabla 2.5- Resumen de inversiones.....	62
Tabla 2.6- Relación de ingresos y producción anuales de la planta.....	62
Tabla 2.7- Flujo previsto de ingresos anuales por ventas (10 años) .....	63
Tabla 2.8- Coste de personal directo.....	64
Tabla 2.9- Costes de maquinaria .....	64
Tabla 2.10- Costes anuales de operación de maquinaria minera .....	65
Tabla 2.11- Resumen de los costes directos .....	65
Tabla 2.12- Coste de personal indirecto.....	66
Tabla 2.13- Resumen de costes indirectos.....	66
Tabla 2.14- Resumen de costes de operación.....	66
Tabla 2.15- Cálculos de la financiación.....	67
Tabla 2.16- Flujo de caja .....	68
Tabla 2.17- Valores de los índices económicos .....	69
Tabla 3.1- Coste total de los estudios e investigaciones .....	70
Tabla 3.2- Coste de las infraestructuras e instalaciones auxiliares.....	70
Tabla 3.3- Coste total de materiales fungibles y equipos .....	70
Tabla 3.4- Coste total de los equipos .....	71

---

Tabla 3.5-Coste total de las cintas.....	71
Tabla 3.6- Coste total de la instalación .....	71
Tabla 3.7- Coste de la maquinaria minera.....	72
Tabla 3.8- Coste de la plantilla .....	72
Tabla 3.9- Resumen del presupuesto .....	73

## 1 Documento Nº 1: MEMORIA

### 1.1 Antecedentes

Una empresa dedicada a la investigación y explotación de yacimientos minerales y demás recursos geológicos se ha dedicado a tareas de investigación en el término municipal de Meira (Lugo).

Dichas labores han concluido con la cubicación de una serie de reservas seguras de roca con interés minero para áridos. Su objetivo es la extracción de dichos áridos para su uso en hormigones con el fin de fabricar prefabricados de hormigón, así como la venta de áridos de diferentes calidades y granulometrías.

Para llevar a cabo la actividad minera que se pretende es necesario obtener las siguientes autorizaciones:

- Aprobación del proyecto de explotación y concesión de explotación en el terreno investigado.
- Licencia de obras y de actividad.

Además, será necesario obtener las siguientes autorizaciones sectoriales:

- Certificado de compatibilidad urbanística.
- Declaración de Impacto Ambiental.
- Autorización del Ministerio de Cultura sobre Patrimonio Histórico Artístico.
- Autorización del organismo de Cuenca Hidrográfico acerca de la ejecución de posibles sondeos de captación de agua, desvío de arroyos y ocupación de la “zona de policía” de los cauces anejos si precediera.

### 1.2 Objeto del proyecto

La finalidad de este estudio es conseguir una explotación bien proyectada desde su inicio de forma ordenada y medioambientalmente sostenible. En el contenido de este proyecto se contemplan los siguientes puntos:

- Identificación de la sustancia a beneficiar y especificación del derecho minero: definir la situación, lugar, superficie y cuantos datos sirvan para localizar y conocer el recurso que se pretende aprovechar.
- Proyectar y planificar la operación minera: Estudio minero con definición del método de laboreo a utilizar.
- Proyectar y planificar la planta de trituración y cribado para una producción de 200 t/h de zahorra repartidas en las siguientes granulometrías:  
0-3 mm, 0-6 mm, 3-6 mm, 6-12 mm, 12-25 mm, 25-60 mm, 0-40 mm.
- Justificación técnico-económica de la actividad que se pretende: Determinar la viabilidad de la operación minera, definiendo parámetros de reservas, operativos y de viabilidad que garanticen la puesta en marcha de la explotación.

### 1.3 Cumplimiento de la normativa vigente

Dado que se trata de una explotación a Cielo Abierto el proyecto se redacta conforme a lo requerido en la I.T.C. 07.1.02. "Capítulo VII. Trabajos a Cielo Abierto: Proyecto de Explotación", por lo que el mismo consta de:

- Memoria Descriptiva
- Presupuesto
- Planos
- Pliego de Condiciones Técnicas
- Anejo: en este caso se incluye en la memoria, comprende la geología del depósito, el estudio hidrogeológico, la climatología, las instalaciones, etc.

### 1.4 Alcance

En este documento se hará un pequeño estudio del emplazamiento de la explotación, así como de su geología. Se determinará el tamaño máximo de bolo que podrá llegar al puesto primario y así dimensionar la planta para obtener el producto deseado. Como paso previo se harán unas breves reseñas acerca de la forma de explotar la cantera. Se continuará con un estudio de la planta y finalmente terminará con la memoria económica en la que aparecerá el presupuesto de la planta de trituración y clasificación.

### 1.5 Legislación aplicable

#### 1.5.1 Legislación minera

El régimen jurídico para la investigación y aprovechamiento de los yacimientos minerales y demás recursos geológicos, cualesquiera que fueren su origen y estado físico proviene de la **Ley 22/1973, de 21 de Julio, de Minas** y del **R. D. 2857/1978, de 25 de Agosto**, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.

Estos documentos han sido modificados posteriormente por la ley 54/1980 de modificación de la ley de minas; el Real Decreto 107/1995, Criterios de valoración para configurar la Sección A) de la Ley de Minas; y la Ley 6/1977, de Fomento de la Minería; y se han transferido competencias a las comunidades autónomas.

En los siguientes párrafos se resumen los aspectos más significativos de esta legislación en lo que se refiere a la extracción de áridos, que es el tema que abarca este proyecto.

Los recursos geológicos se clasifican en diferentes secciones según el artículo 3 de la Ley de minas. Siendo la Sección A la de interés para este proyecto.

**-Sección A** (según Real Decreto 107/1995): Pertenecen a la misma los yacimientos minerales y demás recursos geológicos en los que se den cualquiera de las circunstancias que se indican en los apartados siguientes:

a) Aquéllos cuyo aprovechamiento único sea el obtener fragmentos de tamaño y forma apropiados para su utilización directa en obras de infraestructura, construcción y otros usos que no exijan más operaciones que las de arranque, quebrantado y calibrado.

Se exceptúan aquellos yacimientos de recursos minerales en explotación no incluidos en el párrafo b) cuya producción se destine a la fabricación de hormigones, morteros y revoques, aglomerados asfálticos u otros productos análogos, o bien estén sometidos a un proceso que exceda de lo fijado en el párrafo anterior (según Real Decreto 107/1995).

b) Aquellos que reúnan conjuntamente las siguientes condiciones:

- Que el valor anual en venta de sus productos no alcance una cantidad superior a 100.000.000 de pesetas (600.000 €),
- Que el número de obreros empleados en la explotación no exceda de 10 y que su comercialización directa no exceda de 60 kilómetros a los límites del término municipal donde se sitúe la explotación.

#### **-Aprovechamiento de la sección A**

Los aprovechamientos de la sección A que se encuentren en terrenos de propiedad privada corresponderán al dueño de los mismos o a quien este los ceda y para ejercitar el derecho al aprovechamiento, deberá obtenerse autorización de explotación de la Delegación provincial de Minas correspondiente. De esta forma, la autorización de aprovechamiento no sólo depende de la administración, sino también del propietario del terreno. Esta ley no especifica el plazo de esta autorización de explotación, que suele darse por periodos de 5 o 10 años prorrogables.

Quienes aprovechen recursos de la Sección A, sólo podrán acogerse a los beneficios de la Ley de Expropiación Forzosa, para la ocupación de los terrenos necesarios al emplazamiento de las labores, instalaciones y servicios correspondientes, en caso de que previamente se declare la utilidad pública de esta ocupación.

La tramitación para obtener la autorización de explotación de la autoridad minera es la siguiente:

Instancia, dirigida al delegado provincial, en la que conste el nombre y apellidos o razón social y domicilio del peticionario, así como el nombre con que haya de conocerse la explotación y acompañada de los siguientes documentos:

- Acreditación de que el peticionario reúne los requisitos para poder ser titular de derechos mineros.
- Acreditación del derecho al aprovechamiento cuando el yacimiento se encuentre en terrenos de propiedad privada o pública (escrituras de propiedad o contrato de alquiler o cesión según el caso).
- Memoria y planos en los que se describan: la situación geográfica, superficie y datos que sirvan para localizar y conocer el yacimiento, así como posible producción anual prevista y vendible, valoración, fines a que se destina, área de comercialización y duración que se calcula a la explotación y un programa de explotación, con relación de la maquinaria a emplear y número de obreros.

La Delegación provincial, previa identificación del terreno y comprobación de la titularidad, otorgará la autorización de explotación en la que constarán: la extensión y límites del terreno, plano de situación, personas físicas o jurídicas a cuyo favor se otorga

la autorización, la clase de recurso y uso de los productos a obtener, el tiempo de duración de la autorización y las condiciones que resulten necesarias para la protección del medio ambiente.

Una vez recibida esta autorización se deberán comenzar los trabajos en el plazo de seis meses, que podrán prorrogarse hasta un año. De no iniciarse en dicho plazo, se declarará caducada la autorización de explotación. La iniciación de los trabajos deberá comunicarse a la Delegación provincial.

Además, anualmente deberá presentarse el plan de labores para el siguiente año, ajustado a modelo oficial y firmado por el Director técnico responsable.

### 1.5.2 Legislación ambiental

La ley **“Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos”**, modificado por la **“Ley 6/2010, de 24 de marzo”** tiene por objeto, tal como se especifica en su artículo 1, establecer el régimen jurídico aplicable a la evaluación de impacto ambiental de proyectos consistentes en la realización de obras, instalaciones o cualquier otra actividad comprendida en sus anexos I y II, donde se contemplan las actividades extractivas, por lo que es de aplicación a la extracción de áridos (ver listado de actividades extractivas contempladas en los anexos I y II, al final de este capítulo).

Su ámbito de aplicación abarca tanto proyectos públicos como privados y el Ministerio de Medio Ambiente y los organismos designados por las comunidades autónomas serán los órganos ambientales competentes.

### 1.5.3 Otra legislación

-Ley 6/1977, de 4 de Enero, de Fomento de la Minería.

- R. D. 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

-R. D. 863/1985, de 2 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

-Orden de 16 de abril de 1990 por la que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias del Capítulo VII del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

-Orden ITC/2585/2007, de 30 de agosto, por la que se aprueba la Instrucción técnica complementaria 2.0.02 «Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas», del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera

## 1.6 Identificación geográfica de la zona a explotar

Los terrenos sobre los que se define el derecho minero están situados al Noroeste de la provincia de Lugo, afectando al término municipal de Meira.



Figura 1.1- Ubicación de Meira en la provincia de Lugo

En el Noroeste de Lugo está situado el municipio de Meira, entre el reborde de la Terra Chá y las Sierras Orientales formando un relieve algo accidentado con algunos valles. Este municipio se encuentra a 34 Km de Lugo que es la capital de provincia, dicho municipio hace frontera al norte con Riotorno, al sur con Pol, al este con Ribera de Piquín y A Fonsagrada y al Oeste con A Pastoriza.

La explotación se encuentra ubicada en este municipio dentro del Macizo Hespérico, denominación con la que se conoce la rama de la cadena Hercínica europea aflorante en la Península Ibérica.

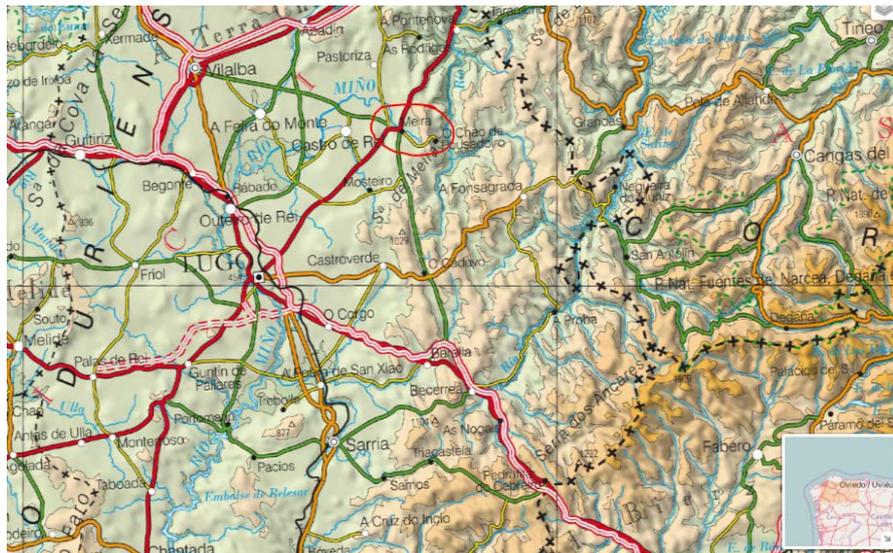


Figura 1.2- Plano topográfico de situación

La N-640 conecta Lugo con la localidad donde se emplaza la cantera, desde ahí será fácil la distribución del material utilizando la N-120, la A-76 o el AVE.



Figura 1.3- Ubicación de la cantera

### 1.7 Geología general de la zona y propiedades de la roca

Su situación se enmarca en la hoja del Mapa Geológico nacional 1:50000 número 48 con el nombre de Meira.

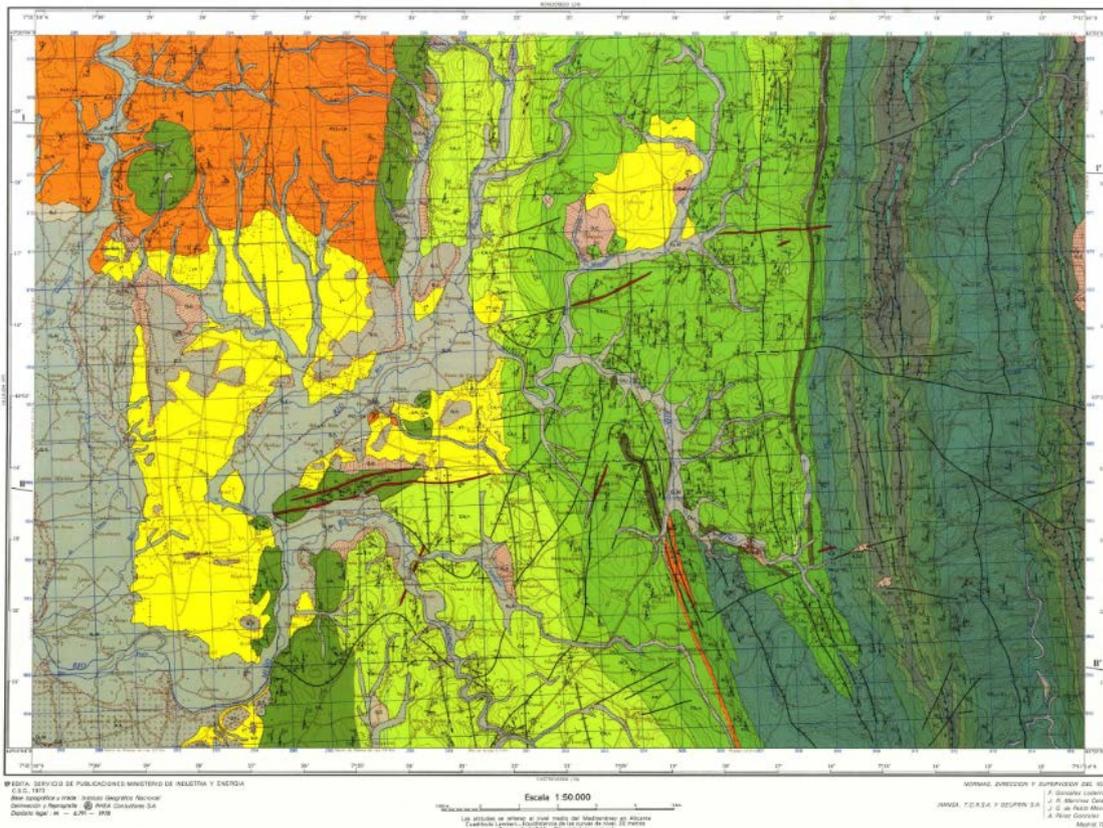


Figura 1.4- Mapa geológico de la zona (MAGNA)

Como ya se ha mencionado anteriormente la explotación se encuentra ubicada en el término municipal de Pastoriza, perteneciente a la provincia de Lugo.

El corte geológico se presenta a continuación.

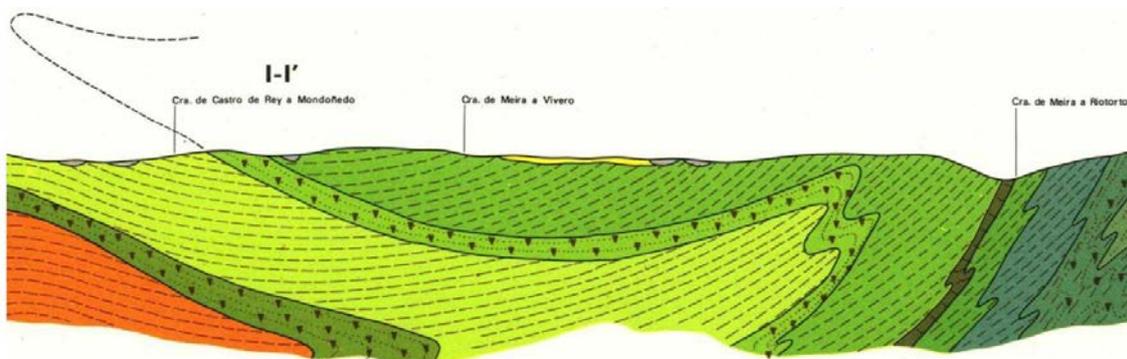


Figura 1.5-Corte geológico de la zona

### LEYENDA

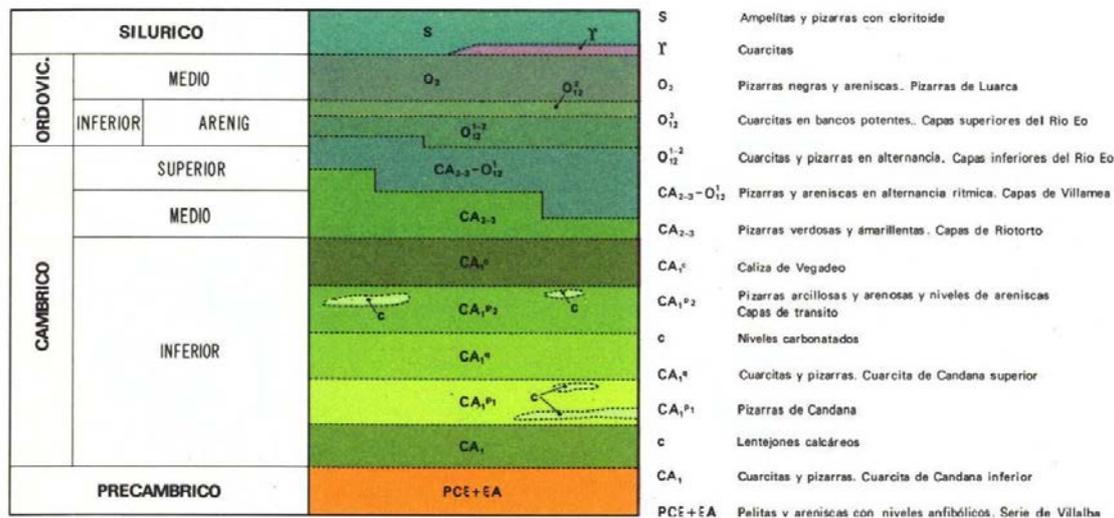


Figura 1.6- Leyenda del corte geológico de la zona

#### 1.7.1 Geología de la zona de estudio

Según la memoria de la hoja geológica Nº48, en la zona de estudio se presentan varios tipos de formaciones que se explicaran a continuación:

-Caliza de Vegadeo: es una formación calcárea de unos 80 m. de potencia por término medios. Está compuesta en el techo por calizas y dolomías muy recristalizadas de tonos grises oscuros bien estratificadas con capas de entre 20 cm a 1 m. Llegando a alcanzar potencias de 60 m. El muro presenta unos 20 m. compuestos de pizarras verdes y arenisca de tonos rosados (con abundancia de carbonatos) con una potencia de unos 20 metros a los que se sobreponen calizas y dolomías de tonos grises y oscuros. Los contactos con las unidades geológicas adyacentes son, en ocasiones claros y definidos y en otros casos están mecanizados debido a la alteración de las propias rocas calcáreas y a los procesos de karstificación.

-Pizarras verdosas y areniscas rosáceas: En esta zona aparece una alternancia de pizarras de tonos verdosos y grisáceos en ocasiones con pirita cúbica bien desarrollada, areniscas y niveles calcáreos. Los espesores de las capas de estas litologías oscilan entre centímetros a varios decímetros. Algunos niveles presencian contenido en carbonatos, ya que cuando se alteran adquieren ciertas tonalidades marrones, propias de la presencia de dolomías.

-Calizas oscuras, en bancos de espesor métrico: Tramo compuesto por niveles calcáreos de tonos oscuros (aspecto masivo), que presentan intercalados unos niveles de tonos más claros con geometría tabular en su parte intermedia. Este conjunto tiene una potencia de entre 5 y 7 metros. Estos espesores pueden variar como consecuencia del plegamiento que sufre el conjunto de la formación.

-Calizas con intercalaciones delgadas de calcoesquistos: Compuestas en su mayoría por niveles calcáreos de tonos claros, grisáceos o blanquecinos, presentando una geometría tabular bien desarrollada. Se aprecian intercalaciones delgadas de pizarras y rocas híbridas de estas y carbonatos, calcoesquistos. Presentan bastantes alteraciones por encontrarse más próximas a la superficie del terreno. Aparentemente se trata de áridos de “peor calidad” comparados con los anteriores tanto por la variabilidad en la verticales de las rocas, la alteración sufrida, dureza y por la estructuración que adoptan las capas.

-Pizarras gris verdosas: se trata de pizarras de grano fino de color gris o verdoso, presenta frecuentes intercalaciones de arenisca de espesores milimétricos a centimétricos. En general están muy tectonizadas y afectadas por fracturas. Se sitúan topográficamente por encima del yacimiento de la cantera. Se consideran estériles desde la perspectiva del aprovechamiento.

### 1.7.2 Propiedades de la roca

Se trata de una dolomía de grano fino con escasas impurezas, estas se presentan esencialmente como cuarzo y menas opacas (pirita), con una dureza de 4 (escala de Mohs). Un estudio de laboratorio muestra la roca con una densidad aparente de 2,863 t/m<sup>3</sup> y con un contenido en SiO<sub>2</sub> de un 4,15%.

La resistencia a compresión simple es un parámetro de gran importancia ya que de él depende el índice de perforabilidad de la roca y la capacidad para reducir el tamaño de grano en la planta de tratamiento.

La resistencia a compresión de la roca se ha determinado mediante ensayo en laboratorio, siendo su valor de 568,23 Kg/cm<sup>2</sup> (55,72MPa).

A continuación se puede apreciar cómo responde la deformación de la muestra de la roca al ensayo de resistencia de compresión simple.



Figura 1.7-Ensayo de resistencia a compresión simple

## 1.8 Proyecto de explotación

Mientras sea posible el todo uno procederá tanto de los bancos que configuran la cantera como de los materiales existentes en las escombreras de rechazo, una vez se agoten las escombreras el material se extraerá exclusivamente de los bancos.

Este capítulo no tiene como objetivo ahondar en el proceso de explotación de la cantera ya que no es el objeto principal del proyecto, no obstante, se hará una breve descripción acerca del arranque mediante perforación y voladura, que determinará el tamaño de las que llegarán al puesto primario.

### 1.8.1 Labores preparatorias

Antes de comenzar la explotación se deben realizar unas labores de seguridad y preparación:

- Se vallará el perímetro de toda la explotación y se señalizará con carteles que advierten del peligro por maquinaria pesada, el uso de explosivos y la prohibición de la entrada a personal no autorizado.
- Desbroce y retirada de tierra vegetal de las zonas iniciales de trabajo.
- Se acondicionará la pista general de acceso existente actualmente y se construirá las pistas de acceso a la explotación. Se procederá también a la apertura de frentes de explotación.
- Puesta en marcha de instalaciones móviles y servicios.
- Con el material obtenido en estas labores previas y en las primeras voladuras se explanará el área inicial de instalaciones, además de crear caballones de tierra perimetrales.

### 1.8.2 Servicios generales de cantera y obras de infraestructura

Es necesario que la explotación tenga una serie de servicios mínimos necesarios para el correcto desarrollo de la actividad. Que serán presentados a continuación.

#### 1.8.2.1 Instalaciones y servicios generales de cantera

La explotación contará con las siguientes instalaciones:

- Caseta donde se habilitará una zona de oficina, zona de vestuarios, aseos, botiquín, comedor y laboratorio provistas de digestores portátiles para el almacenamiento y tratamiento de las aguas sanitarias residuales.
- Caseta taller mecánico/eléctrico.
- Caseta Almacén.
- Depósito de gasoil.

- Depósito de agua para abastecimiento de instalaciones.
- Una báscula de pesaje.
- Material de seguridad y vallado.

#### **1.8.2.2 Suministro fijo de energía eléctrica**

Inicialmente se deberá disponer del servicio de un pequeño grupo electrógeno portátil suficiente para alimentar a los servicios y talleres de iluminación.

#### **1.8.2.3 Suministro de gasoil**

Se subcontratará una empresa de distribución de gasoil para un suministro a la explotación.

Se dispondrá de un depósito de gasoil de 10.000 l. auxiliar para otorgar una autonomía de suministro, con la ventaja de su fácil instalación y autorización de puesta en marcha, pues con esta capacidad no se necesita un proyecto específico de montaje, tan solo una pequeña memoria de instalación.

#### **1.8.2.4 Suministro de agua**

Se realizará el aporte mediante cubas de aguas que rellenarán el depósito de agua.

#### **1.8.2.5 Suministro de aire comprimido**

Se plantea tener un punto de aire comprimido para la pulverización de agua y aire y reducir el polvo de la instalación y labores de mantenimiento.

#### **1.8.2.6 Servicio de transporte de personal**

El transporte del personal hasta los tajos de explotación se realizara mediante vehículos todo-terreno.

#### **1.8.2.7 Canalización de escorrentía superficial**

En las zonas donde la pendiente natural provoque el vertido de las aguas de escorrentía superficiales hacia el interior de la explotación se realizará una cuneta perimetral para facilitar su conducción y vertido hacia el exterior de la zona de trabajo.

El agua que cae dentro de la instalación se canalizará mediante cunetas perimetrales y obras hidráulicas de paso de agua hasta una balsa de decantación de las aguas de escorrentía generadas dentro del área de explotación, que se situará en el punto más bajo, para una mejor recepción de las aguas.

Con este proceso lo que se consigue es la sedimentación de las partículas y arenas arrastradas por la escorrentía. El agua tratada, se reutilizará en regado de pistas, acopios o en proceso y en la zona destinada a la limpieza de camiones, estando esta última conectada a la balsa de decantación por lo que una vez empleadas, serán enviadas de nuevo a las balsas de decantación para su posterior tratamiento, generando así un circuito cerrado de agua.

### **1.8.3 Obras de infraestructuras para el inicio de la actividad**

#### **1.8.3.1 Señalización y vallado perimetral de acceso a la cantera**

Para impedir el acceso involuntario de personas no autorizadas, todos los accesos a la cantera deberán ser visiblemente señalizados y en concreto, aquellas zonas donde se desarrollen los trabajos mineros de extracción deberán ser valladas.

#### **1.8.3.2 Pista principal de acceso y circulación de vehículos comerciales**

A tal objeto, se proyecta asfaltar y acondicionar la pista cercana que enlaza la explotación con la carretera.

### **1.8.4 Método de explotación**

Este proyecto se desarrollara en forma de cantera de donde procede el todo-uno, es el termino genérico que se utiliza para referirse a las explotación de rocas industriales y ornamentales. Ya que son explotaciones superficiales de roca masiva en la que suele existir pocos problemas de reservas y selección del material, ya que hay suficientes recursos a escala global o local y tienen una calidad natural adecuada para las exigencias del mercado, aunque las especificaciones que ha de cumplir el material para la industria de la construcción son mayores cada día y más difíciles de cumplir.

Este es el sector más amplio (en cuanto a número de excavaciones) ya que se han estado explotando desde tiempos antiguos para la extracción y el abastecimiento de materias primas para la construcción, en las áreas próximas a núcleos habitados, y en obras de infraestructura en las más alejadas.

El radio de comercialización de estas explotaciones es muy limitado debido a que el valor de los materiales extraídos es relativamente pequeño por lo que las canteras se sitúan muy cerca de los centros de consumo. Se tratan de explotaciones bidimensionales (por encima del nivel freático), de dimensiones generalmente reducidas. El método de explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles (no muchos), situándose un gran número de canteras a media ladera, aunque también pueden desarrollarse en huecos.

Los tipos de explotaciones son muy variados ya que dependen del yacimiento que se benefician. La elección del método a aplicar depende de numerosos factores tales como:

la profundidad, la forma y la inclinación del depósito, las características geomecánicas de las rocas encajantes y del propio mineral, los costes de explotación, etc.

En la actualidad existen varios métodos ampliamente utilizados para la explotación de canteras.

- Canteras en terrenos horizontales

- Canteras en ladera, que a su vez se subdividen en: Avance frontal y frente de trabajo de altura creciente y excavación descendente y abandono del talud en bancos altos.

Prácticamente en todas las ocasiones el todo-uno obtenido debe ser fragmentado para su comercialización, por lo que es necesario que las canteras necesiten una planta de machaqueo, trituración y clasificación. Esta planta suele ubicarse en las proximidades de los frentes de explotación para abaratar costes.

### 1.8.5 Método de arranque

El método de extracción en una cantera de roca caliza generalmente es a cielo abierto mediante la técnica de banqueo descendente, utilizando perforación y voladura para el arranque.

Este método de explotación presenta las siguientes ventajas:

- Permite iniciar la restauración con antelación, desde los bancos superiores hasta los de menor cota.
- Requiere una definición previa del talud final y, consecuentemente, un proyecto a largo plazo.
- Exige construir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el principio.

#### 1.8.5.1 Perforación

La perforación se realizara con un carro perforador electrohidráulico a rotopercusión, equipado con martillo en cabeza y compresor incorporado para proporcionar el barrido necesario. Empleándose bocas de 89 mm (3,5 pulgadas) y barras de 51mm (2 pulgadas).

Es recomendable el uso de un tubo guía para mantener la rectitud en los barrenos y evitar la rotura de las barras, puesto que se presenta un terreno marcadamente estratificado.



Figura 1.8-Carro perforador

Para obtener buenos resultados en la perforación es importante tener en cuenta una serie de factores que se exponen a continuación:

- Precisión en el emboquille.
- Rectitud y paralelismo de los barrenos.
- Precisión en el diámetro y forma de los barrenos.
- Precisión en la alineación.
- Precisión en la profundidad
- Valor de la piedra a lo largo de los barrenos.

#### 1.8.5.2 Voladura (cálculo de los parámetros)

Los cálculos de los parámetros de la voladura se harán en función del diámetro de perforación (89 mm) y de la R.C.S. de la roca (<70 MPa), para lo cual utilizamos la tabla que aparece en el Manual de Perforación y Voladuras, editado por el Instituto Tecnológico Geominero de España, que se muestra a continuación.

Tabla 1.1- Parámetros de las voladuras

VARIABLES DE DISEÑO	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (Mpa)			
	<70	70-120	120-180	>180
PIEDRA (B)	39	37	35	33
ESPACIAMIENTO (S)	51	47	43	38
RETACADO (T)	35	34	32	30
SOBREPERFORACIÓN (J)	10	11	12	12
LONGITUD CARGA DE FONDO (Lcf)	30	35	40	46

Los barrenos se perforaran en bancos de 15 metros de altura con una inclinación de 15° para mejorar el frente de voladura, conseguir mayor espaciamento, mejorar la fragmentación, reducir los problemas de repiés y causar el menor daño posible al talud en la nueva superficie creada.

➤ Cálculo de los parámetros de las voladuras. Malla de la voladura:

-Piedra (B) =  $39 \times D = 39 \times 0,089 \text{ m} = \mathbf{3,471 \text{ m}}$

-Espaciamiento (S) =  $51 \times D = 51 \times 0,089 \text{ m} = \mathbf{4,539 \text{ m}}$ .

-Retacado (T) =  $35 \times D = 35 \times 0,089 \text{ m} = \mathbf{3,115 \text{ m}}$ .

-Sobreperforación (J) =  $10 \times D = 10 \times 0,089 \text{ m} = \mathbf{0,89 \text{ m}}$

-Longitud de la carga de fondo (L<sub>cf</sub>) =  $30 \times D = 30 \times 0,089 \text{ m} = \mathbf{2,67 \text{ m}}$

-Longitud total de los barrenos (L<sub>b</sub>) =  $H + J = 15,5 \text{ m} + 0,89 \text{ m} = \mathbf{16,39 \text{ m}}$ .

-M<sub>3</sub>/barreno =  $B \times S \times H = 3,471 \text{ m} \times 4,539 \text{ m} \times 15,5 \text{ m} = \mathbf{244,2 \text{ m}^3}$

-t/barreno (M) =  $d \times V = 2,863 \text{ t/m}^3 \times 244,2 \text{ m}^3 = \mathbf{699,14 \text{ t}}$

➤ Numero de voladuras

Para obtener la producción prevista (376000 t/año) será necesario perforar:

$$376000 \text{ t/año} : 699,14 \text{ t/barreno} = \mathbf{538 \text{ barrenos}}$$

Si la producción mensual se estima en:

$$376000 \text{ t/año} : 12 \text{ meses/año} = \mathbf{31\ 333,33 \text{ t/mes}}$$

Significa que habrán de realizarse:

$$31333,33 \text{ t/mes} : 699,14 \text{ t/barreno} = \mathbf{45 \text{ barrenos}}$$

Lo que representa unas necesidades de perforación de:

$$45 \text{ barrenos} \times 16,39 \text{ m/barreno} = \mathbf{738 \text{ m}}$$

Teniendo en cuenta que un carro de perforación puede perforar una media de 25 m/h. en la roca considera, vemos que durante un mes podría perforar:

$$25 \text{ m/h} \times 8 \text{ h/días} \times 20 \text{ días /mes} = \mathbf{4\ 000 \text{ m}}$$

Lo que implica que las necesidades de perforación estarían cubiertas con un solo carro.

En cuanto al número de voladuras a realizar se ha previsto que con **1 voladura/mes** será suficiente, siempre y cuando cada voladura esté compuesta por:

31333,33 t/voladura: 699,14 t/barreno = 44,8 barrenos = **45 barrenos.**

Se plantean las voladuras con una disposición de los barrenos en tresbolillo de tres filas, con salida a la cara libre del banco. Se proyecta que cada “pega” estará compuesta de la perforación de 45 barrenos, distribuidos en tres hileras, siendo la primera de 16, la segunda de 15 y la tercera de 14.

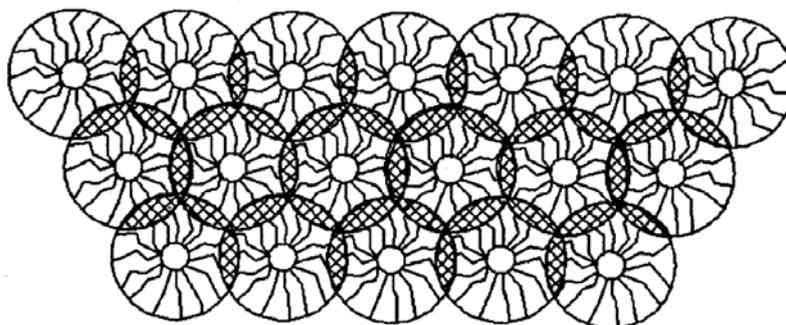


Figura 1.9- Disposición de los barrenos al tresbolillo

#### ➤ Calculo de las cargas

En este tipo de voladuras es interesante que la transferencia de energía del explosivo al macizo rocoso sea la mayor posible ya que es una voladura de producción.

Se elige para la carga e fondo un diámetro de cartucho lo más similar posible al diámetro del barrenos, para la carga de columna se utiliza Nagolita, puesto que es un explosivo que produce un gran volumen de gases produciendo así una buena fragmentación del macizo rocoso.

Los explosivos que se han elegido para esta voladura y sus características son:

Para la carga de fondo: Riodín, Riodín  $\varnothing = 80$  mm, longitud = 570 mm, peso = 5 kg

Para la carga de columna: Nagolita a granel, densidad 0,8 g/cm<sup>3</sup>

#### **Carga de Fondo.**

- Número de cartuchos:  $L_{CF}:L_{cartucho} = 2,67 \text{ m}/0,570 \text{ m} = 4$  cartuchos

- Carga de Fondo ( $Q_F$ )=  $4c \times 5\text{kg}/c = 20$  kg.



Figura 1.10-Riodin

### Carga de Columna

- Longitud Carga de Columna ( $L_{cc}$ ) =  $L_b - L_{CF} - T = 16,39 \text{ m} - 2,67 \text{ m} - 3,12 \text{ m} = 10,6 \text{ m}$ .
- Explosivo a utilizar: Nagolita a Granel
- $Q_{IK} (\text{kg/m}) = 7,854 \cdot 10^{-4} \cdot \rho_e (\text{g/cm}^3) \cdot (\text{dex})^2_{\text{mm}} = 7,854 \cdot 10^{-4} \cdot 0,80 \cdot (89)^2 = 4,98 \text{ kg/m}$
- Carga de Columna ( $Q_c$ ) =  $13,72 \text{ m} \times 4,98 \text{ kg/m} = 68,3 \text{ kg}$
- Carga Total ( $Q_T$ ) =  $20 \text{ kg} + 68,3 \text{ kg} = 88,3 \text{ kg}$
- **Carga Específica (Kg de explosivo/m<sup>3</sup> arrancado) =  $88,3 \text{ kg} / 244,2 \text{ m}^3 = 0,361$**



Figura 1.11- Nagolita

➤ Sistema de encendido

En este proyecto se propone la posibilidad de realizar las voladuras mediante un secuenciado de los barrenos por métodos no eléctricos con cebado en fondo, mediante detonadores no eléctricos de 500 ms, con longitudes adecuadas a la profundidad de cada barreno con retardos en superficie mediante conectores RIONEL SCX de 17, 25 y 42 ms convenientemente distribuidos.



Figura 1.12- detonador no eléctrico

## 1.9 Productos a obtener en la planta de machaqueo, trituración y cribado: Gravas, gravillas y arenas.

La producción obtenida es de 376.000 toneladas al año (de valor medio) de áridos y se reparte según los diferentes productos de cantera a obtener a efectos comerciales según calidades y clasificados granulométricos.

### 1.9.1 Gravas

En geología y en construcción se denomina grava a las rocas de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm, aunque no hay homogeneidad de criterio para el límite superior. Pueden ser producidas por el hombre, en cuyo caso suele denominarse «piedra partida», o resultado de procesos naturales. En este último caso, además, suele suceder que el desgaste natural producido por el movimiento en los lechos de los ríos genere rocas de formas redondeadas, pasando a conocerse como canto rodado. Existen también casos de gravas naturales que no son cantos rodados.

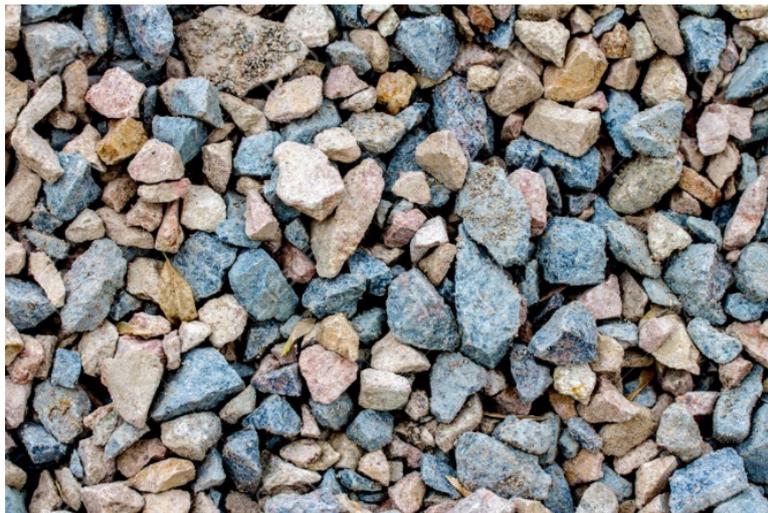


Figura 1.13- Grava

Estos áridos son partículas granulares de material pétreo, es decir, piedras, de tamaño variable, que origina por fragmentación de las distintas rocas de la corteza terrestre, ya sea en forma natural o artificial. En este último caso actúan los procesos de chancado o triturado utilizados en las respectivas plantas de áridos. El material que procesado corresponde principalmente a minerales de caliza, granito, dolomita, basalto, arenisca, cuarzo y cuarcita.

La grava se usa como árido en la fabricación de hormigones. También como lastre y revestimiento protector en cubiertas planas no transitables, y como filtrante en soleras y drenajes.

Como fuente de abastecimiento se pueden distinguir las siguientes situaciones:

- Bancos de sedimentación: son los bancos construidos artificialmente para embancar el material fino-grueso que arrastran los ríos.
- Cauce de río: corresponde a la extracción desde el lecho del río, en donde se encuentra material arrastrado por el escurrimiento de las aguas.
- Pozos secos: zonas de antiguos rellenos aluviales en valles cercanos a ríos.
- Canteras: es la explotación de los mantos rocosos o formaciones geológicas, donde los materiales se extraen usualmente desde cerros mediante lo que se denomina tronadura o voladura (rotura mediante explosivos).

### 1.9.2 Gravillas

La **gravilla** es un árido intermedio resultado del tratamiento de la trituración, dosificación por tamaños y/o lavado en operaciones mecanizadas. Las rocas utilizadas para la gravilla son normalmente de caliza, granito, basalto, dolomita y cuarcita, entre otras. Al igual que en las gravas pueden aparecer redondeados debido al movimiento de los ríos



Figura 1.14- Gravilla

### 1.9.3 Arenas

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 3 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena. Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca.

El componente más común de la arena, en tierra continental y en las costas no tropicales, es el sílice, generalmente en forma de cuarzo. Sin embargo, la composición varía de acuerdo a los recursos y condiciones locales de la roca. Según el tipo de roca de la que procede, la arena puede variar mucho en apariencia.

La arena se utiliza para fabricar cristal por sus propiedades tales como extraordinaria dureza, perfección del cristal o alto punto de fusión, y, junto con la grava y el cemento, es uno de los componentes básicos del hormigón.



Figura 1.15- Arenas

## 1.10 Diseño de la planta de tratamiento

### 1.10.1 Justificación de la planta

Para cumplir con la uniformidad de tamaños que son requeridos por el mercado para los distintos productos que se quieren obtener es necesario tratar el material procedente de las voladuras en una planta de machaqueo, trituración y clasificación, para que pueda llevarse a cabo la comercialización del material una vez obtenidos los tamaños deseados.

### 1.10.2 Granulometría de los materiales de la voladura

La admisión de la trituradora primaria determina el tamaño máximo que puede generar la fragmentación de la voladura y viceversa. Hay que tener en cuenta que una buena fragmentación produce ahorro en tiempo y dinero en los procesos de carga y transporte además de evitar la necesidad de una segunda fragmentación del material. A continuación se muestra una figura donde se puede apreciar como varía el precio de la tonelada en función de la fragmentación del material en los procesos de perforación, voladura, carga, transporte y trituración.

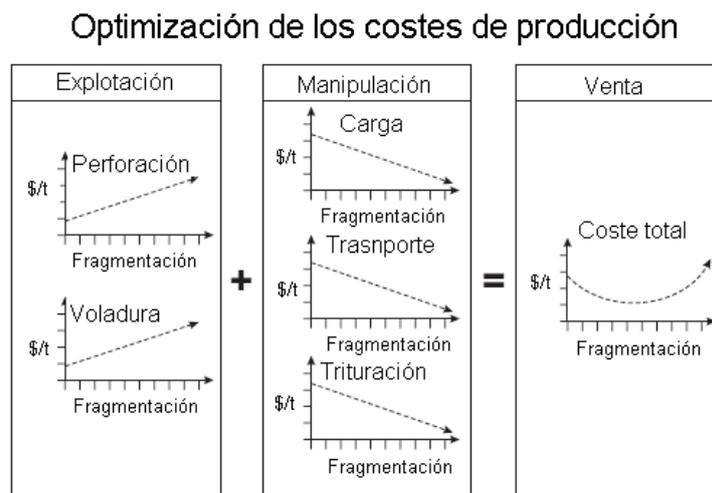


Figura 1.16- Costes de producción en relación a la fragmentación de la roca

El grado de fragmentación es un término muy genérico utilizado para definir la distribución granulométrica del material procedente de la voladura. Según el tipo de proyecto que se quiera desarrollar la granulometría deseada de la roca puede ser muy diferente.

Sobre la fragmentación influye un gran número de variables controlables, así como las propias características de los macizos rocosos.

Para el cálculo de la curva granulométrica de los materiales de las voladuras se ha utilizado la aplicación informática DISVOL, que tiene en cuenta los parámetros de las

voladuras expuestos anteriormente, así como las propiedades geomecánicas del macizo rocoso. Esta aplicación calcula los porcentajes de las distintas granulometrías que se producirán tras la voladura.

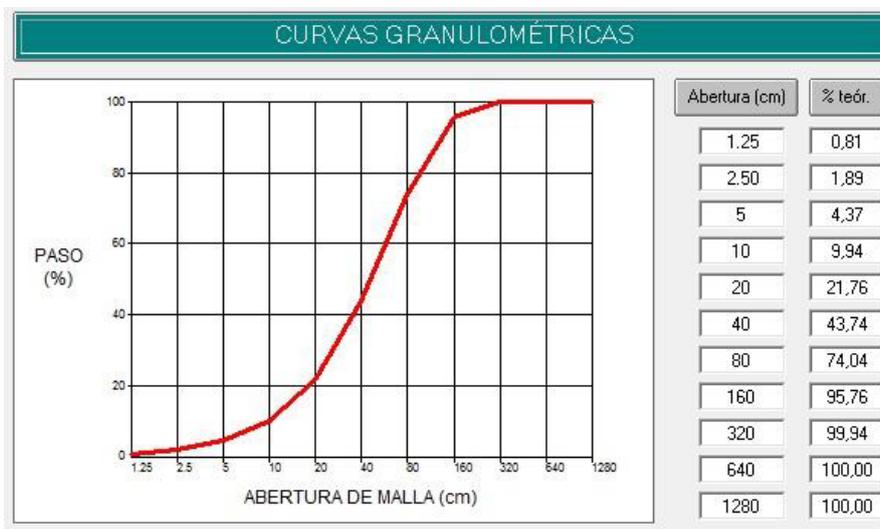


Figura 1.17-Curva granulométrica de la voladura

La curva granulométrica muestra que prácticamente el total de los productos generados por la voladura pasarían por una machacadora con abertura de malla de 900 mm.

### 1.10.3 Parámetros de trituración

Los principales requisitos que han de tenerse en cuenta para definir los equipos de la planta de tratamiento son:

- Dimensión máxima de entrada ( $D_{m\acute{a}x}$ )
- Dureza y Abrasividad del material
- Consumo energético e Índice de Bond ( $W_i$ )
- Desgaste de los Ángeles
- Humedad y adherencia. Plasticidad
- Razón de reducción
- Granulometría del producto de salida
- Forma del producto de salida

#### 1.10.3.1 Dimensión máxima de entrada ( $D_{m\acute{a}x}$ )

El tamaño de los bloques de material que llegan a la machacadora, han de ser algo menores al tamaño de la boca de la machacadora que se haya determinado. Para que el mecanismo funcione de manera óptima se tiene que evitar la entrada de bloques mayores procedentes de la tolva de alimentación. Esto puede realizarse de diversas maneras:

- Colocando un emparrillado a la entrada de la tolva de alimentación de la máquina de trituración.

- Disponiendo de un martillo hidráulico para romper los bloques que pudieran presentar problemas de paso.

El valor de  $D_{\text{máx}}$  permite definir la etapa de trituración y en consecuencia, el tipo de máquina más conveniente para cada etapa.

### 1.10.3.2 Dureza y Abrasividad del material

La dureza se entiende como la resistencia a compresión de la roca.

Atendiendo a su dureza, se pueden clasificar los materiales en:

- Materiales blandos ( $\leq 1\,000 \text{ kg/cm}^2$ )
- Materiales medios ( $1\,000 - 1\,500 \text{ kg/cm}^2$ )
- Materiales duros ( $1\,500 - 2\,000 \text{ kg/cm}^2$ )

La abrasividad es una característica intrínseca de cada roca directamente relacionada con el contenido en sílice de la misma.

Esta es una característica con una gran influencia en el consumo de los materiales fungibles tales como las mandíbulas de la machacadora.

Las máquinas que mejor comportamiento tienen frente a estas propiedades en la etapa de trituración son:

- machacadora de mandíbulas
- molino de cilindros
- molino de impactos

Se considera que una sustancia es abrasiva cuando su contenido en sílice libre o pirita es  $\geq 6-8\%$ .

Según los ensayos realizados la caliza de la cantera tiene un contenido en sílice muy bajo, por lo que se puede decir que es una roca no abrasiva y una resistencia a compresión de  $568,23 \text{ kg/cm}^2$  lo que da a entender que se trata de una caliza blanda.

### 1.10.3.3 Consumo energético e Índice de Bond ( $W_i$ )

La fórmula de Bond informa de la energía consumida en la conminución de la roca, y además también contempla la energía que se transforma en calor, ruido y aumento de presiones locales.

$$P_a = 10 \cdot W_i \cdot \frac{1}{0,907} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right)$$

Siendo:

- $P_a$ : Potencia absorbida (kW/h/tonelada corta)
- $D_{80}$ : Malla que permite el paso del 80% de la alimentación expresado en  $\mu\text{m}$ .
- $d_{80}$ : Malla que permite el paso del 80% del producto de salida expresado en  $\mu\text{m}$ .
- $W_i$ : Índice de Bond. (Se determina mediante ensayos, siendo para roca cuarcítica  $W_i=12,54$ )

#### **1.10.3.4 Desgaste de los Ángeles**

Este ensayo mide cómo se desgasta el árido por la acción de terceros elementos, haciendo de él una de las herramientas más útiles con las que se cuenta pero en ocasiones se produce un error debido a la interpretación de la información obtenida, ya se interpretan los datos como la medición del desgaste de los materiales fungibles con el árido. Por lo que es muy importante utilizar adecuadamente la información que revela este ensayo.

**Este ensayo mide cómo se desgasta el árido por la acción de terceros elementos y no como el árido desgasta los elementos fungibles.**

Se debe tener en cuenta el ensayo de Desgaste de los Ángeles en máquinas que produzcan la reducción de la roca actuando por el sistema de molienda autógena. Sin embargo, en machacadoras de mandíbulas, el útil ensayo de Desgaste de los Ángeles no sirve para determinar de una manera categórica su utilización.

#### **1.10.3.5 Humedad y Adherencia, Plasticidad**

En general, frente a este factor son malas todas máquinas que trabajan por gravedad. Para estas propiedades de los materiales, no son utilizables ni las giratorias ni las de mandíbulas.

Suelen ir bien para humedad y adherencia las de cilindros y, con un comportamiento regular, las de impactos.

En caso de encontrarnos frente a un material duro y pegadizo lo que se hace es un precibado para separar los finos, que por su mayor humedad son más adherentes.

Si el material es duro y muy pegajoso (Arcilloso) se desenloda mediante trommeles.

A primera vista el material procedente de la cantera, no presenta componentes arcillosos ni plásticos.

### 1.10.3.6 Razón de Reducción

Se denomina razón de reducción a la relación  $D_{80}/d_{80}$  y no debe confundirse con la relación A/B.

Siendo:

- A: Boca de admisión
- B: Reglaje
- $D_{80}$ : Malla que permite el paso del 80% de la alimentación expresado en  $\mu\text{m}$
- $d_{80}$ : Malla que permite el paso del 80% del producto de salida expresado en  $\mu\text{m}$ .

En la figura siguiente, se muestra la razón de reducción del material saliente en función del cierre de la machacadora.

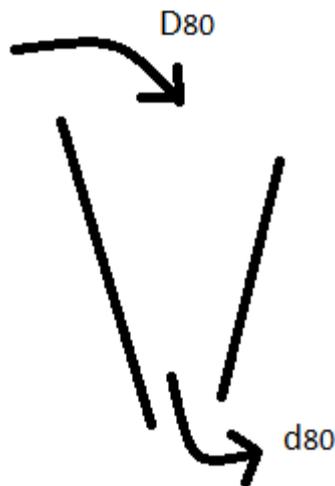


Figura 1.18-Razón de reducción del material

Siendo la relación existente entre A, B,  $D_{80}$ ,  $d_{80}$ .

Dado que:  $A > D_{80}$  y  $B \leq d_{80}$

Por término general en máquinas de presión la razón de reducción varía de 3/1-8/1, en máquinas de impacto la razón de reducción puede llegar incluso hasta 30 y en máquinas autógenas llega a 1 000.

En instalaciones pequeñas se fuerza la razón de reducción para disminuir el número de etapas. El circuito cerrado permite aumentar la razón de reducción.

Hay que tener en cuenta que el porcentaje de finos aumenta a medida que aumenta la razón de reducción. Varias trituraciones sucesivas producen menos finos que la trituración en una sola etapa (hecho a tener en cuenta en las instalaciones de áridos de cantera).

### **1.10.3.7 Granulometría del producto de salida**

Es necesario conocer la granulometría de los materiales para las posteriores operaciones que con dichos materiales se van a realizar como son: Cribado, conminución, transporte, almacenamiento.

Para esta planta las granulometrías de los productos deseados son:

- 12% de 25-60 mm
- 3% del 0-40 mm
- 35% del 12-25 mm
- 20% del 6-12 mm
- 7% del 3-6 mm
- 9% del 0-6 mm
- 14% del 0-3 mm

### **1.10.3.8 Forma del producto de salida**

Ésta propiedad hace referencia a la mayor o menor cubicidad de las partículas. La cubicidad es la relación entre la superficie de un cubo, de igual volumen que una partícula dada, y la de dicha partícula.

La forma del producto de salida depende de la estructura del mineral, del tipo de roca y del tipo de trituradora empleada.

Como regla general, las máquinas que trabajan con razón de reducción media y alimentadas a plena carga, dan productos más cúbicos que las subalimentadas o reguladas con razones de reducción próximas a la máxima. Las giratorias dan una mejor cubicidad que las de mandíbulas.

Las de mandíbulas lisas dan peor cubicidad que las de mandíbulas acanaladas.

Las trituradoras de impactos dan, en general, buena cubicidad.

La forma de los granos varía con su situación en la curva granulométrica, de forma tal que: los más gruesos son alargados, los intermedios se aproximan más a la forma cúbica y los más finos son alargados o aplastados.

El producto que se obtendrá tras el proceso conminución será destinado a la construcción de infraestructuras, por lo que será necesario dotar de cierta cubicidad al producto final.

## 1.11 Selección de los equipos de la planta

En función de los parámetros que se han definido en el apartado anterior, se van a elegir los equipos de trituración necesarios para lograr los productos deseados.

### 1.11.1 Puesto primario

Al puesto primario llegará la roca volada procedente de la cantera. Los bolos que llegarán serán de gran tamaño, por lo que será necesario triturarlos para poder llevar el material por transportadores de banda para posteriores etapas de trituración.

#### 1.11.1.1 Alimentador/Precribador.

El alimentador precribador es del tipo SV1253H de bandeja ciega seguida de 2 escalones de precribado. Tiene las siguientes características:

Tabla 1.2- Características del precribador

<b>Longitud de bandeja</b>	4 825 mm
<b>Anchura de bandeja</b>	1 175 mm
<b>Tamaño máximo admitido</b>	800 mm
<b>Producción máxima</b>	800 t/h
<b>Longitud parrilla separadora</b>	2 x 1 200 mm
<b>Revestimientos de acero antidesgaste, espesores en fondo de la bandeja</b>	12 mm
<b>Revestimientos de acero antidesgaste, espesores en laterales de la bandeja</b>	10 mm
<b>Apoyos</b>	resortes helicoidales
<b>Potencia demandada</b>	22 kW
<b>Peso</b>	7 234 kg
<b>Inclinación variable</b>	0 ÷ 12°



Figura 1.19- Precibador

### 1.11.1.2 Machacadora de mandíbulas

Al puesto primario llegará la roca volada procedente de la cantera. Los bolos que llegarán serán de gran tamaño, por lo que será necesario triturarlos para poder llevar el material por transportadores de banda para posteriores etapas de trituración.

Para triturar la piedra en el puesto primario, se suele optar entre tres tipos de trituradoras:

- Trituradoras giratorias.
- Machacadoras de mandíbulas.
- Molinos de impactos.

Para elegir la trituradora más adecuada para la planta, hay que regirse por los factores que ya se avanzaron en el punto anterior. Los factores que afectan, principalmente, en la elección entre estos dos equipos son:

- Tamaño máximo de bloque (Admisión)
- Caudal
- Resistencia a compresión simple y abrasión.

Como se puede apreciar en la figura siguiente, a la hora de decantarse por una machacadora de mandíbula o por una trituradora giratoria, se debe tener en cuenta el caudal de roca a triturar.

Para un caudal de 200 t/h, medido en puesto primario, que se había definido anteriormente, y con un tamaño de bloque precedente de la cantera, como se ha estimado en la curva granulométrica obtenida tras la voladura, de 900 mm.

Se necesita, según la gráfica siguiente, que la trituradora sea una machacadora de mandíbulas con una abertura de boca de

$$AD = T_b/0,8 = 900 \text{ mm}/0,8 = 1.125 \text{ mm}$$

Se elige una machacadora con una abertura de boca de 1.250 mm, que la actualmente tiene disponible la firma METSO.

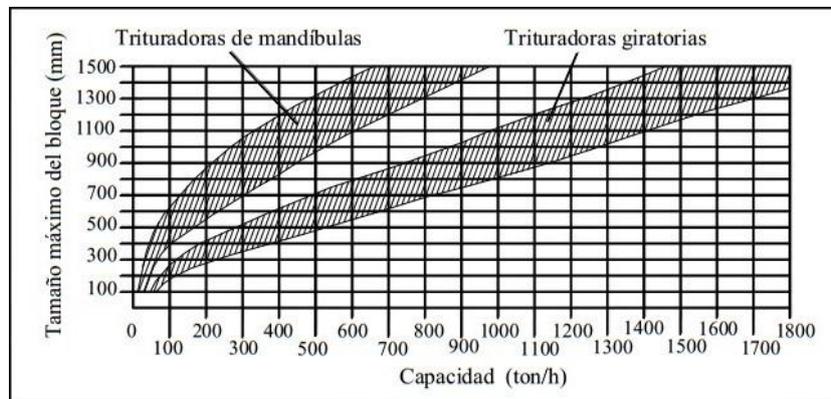


Figura 1.20-Capacidad de tratamiento y tamaño máximo de bloque de roca

También es posible hacer la elección del equipo más apropiado siguiendo el siguiente gráfico atendiendo a factores diferentes como la resistencia a compresión simple o la abrasividad y el caudal.

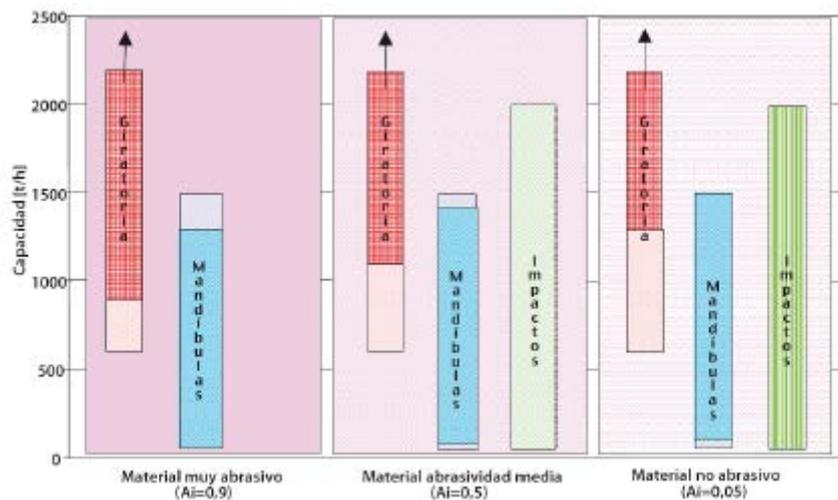


Figura 1.21- Selección del primario en función de la capacidad y abrasividad

Seguendo este gráfico, y atendiendo a los datos petrográficos y geomecánicos, en los que se detalla que la roca posee escaso contenido en sílice y una resistencia a compresión simple de 588 kg/cm<sup>2</sup>, se puede decir que el equipo más apropiado para realizar la trituración primaria es un molino de impactos.

No obstante, al tratarse de una caliza débil y muy fracturada, genera gran cantidad de finos tras la voladura, lo que hace que sea conveniente utilizar una trituradora que genere poca cantidad de finos.

Así, en vista de la gran cantidad de finos que se generarían tras la voladura y el caudal que se quiere tratar, se estima que la machacadora de mandíbulas es el mejor equipo para realizar la trituración primaria, aunque es necesario completar la instalación con un precribador para eliminar los finos.

Las trituradoras de mandíbulas son equipos que trabajan por percusión y compresión. Son equipos muy robustos ya que deben fragmentar los grandes bolos procedentes del frente de cantera.

Las reducciones que llevan a cabo estos equipos son importantes y variadas. Las machacadoras de mayor tamaño comercializadas en el mercado tienen una boca de 2.150x1.500 mm para dar tamaños de salida mínimos de hasta 180 mm, mientras que los modelos pequeños, como por ejemplo uno de boca 800 x 510 mm, permiten tamaños de salida de hasta 40 mm.

Son equipos que por su configuración y diseño de trabajo genera una cantidad importante de lascas. Por ello y por su importante fuerza de reducción se utilizan siempre como equipos primarios, ya que una machacadora en un puesto secundario no tiene muchas aplicaciones, siendo por lo tanto su rentabilidad bastante baja.

#### ***1.11.1.3 Dimensionado de una machacadora de mandíbulas***

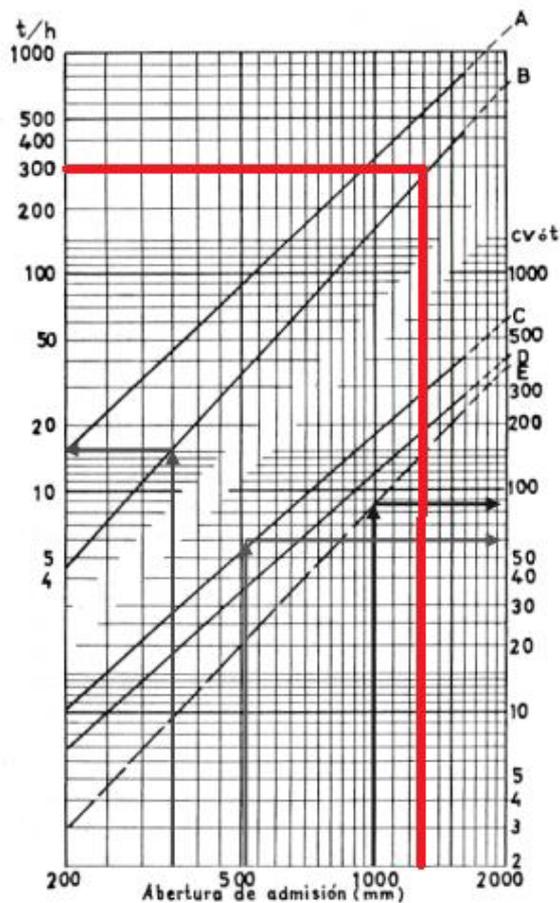
A la hora de dimensionar la machacadora de mandíbulas se debe tener en cuenta los siguientes parámetros básicos:

- DM<sub>max</sub> y boca de entrada.
- Caudal y reglaje.
- Potencia absorbida y potencia motor.

Como ya se ha mencionado se necesita una machacadora de mandíbulas con una abertura de boca de 1.125 mm ya que tendrá que admitir bloques de 900 mm.

El reglaje de la machacadora de mandíbulas se establece de forma que con el cierre con el que se dote a dicha machacadora, entre el 70% y el 80% del material triturado pase por una malla de un determinado tamaño. De esta forma también se controlará la producción del primario, ya que cuanto mayor sea el cierre, menor será la producción.

En general se tomará el reglaje como un 1/8 de la admisión, siendo la admisión de 900 mm el reglaje será de 156,25 mm con estas condiciones vemos, como se muestra en la figura siguiente, que la machacadora es capaz de proporcionar las 300 t/h.



**A:** Capacidad (t/h) para un reglaje igual a  $\frac{1}{4}$  A

**B:** Capacidad (t/h) para un reglaje igual a  $\frac{1}{8}$  A

**C:** Potencia instalada máxima en CV.

**D:** Potencia instalada media en CV.

**E:** Peso de la Trituradora en t.

Figura 1.22-Abaco de capacidad de la machacadora

La potencia absorbida viene dada por la fórmula de Bond:

$$P_a = 10 \cdot W_i \cdot \frac{1}{0,907} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right)$$

Siendo:

- -  $P_a$ : Potencia absorbida (kW/h/tonelada corta)
- $D_{80}$ : Malla que permite el paso del 80% de la alimentación expresado en  $\mu\text{m}$ .
- $d_{80}$ : Malla que permite el paso del 80% del producto de salida expresado en  $\mu\text{m}$ .
- $W_i$ : Índice de Bond. (Se determina mediante ensayos, siendo para roca caliza  $W_i=12,54$ ).

$$P_a = 10 \times 12,54 \times 1/0,927 \times (1/\sqrt{769,71} - 1/\sqrt{989,83}) \times 300$$

$$P_a = 79,56 \text{ kW}$$

La potencia del motor vendrá dada por:

$$P_m = 2 \cdot P_a$$

Siendo:

- $P_m$ : Potencia del motor (kW/h/tonelada corta)
- $P_a$ : Potencia absorbida (kW/h/tonelada corta)

Para la selección de la machacadora de mandíbula se ha tenido en cuenta el dimensionamiento descrito en el punto anterior.

Una trituradora que cumple con las características señaladas es la C125 fabricada por la firma METSO, la cual tiene un peso de 42.000kg.

Tabla 1.3- Características de la trituradora

<b>Boca de alimentación</b>	1250 mm.
<b>Tamaño de Alimentación</b>	Mayor de 100 mm y Menor de 900mm
<b>Producción</b>	300 t/h
<b>Reglaje</b>	1/8
<b>Wi</b>	20 kWh/t
<b>Potencia del Motor</b>	160 kW
<b>Velocidad (rpm)</b>	220



Figura 1.23- Machacadora de mandíbulas

### 1.11.2 Prestock

El prestock es un acopio donde se acumula la producción de la trituradora del puesto primario. El material acumulado se extrae mediante una cinta y se envía a la siguiente fase del proceso de la planta.

La finalidad de este acopio es permitir el funcionamiento de la planta sin necesidad que el puesto primario esté trabajando, ya sea por algún problema técnico en el mismo, por falta de suministro de material por algún problema en el transporte o porque el volumen acumulado en el acopio es tan grande que permite el funcionamiento de la planta sin necesidad de que esté activo el puesto primario.

El prestock se ha diseñado con una altura de 11 m y una capacidad de almacenamiento de 1979,7 m<sup>3</sup>

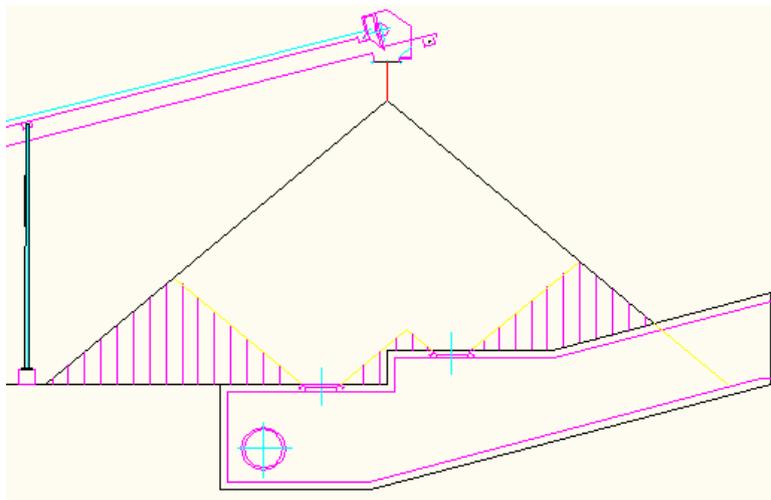


Figura 1.24-prestock

### 1.11.3 Puesto secundario

En esta etapa está prevista la instalación de una criba que separe el material procedente de la trituración primaria. Para la obtención de los productos deseados, la criba tendrá tres pisos, con mallas que separen granulometrías de 60 mm, 40 mm y 25 mm. El rechazo, que no cumple con las granulometrías deseadas, será enviado a un equipo de trituración secundaria que pueda reducir el tamaño de grano hasta un 0-60 mm. El resto será enviado a acopios o a trituración terciaria.

#### 1.11.3.1 Alimentador vibrante

El material pasara por un alimentador vibrante para que la criba pueda trabajar en condiciones óptimas. Se utilizara el alimentador vibrante SP1323.

Tabla 1.4- Características del alimentador vibrante SP1323

<b>Longitud de la bandeja</b>	2 000 mm
<b>Anchura de la bandeja</b>	1 250 mm
<b>Tamaño máximo adquirido</b>	415 mm
<b>Producción máxima</b>	550 t/h
<b>Potencia demandada</b>	2 x 2.3 kW
<b>Peso</b>	1 120 kg
<b>Inclinación variable</b>	0 / 12°

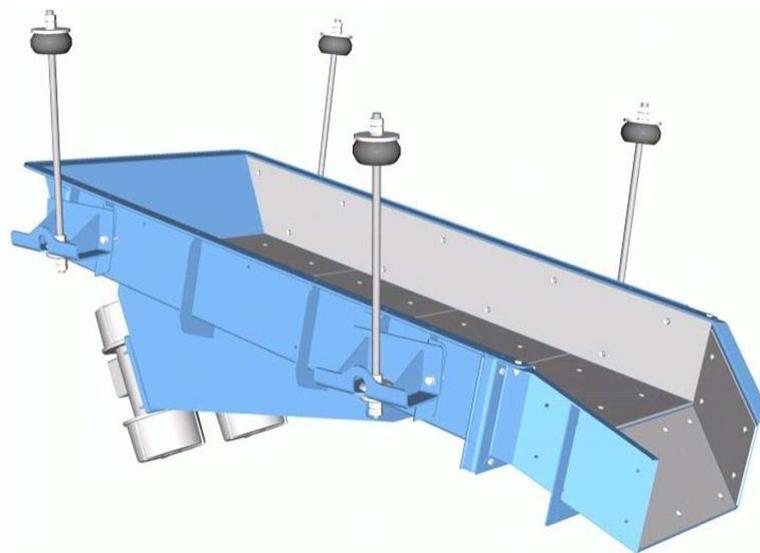


Figura 1.25- Alimentador vibrante SP1323

### 1.11.3.2 Criba de tres paños

La clasificación de los productos es una operación obligada por la existencia de unas especificaciones de venta. La clasificación directa se usa para:

- Eliminación de finos: evita la aparición de sobretriturados en las trituradoras.
- Separación por tramos granulométricos.
- Control de la marcha de la instalación.

La selección de una máquina de cribado debe atender a los siguientes factores:

- Selección cualitativa:** Tipo de criba, tipo de superficie cribante, con o sin riego, etc. Todo ellos según las características del material y de los requerimientos.
- Selección cuantitativa:** Número y dimensiones de las cribas. Esta selección se realiza a su vez mediante:

- Capacidades unitarias tipo.
- Fórmulas empíricas.
- Capacidades tipo y factores de corrección.

En el mercado existen cribas de tipos muy diferentes (Parrillas, Rejillas, de discos, vibrantes, etc), se han elegido cribas de movimiento circular, ya que permiten clasificar el material mediante tres bandejas con un campo de aplicación que generalmente es de 0,3 a 120 mm, aunque puede llegar a los 200-300 mm, suficientes para las granulometrías que se esperan del puesto primario.

Estas cribas suelen tener una inclinación media de 20º con una velocidad de avance de 650-3.000 r.p.m

Las cribas de vibración circular son accionadas por ejes de excéntrica o de contrapeso. En ambos casos la criba está suspendida o apoyada elásticamente sobre una carpintería metálica, en la que reposa sobre unos resortes o bloques de goma.

Al ser la vibración circular, es indispensable que la superficie sea inclinada para permitir el deslizamiento del producto por gravedad.

La elección de la criba dependerá de la capacidad necesaria para tratar un caudal de material por m<sup>2</sup>.

La capacidad de la criba se calcula mediante la fórmula de Testut:

$$C = 1,4 \cdot \frac{\rho_r}{\gamma} \cdot a^{0,6}$$

Siendo:

- C: Capacidad (t/h/m<sup>2</sup>).
- Pr: Densidad real del material.
- γ: Tanto por uno de los tamaños críticos totales.
- a: Abertura de la malla (mm)

La superficie de la malla se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{T}{C}$$

Siendo:

- S: Área de criba necesaria (m<sup>2</sup>).
- T: Tonelaje a tratar (t/h).
- C: Capacidad (t/m<sup>2</sup>/h).

Atendiendo a lo expuesto se va a elegir la criba a la que llegara el material procedente de la trituración primaria a través de la cinta procedente del prestock y del material triturado en circuito cerrado por el cono. De este modo a la criba llegara un material, con una curva granulométrica que se muestra a continuación.

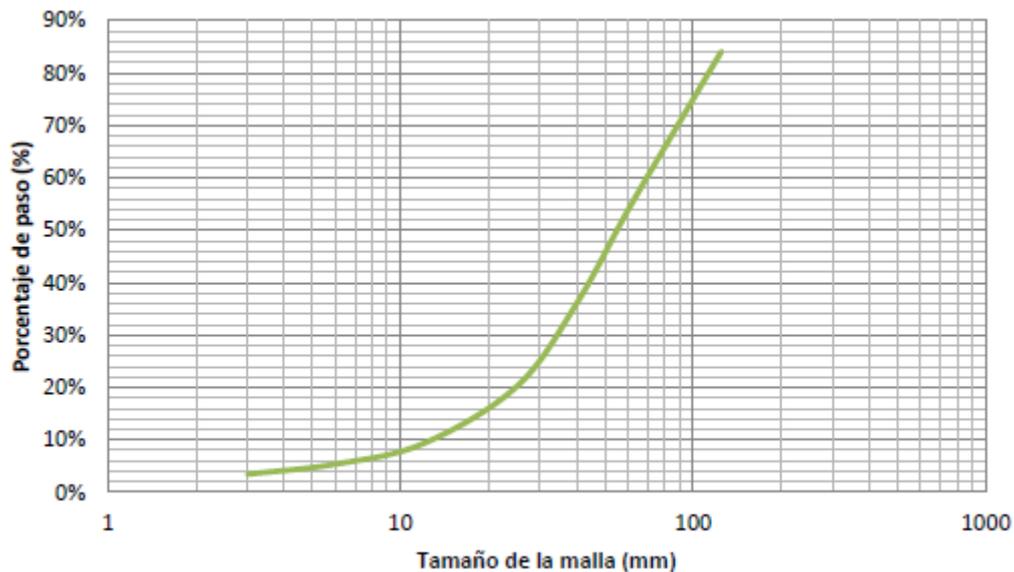


Figura 1.26-Curva granulométrica que llega a la criba 1

Con esta curva se sacan los tamaños críticos totales que son necesarios para el cálculo de la capacidad de la criba. Obteniéndose las siguientes capacidades de cada piso.

- $C_{60} = 102,24 \text{ t/h/m}^2$
- $C_{40} = 99,66 \text{ t/h/m}^2$
- $C_{25} = 89,72 \text{ t/h/m}^2$

Y una superficie total de  $11,6 \text{ m}^2$ .

Partiendo de las granulometrías que hay que clasificar, así como a la capacidad de la criba y la superficie de la misma se elige la criba SC2163H de la firma SANDVIK.

Además de estos datos he independientemente de la superficie necesaria, para que el espesor de la capa no sea elevado y se permita un cribado adecuado es necesario tener una anchura mínima. Esta anchura mínima se puede calcular de varias maneras y la más sencilla en nuestro caso será extrapolar el valor que más se adecue a nuestro caudal de la tabla siguiente:

Tabla 1.5-Anchura mínima en función del caudal

Anchura de criba (mm)	Tonelaje de alimentación
600	75
900	175
1200	275
1500	350
1800	500
2100	650
2400	750

Tabla 1.6-Características de la criba

Área de cribado	12.6 m <sup>2</sup>
Anchura de bandeja	2 100 mm
Longitud de bandeja	6 000 mm
Número de bandejas	3
Inclinación bandeja 1ª	18º
Inclinación bandeja 2ª	18º
Inclinación bandeja 3ª	18º
Separación 1ª bandeja	60 mm
Separación 2ª bandeja	40 mm
Separación 3ª bandeja	25 mm
Amplitud de vibración	5 / 8 mm
Velocidad de giro	812 / 972 rev/min
Potencia demandada	22 kW
Peso	13 200 kg

### 1.11.3.3 Tolva de regulación con alimentador vibrante

Ésta tolva tiene la función de asegurar una alimentación continua del cono siguiente.

Tabla 1.7- Características del alimentador vibrante SP0818

<b>Longitud de la bandeja</b>	1 750 mm
<b>Anchura de la bandeja</b>	800 mm
<b>Tamaño máximo admitido</b>	265 mm
<b>Producción máxima</b>	250 t/h
<b>Potencia demandada</b>	2 x 1,2 kW
<b>Peso</b>	590 kg
<b>Inclinación variable</b>	0 / 12°



Figura 1.27- Alimentador Sp0818 y tolva de regulación

### 1.11.3.4 Triturador de cono

Por lo general, los trituradores secundarios reducen el material hasta un tamaño de entre 10 y 100 mm. Pudiendo obtener de esta manera, un producto final o un tamaño apropiado para ser enviado a una etapa terciaria.

Los equipos de trituración secundaria que se plantean son:

- Molino de cono.
- Molino de impactos de eje horizontal.

El molino de cono es especialmente útil siempre que se requieran producciones altas de rocas muy abrasivas y cuya friabilidad sea media o baja. También es importante que se cumpla que el coeficiente de reducción exigido no sea alto, que el coeficiente de forma entre dentro de la norma para lo que se está produciendo y que la arena producida sea válida.

Los conos tienen diferente coeficiente de reducción dependiendo a que altura del proceso se encuentra ya que tiene un coeficiente de reducción de 6 a 8, en trituración secundaria o de 2 a 3 en trituración terciaria. Hay más motivos de los que depende el coeficiente de reducción ya que cambia en función del tamaño de alimentación, del tipo de piedra y el tamaño de salida, cada modelo puede montar entre 4 y 6 cámaras de trituración diferentes. Todo esto garantiza que sean equipos muy versátiles.

Las producciones de estos equipos también variarán con el tipo de material, el reglaje del triturador y el tipo de cámara, obteniéndose producciones entre las 25 y las 1.800 toneladas hora.

La mayor desventaja de los trituradores de cono frente a otros molinos, es la falta de cubicidad, aunque ésta es superior a la alcanzada en las machacadoras de mandíbulas. En muchos casos, después de una trituración secundaria suele venir una trituración terciaria, que si se hace con un molino que produce roca cúbica corrige las partículas lajosas de esa trituración secundaria realizada con triturador de cono.

Una vez más se desestima el molino de impactos, y se elige el cono.

#### **1.11.3.5 Dimensionado del molino de cono.**

Para dimensionar el cono se ha de tener en cuenta:

- El tamaño al que debe reducir el cono el material rechazado.
- La cantidad de material que llegará rechazado de la criba.

Además hay que tener en cuenta otros factores cómo son:

#### **Índice de Bond (Wi):**

Generalmente se acepta que el Wi no varía la capacidad de producción de un triturador de cono. Los trituradores de cono suelen estar especificados por el fabricante para trabajar con valores hasta de  $Wi=20$ , por lo tanto sirve en nuestro caso.

#### **Abrasividad:**

Este es uno de los factores más importantes para determinar el uso de los trituradores de cono, y que siempre se debe tener en cuenta. Cuando se trabaje con rocas altamente abrasivas, se debe elegir un cono como regla general como equipo de trituración.

#### **Resistencia a Compresión:**

Los trituradores de cono, fracturan la roca aplicando fuerzas de compresión; sin embargo, existen materiales más apropiados que otros para este tipo de molino. Rocas con baja resistencia a compresión son apropiadas para un triturador de cono, sobre todo si además no son friables. Lo contrario ocurre con rocas con alta resistencia a

compresión y muy friables. Evidentemente, se debe conocer este valor en un equipo que basa su funcionamiento en la rotura por compresión.

### Humedad:

La aparición de humedad es realmente peligrosa porque, además de parar la producción, varía los factores necesarios para conseguir cubicidad.

Los trituradores de cono son las máquinas de trituración que más afectados ven su funcionamiento por la humedad.

El tamaño de grano al que debe reducir el cono debe ser menor de 60 mm. Para regular el tamaño de grano se dispone del cierre del cono (CSS) y la excentricidad, de forma que la combinación de ambas permita una granulometría de salida del cono no superior a los 60mm.

Por esto, si se quiere obtener un 0-60 mm a la salida del cono la suma del cierre y la excentricidad deben ser 60 mm. En vista de esto, estableciendo el cierre del cono en 35 mm y la excentricidad en 25 mm, se obtendrá una granulometría de salida máxima de 60 mm.

La producción del cono se estima en función la curva granulométrica de la machacadora de mandíbula elegida. Para esta se planta se ha elegido un CJ612 por lo que si se mira la curva suministrada por el fabricante que aparece a continuación, se puede determinar la cantidad de material que será rechazado por la criba.

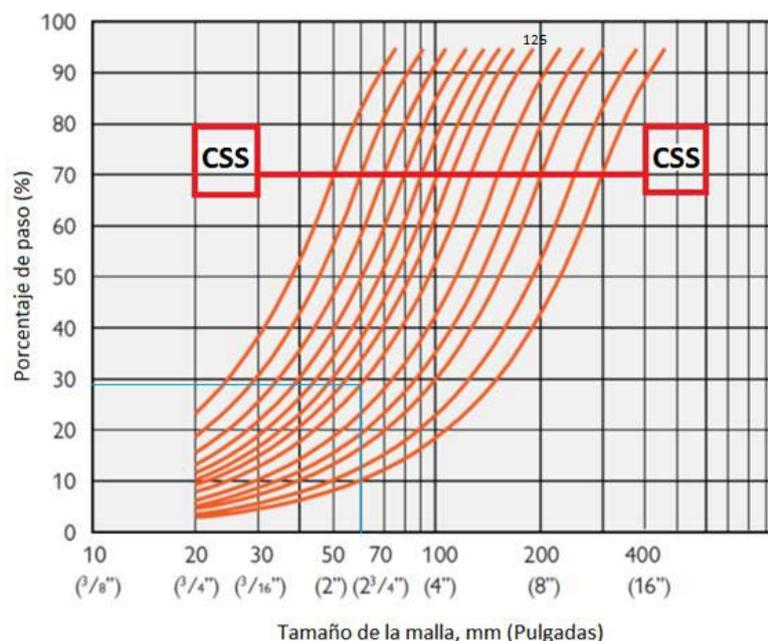


Figura 1.28-Curva granulométrica de la machacadora de mandíbulas

Para un tamaño de malla de 60 mm pasará un 29%, por lo que el material rechazado será de un 71%. Por lo que si el primario tiene una producción cercana a las 172 t/h (teniendo en cuenta el material que no llega a la machacadora, ya que es enviado a acopio por el precribador), el 70% de esa producción será rechazo, marcando este rechazo la producción mínima que deberá generar el futuro cono. Con lo que la producción del cono deberá ser de al menos 120 t/h.

La potencia se calcula al igual que en el caso de la machacadora con la fórmula de Bond.

El cono elegido es el CS430 de la firma SANDVIK. Es un cono que, con una cámara extra gruesa, permite unos cierres de 16, 20, 25 y 30 mm y una excentricidad regulada por los casquillos de excéntrica de entre 19 y 44 mm, así como una producción máxima con el cierre de 35 mm, que se había previsto en el dimensionamiento del cono, de 160 t/h. Debe de ser alimentado a través de una tolva, donde pueda acumularse el rechazo, con un alimentador vibrante.



Figura 1.29- Molino de cono

Tabla 1.8- Características del cono

<b>Tipo de cámara</b>	EC (Extra gruesa)
<b>Tamaño máximo de alimentación</b>	250 – 300 mm
<b>Excéntricas admisibles</b>	19 – 44 mm
<b>Cierres admisibles</b>	16, 20, 25 y 30 mm
<b>Producciones límites</b>	115 – 345 t/h
<b>Peso total</b>	12 300 kg
<b>Potencia máximo admisible</b>	150 kW

#### 1.11.4 Puesto terciario

En esta etapa se van a producir la mayor parte de las granulometrías deseadas. El material procedente de la primera criba será enviado a una segunda criba para realizar un segundo proceso de clasificación en el que el rechazo de un 25-40 mm se enviará en circuito cerrado a un molino de cono y otra parte 6-25 mm lo hará en un molino de impactos, de tal forma que se consigan granulometrías deseadas con un buen coeficiente de forma.

##### 1.11.4.1 Criba de tres paños

Para la clasificación del material se va a elegir una criba de vibración circular, al igual que la anterior, ya que puede tener de una a cuatro bandejas además de una gran campo de aplicación que va desde 0,3-120mm hasta 200-300mm.

Este tipo de cribas suele tener una inclinación entre 15° y 20° necesaria debido a su vibración perpendicular a la superficie de cribado de 650 a 3000 r.p.m.

El 0-40 mm procedente del puesto secundario será clasificado.

En este caso tendrá un piso más que la otra, con aberturas de malla de 25 mm, 12 mm, 6 mm y 3 mm, que repartirá las diferentes granulometrías entre distintos acopios.

Esta criba es seleccionada con los mismos parámetros que la criba 1, por lo que será seleccionada la criba SC2164.

Para el dimensionado de la criba habrá que conocer la curva granulométrica del material que llegara a este puesto de trabajo.

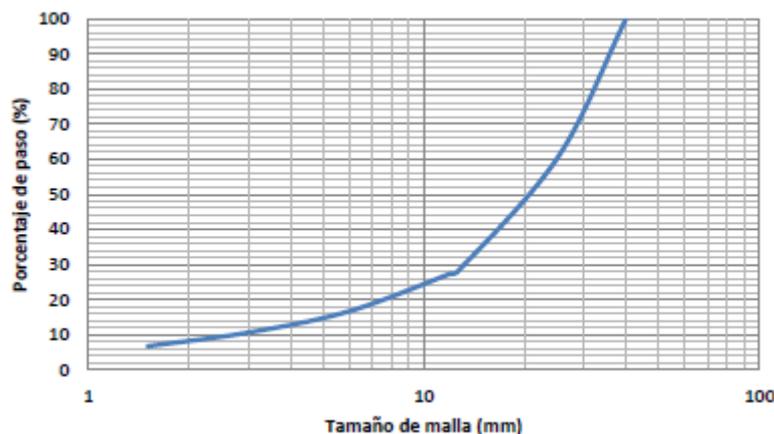


Figura 1.30- Granulometría de la criba 2

Con esta curva se obtienen los tamaños críticos necesarios para el cálculo de la capacidad de la criba en nuestro caso se colocan 4 paños uno de 25mm, otro de 12mm que son los que darán el producto de arena triturado 12-25 y otros de 6mm y de 3 mm.

Obteniendo unas capacidades para cada piso de:

- $C_{25} = 42,14 \text{ t/h/m}^2$
- $C_{12} = 76,82 \text{ t/h/m}^2$
- $C_6 = 95,27 \text{ t/h/m}^2$
- $C_3 = 106,48 \text{ t/h/m}^2$

Tabla 1.9-Características de la criba 2

<b>Área de cribado</b>	12.6 m <sup>2</sup>
<b>Anchura de bandeja</b>	2 100 mm
<b>Longitud de bandeja</b>	6 000 mm
<b>Número de bandejas</b>	4
<b>Inclinación bandeja 1ª</b>	18º
<b>Inclinación bandeja 2ª</b>	18º
<b>Inclinación bandeja 3ª</b>	18º
<b>Separación 1ª bandeja</b>	25 mm
<b>Separación 2ª bandeja</b>	12 mm
<b>Separación 3ª bandeja</b>	6 mm
<b>Separación 4ª bandeja</b>	3 mm
<b>Amplitud de vibración</b>	5 / 8 mm
<b>Velocidad de giro</b>	812 / 972 rev/min
<b>Potencia demandada</b>	22 kW
<b>Peso</b>	10 200 kg

#### 1.11.4.2 Tolva de regulación con alimentador vibrante

Ésta tolva tiene la función de asegurar una alimentación continua del cono siguiente.

Tabla 1.10- Características del alimentador vibrante SP0818

<b>Longitud de la bandeja</b>	1 750 mm
<b>Anchura de la bandeja</b>	800 mm
<b>Tamaño máximo admitido</b>	265 mm
<b>Producción máxima</b>	250 t/h
<b>Potencia demandada</b>	2 x 1,2 kW
<b>Peso</b>	590 kg
<b>Inclinación variable</b>	0 / 12°



Figura 1.31- Alimentador Sp0818 y tolva de regulación

#### 1.11.4.3 Trituración terciaria

-Por un lado en esta etapa se va a triturar el rechazo proveniente de la criba del terciario, que tiene un tamiz superior a 25 mm por el que el rechazo será toda la producción con un tamaño superior a 25 mm.

Se calcula de la misma manera que el cono situado en el circuito secundario, teniendo en cuenta los parámetros dichos en el cálculo de dicho cono.

-Por otro lado Para la obtención de las granulometrías más pequeñas, así como para aumentar el coeficiente de forma y con éste la cubicidad del producto, se va a emplear un molino de impactos de eje vertical. Este molino se ocupará de la trituración de los materiales de granulometrías comprendidas entre 12 mm y 25 mm, para reducirlo a un 0-25 mm.

Con éste tipo de molinos resulta difícil calcular sus verdaderas producciones y en unas rocas dan buenos resultados de forma y producción y en otra roca el mismo molino

puede no ser apropiado. La fórmula de Bond aplicada a estos molinos sólo permite una aproximación y se debe utilizar en conjunto con el dato que el fabricante aporta.

Como no se quiere un coeficiente de reducción muy elevado si no que se mejore el coeficiente de forma se puede estimar una velocidad de impacto de 51 m/s; si lo que interesara fuera un coeficiente de reducción alto, se deberían aplicar velocidades superiores a los 90 m/s, con lo que se incrementaría el consumo energético y se trituraría con otros parámetros desajustados.

En función de la producción se decidirá que molino de impactos de eje vertical elegir específicamente.

Al contrario que otros equipos de trituración, las curvas granulométricas de los molinos de impactos de eje vertical no dependen del cierre de la trituradora. La curva depende de:

- $W_i$ : Índice de trabajo del material.
- La velocidad del rotor.
- El tamaño del material que entra en la cámara.
- La cantidad de material que entra en modo de doble flujo (Bi-flow).

De esta forma se elegirá el molino de impactos vertical (VSI) CV218

## 1.12 Transportadores de banda

Los transportadores de banda son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto.

Por otra parte, las cintas son elementos de una gran sencillez de funcionamiento, que una vez instaladas en condiciones suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continuada.

En este documento se presenta una aproximación de lo que será el diseño de las cintas.

### 1.12.1 Tipos de transportadores de banda

Para esta planta se han tenido en cuenta dos tipos de transportadores de banda, el transportador tipo TTR, diseñado para productividades menores, y el tipo TCL que se emplea en labores más duras.

#### 1.12.1.1 Transportadores de banda tipo TTR

Bastidor formado por cuatro perfiles longitudinales de sección estructural tubular cuadrada, arriostrados y soldados formando marco y celosía. Fabricación en tramos modulares con uniones atornilladas.

Sobre esta celosía tubular irán situadas las estaciones soporte de rodillos, tanto superiores como inferiores, embridadas todas ellas para su perfecta alineación y posicionamiento.

Las estaciones superiores con tres rodillos lisos en artesa de 30°, situadas a 1m de paso. En la zona de carga, estarán posicionadas a 330 mm con tres rodillos amortiguadores en artesa de 30°.

Las estaciones inferiores con rodillos horizontales situadas a 2,5 m. de paso.

Grupo motriz formado por tambor con virola de chapa, recubierto de caucho. El eje del tambor se fijará a los cubos de la virola mediante aros cónicos de apriete tipo “tapper lock” y a su vez, irá fijado sobre el bastidor del transportador, mediante soportes tipo SN con rodamientos.

Sobre el eje del tambor motriz, irá calado el reductor pendular de árbol hueco, fijado al bastidor mediante brazo de reacción y tensor. Motor eléctrico trifásico a 1500 r.p.m., realizándose la transmisión de motor a reductor, mediante poleas acanaladas y correas trapezoidales, provisto todo ello de las correspondientes protecciones.

Tambor tensor o de reenvío de ejecución similar al motriz sin el recubrimiento de caucho y realizado en virola de chapa mecanizada en forma cónica.

Sistema de tensado mediante husillos.

Resto de elementos y características se presentaran en un cuadro resumen adjunto excepto bandas que serán de 4 lonas.

Estos transportadores tienen una capacidad de transporte máxima, en función de las densidades, de 250-300 t/h.



Figura 1.32-transportador de banda tipo TTR

### 1.12.1.2 Transportador de banda tipo TCL

Bastidor formado por perfiles laminados de UPN y angular, arriostrados y soldados entre sí, formando marco y celosía. Fabricación en tramos modulares con uniones atornilladas.

Sobre esta celosía irán situadas las estaciones soporte de rodillos, tanto superiores como inferiores, embridadas todas ellas para su perfecta alineación y posicionamiento.

Las estaciones superiores con tres rodillos lisos en artesa de 30º, situadas a 1m de paso. En la zona de carga, estarán posicionadas a 330 mm con tres rodillos amortiguadores en artesa de 30º.

Las estaciones inferiores con rodillos horizontales situadas a 2,5 m. de paso.

Grupo motriz formado por tambor con virola de chapa, recubierto de caucho. El eje del tambor se fijará a los cubos de la virola mediante aros cónicos de apriete tipo "tapper lock" y a su vez, irá fijado sobre el bastidor del transportador, mediante soportes tipo SN con rodamientos.

Sobre el eje del tambor motriz, irá calado el reductor pendular de árbol hueco, fijado al bastidor mediante brazo de reacción y tensor. Motor eléctrico trifásico a 1500 r.p.m., realizándose la transmisión de motor a reductor, mediante poleas acanaladas y correas trapezoidales, provisto todo ello de las correspondientes protecciones.

Tambor tensor o de reenvío de ejecución similar al motriz sin el recubrimiento de caucho y realizado en virola de chapa mecanizada en forma cónica. Este tambor irá fijado a los carros tensores por medio de soportes tipo SN con rodamientos.

Sistema de tensado mediante husillos.

Resto de elementos y características según cuadro resumen adjunto excepto bandas que serán de 4 lonas.

Estos transportadores tienen una capacidad de hasta 1 200 t/h en función de la densidad del material.

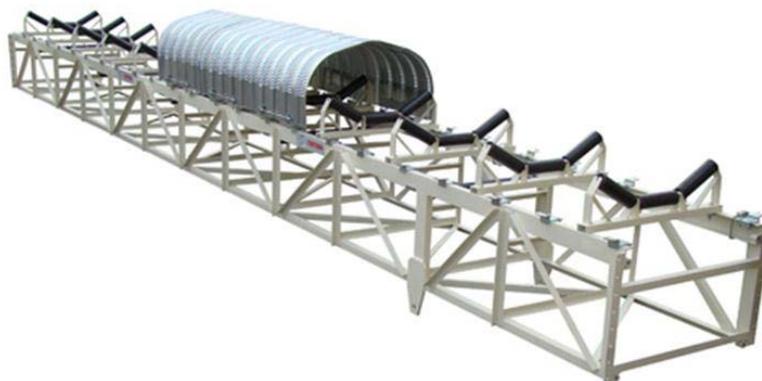


Figura 1.33-Transportador de banda tipo TCL

En la tabla siguiente, se resumen el tipo de bastidor, los valores de la potencia y la longitud de cada transportador de banda.

Tabla 1.11-Cintas transportadoras

Cinta	Tipo (TTR/ TCL)	Longitud (m)	Ancho de banda (m)
T01	TTR	15	0,5
T02	TCL	44	1
T03	TCL	39	1
T04	TCL	39,5	0,8
T05	TTR	22,5	0,65
T06	TTR	7	0,65
T07	TTR	27.5	0,65
T08	TTR	7	0,65
T09	TTR	20	0,8
T10	TCL	36	0,8
T11	TTR	35	0,65
T12	TTR	34,5	0,65
T13	TTR	13,5	0,65
T14	TTR	14	0,65
T15	TTR	18	0,65
T16	TTR	22,5	0,65
T17	TTR	27,5	0,65
T18	TTR	5,5	0,65
T19	TTR	19	0,8
T20	TCL	20	1

### 1.13 Diagrama de flujo de la planta

Se presenta en la figura siguiente, el diagrama de flujo de la instalación de trituración y cribado, donde se puede apreciar a simple vista todo el proceso además de la ubicación de los transportadores de banda y la granulometría que llegara a cada tolva.

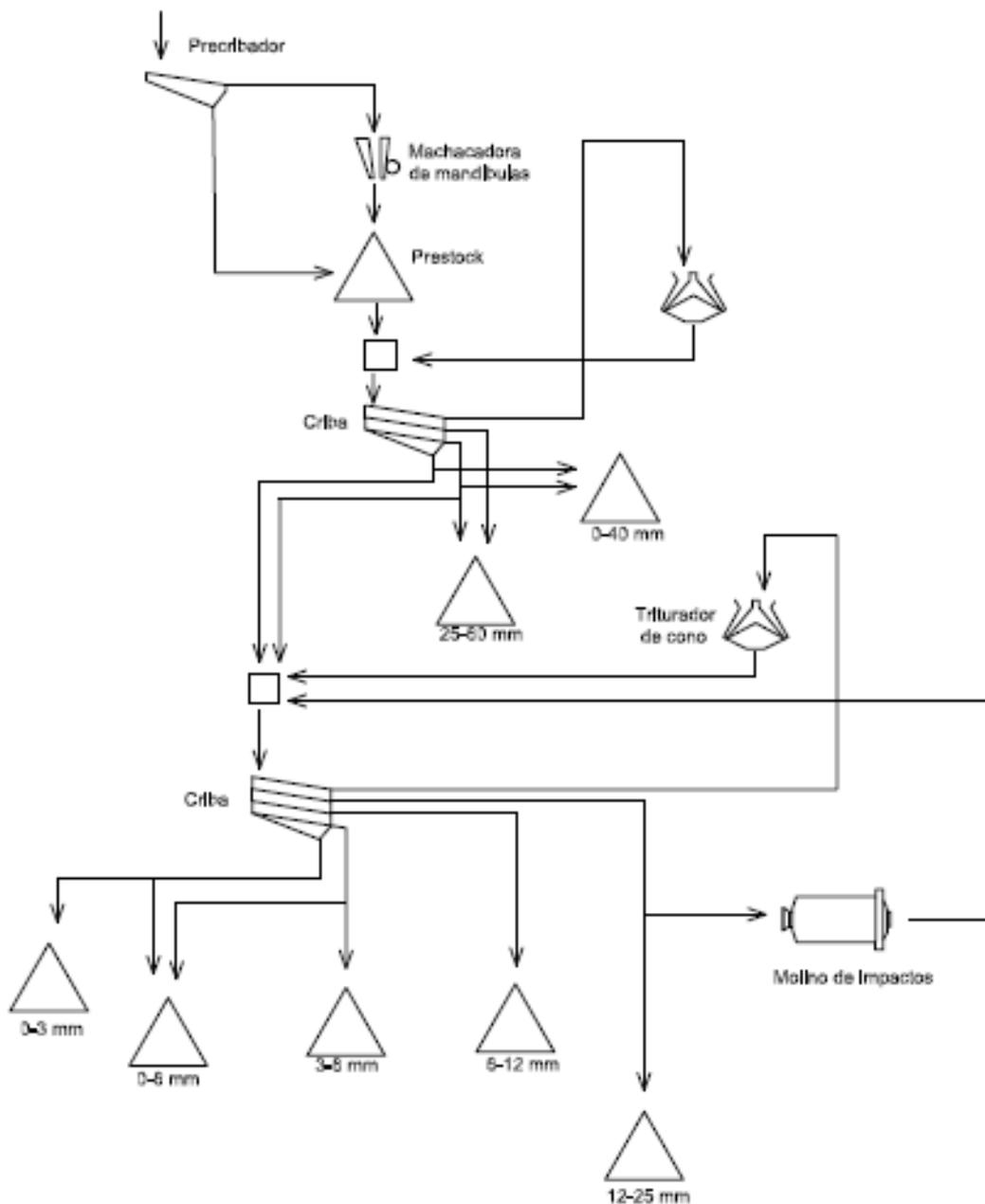


Figura 1.34- Diagrama de flujo de la planta

## 1.14 Descripción del proceso

### 1.14.1 Circuito primario

El todo-uno a procesar en la planta, se suministrará mediante camiones tipo dumper, que descargarán directamente sobre el alimentador/precribador, mandando las fracciones mayores de 100 mm a la machacadora de mandíbulas. El material cribado de entre 0-100 mm se envía junto al material que sale de la trituradora de mandíbulas mediante cinta transportadora. El material salido de la machacadora se envía mediante cinta transportadora a un pre-stock.

### 1.14.2 Circuito secundario

En esta etapa se envía desde el pre-stock, mediante una cinta transportadora, pasando por un alimentador vibrante se deposita en una criba que separa el material procedente de la trituración primaria. Para la obtención de los productos con granulometrías de 60 mm, 40 mm y 25 mm. El rechazo de la criba es enviado a un triturador de cono para ser reenviado el material a la criba de tres paños, Tras pasar por la criba se forman dos acopios mediante cinta transportadora, uno con una granulometría de 25-60 mm y otro con una de 0-40, una vez alcanzado la producción de 0-40 deseada es excedente se envía a una segunda criba.

### 1.14.3 Circuito terciario

El material procedente de la primera criba será enviado a una segunda criba, con aberturas de malla de 25 mm, 12 mm, 6 mm y 3 mm, para realizar un segundo proceso de clasificación en el que el rechazo un 25 - 40 mm se triturará nuevamente en circuito cerrado en un cono y otra parte 12-25 mm lo hará a un molino de impactos, de tal forma que se consigan granulometrías deseadas con un buen coeficiente de forma. Para volver a pasar por la criba mediante una cinta transportadora.

De esta segunda criba saldrán y se harán acopios de la mayoría de las granulometrías deseadas. El material se transportara a los acopios mediante cintas transportadoras. Acopios con unas granulometrías de 0-3 mm, 0-6 mm, 3-6 mm, 6-12 mm, 12-25 mm.

## 1.15 Referencias

- DURÁN LÓPEZ, A. (2007). Selección práctica y aplicaciones de los equipos de trituración. Fueyo Editores. Madrid.
  
- FUEYO, LUIS. (1999). Equipos de trituración, molienda y clasificación.
  
- HEINIÖ, Matti. (1999). Rock excavation handbook. Sandvik.
  
- HERRERA HERBERT, J. (2007). Diseño de explotaciones de canteras de áridos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid
  
- LÓPEZ JIMENO, C. (1994). Manual de áridos. Carlos López Jimeno. Madrid
  
- [www.igme.com](http://www.igme.com)
  
- [www.Sandvik.com](http://www.Sandvik.com)
  
- [www.Metso.com](http://www.Metso.com)

## 2 Documento 2: Estudio de viabilidad económica

### 2.1 Introducción

La financiación ocupa un papel muy importante para la empresa ya que antes de acometer una inversión es necesario analizar cómo financiarla y es necesario asegurarse de que la misma genere los flujos necesarios para afrontar los pagos de dicha financiación.

Desde un punto de vista financiero, cualquier inversión puede definirse por la corriente de flujos monetarios, cobros y pagos, que origina. La evaluación de un proyecto de inversión se realizara a partir del análisis de una serie de parámetros que se explicaran brevemente a continuación:

-Desembolso inicial o inversión: En general, invertir es renunciar a unas satisfacciones inmediatas y ciertas a cambio de unas expectativas, es decir, de unas esperanzas de beneficios futuros. Esto representa los pagos realizados para la adquisición del activo correspondiente, teniendo en cuenta que incluirá, a parte de los desembolsos necesarios para incorporar el activo el desembolso necesario para todos los derivados de la instalación y su puesta en funcionamiento. Para hacer referencia a este parámetro utilizaremos  $-A$ , el signo menos es debido a su carácter de desembolso o flujo monetario negativo.

-Flujos netos de caja o <<cash-flows>>: En este caso representan los fondos netos generados periódicamente por el proyecto en cada periodo de tiempo considerado, y se corresponden con la diferencia entre los cobros y los pagos al final de cada periodo. Donde llamaremos a los cobros  $C_i$  y los pagos  $P_i$ . Para un periodo de tiempo  $i$ , el flujo neto de caja será  $Q_i = C_i - P_i$ . Salvo incidentes, las magnitudes de los cobros y pagos coinciden con las de los ingresos y los gastos, respectivamente, pero en general los instantes en que se producen unos y otros son distintos. Esto supone una simplificación, ya que a lo largo de un periodo de tiempo no pueden ser sumados aritméticamente. Es un cálculo complejo, ya que realmente se trata de variables aleatorias.

-Horizonte temporal de la inversión: Desde el punto de vista económico, la vida de un proyecto es el tiempo durante el cual se producirá cobros y pagos: a este tiempo se le denomina horizonte de la inversión y puede no coincidir con la vida del proyecto desde el punto de vista técnico. Se trata del número de periodos de tiempo, que generalmente se consideran de igual duración, que transcurren desde que se produce el desembolso inicial hasta que dejan de producirse cobros y pagos. Este periodo de tiempo se conoce como la vida útil. Se hará referencia a ello por  $n$ .

**-Coste de capital para la empresa:** Toda inversión lleva asociada una corriente de cobros y pagos, de tal modo que ésta interesará llevarla a cabo siempre que, en términos absolutos, los primeros superen a los segundos. La necesidad de determinar la posible conveniencia de acometer un proyecto de inversión exige conocer cuál es el coste de financiación para la empresa, pues determinará, junto con la prima por riesgo exigida, el umbral de rentabilidad a partir del cual interesa acometer el proyecto. Se denotará por **K**.

En el siguiente diagrama temporal se representarán las características financieras de la inversión.

Tabla 2.1-Diagrama de las características financieras de la inversión

FLUJO NETO DE CAJA	- A	$C_1-P_1$	$C_2-P_2$	$C_3-P_3$	...	$C_n-P_n$
PERIODO	0	1	2	3	...	n

Se observa que en el momento inicial no suele haber cobro asociado a la inversión, aunque sí pago, que es lo que se denomina desembolso inicial.

También, hay que destacar que en flujo neto de caja del último periodo deben incluirse los flujos terminales del proyecto, es decir, el valor residual del equipo y todos aquellos cobros y pagos específicos que están asociados a la terminación del proyecto. También es probable que el gran desembolso de la inversión se realice en diversos periodos, en este caso hay que proceder a incluirlos como pagos del periodo correspondiente.

También debe reseñarse que aunque las magnitudes a que nos hemos referido hasta el momento son consideradas como perfectamente conocidas, esto constituye claramente una hipótesis simplificadora de partida, sobre todo en lo que se refiere a los flujos netos de caja y al coste de capital para la empresa en el período considerado.

Surge aquí la posibilidad de tratar dichas magnitudes como variables aleatorias, definiendo posteriormente distribuciones de probabilidad asociando a cada valor de la variable aleatoria su correspondiente probabilidad y trabajando no ya con un modelo determinista sino con las esperanzas matemáticas correspondientes a cada variable aleatoria, de esta forma es posible introducir o considerar el riesgo dentro de las decisiones de inversión y realizar estudios de sensibilidad que permitan al administrador financiero poseer una mayor información a la hora de tomar sus decisiones.

### 2.1.1 Métodos de evaluación de inversiones

Algunos de los métodos más usuales para realizar la evaluación de inversiones son:

- Criterio del Valor Actualizado Neto (VAN)
- Criterio de la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

En este caso para determinar la viabilidad económica de la inversión propuesta nos decantamos por la determinación y evaluación de índices como la TIR y el VAN.

#### 2.1.1.1 Criterio del valor actualizado neto (VAN)

El criterio del VAN, también conocido como Valor Capital, consiste en calcular el valor actual de todos los flujos de caja que genera la inversión, utilizando como tasa de descuento  $k_i$ , el coste de capital para la empresa o bien la rentabilidad esperada para esa inversión, dependiendo del tipo de análisis que se quiera realizar.

Dada la inversión:

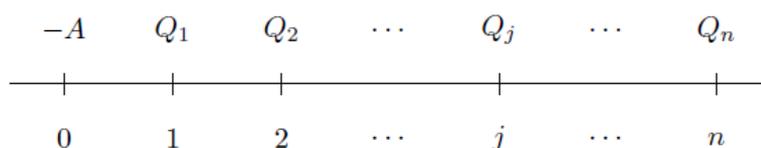


Figura 2.1- Segmento representante de los flujos de caja en el análisis del VAN

El valor actual consiste en actualizar todos los flujos de caja  $Q_t$  para lo que utilizaremos un tipo de descuento del  $k$  por uno. Una vez actualizados los flujos de caja les restaremos el valor del desembolso inicial  $A$

El VAN de la línea de flujos de caja anterior se calcularía de la siguiente forma:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)^1} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n}$$

Por lo general, suele realizarse la simplificación de considerar constante e igual al valor medio, el coste de capital para la empresa en el horizonte temporal de la inversión, obteniéndose:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)^1} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n}$$

La expresión general del cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = -A + \sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t}$$

Según este criterio una inversión es ejecutable cuando el VAN es positivo ( $VAN > 0$ ), lo que quiere decir que la suma de todos los flujos de generados por la inversión supera la cuantía del desembolso inicial. En caso de utilizar como tasa de descuento el coste de capital para la empresa la inversión generara una rentabilidad superior a dicho coste de capital; en cambio si se utiliza la rentabilidad esperada para esa inversión, el valor positivo del VAN indica que la inversión supera dicha rentabilidad.

En caso de que un proyecto tenga un  $VAN=0$ , significara que dicho proyecto genera los suficientes flujos de caja como para pagar: los intereses de la financiación ajena empleada, los rendimientos esperados de la financiación propia y devolver el desembolso inicial de la inversión. Por lo que la rentabilidad de la misma será igual al desembolso inicial, por lo que la rentabilidad de la misma será igual a la tasa de descuento utilizada ( $k$ ).

Por ultimo existe el caso de que el VAN sea negativo ( $VAN < 0$ ), esto significa que el desembolso inicial supera el valor actualizado de los flujos de caja. Por lo que la inversión no alcanza una rentabilidad igual a la tasa de descuento  $K$ .

Este criterio mide la rentabilidad absoluta que suele utilizarse en primera instancia para determinar si interesa o no realizar la inversión.

En resumen, de entre varias alternativas se elegiría aquella con mayor VAN ya que un Van positivo implica que el proyecto produce un rendimiento superior al mínimo requerido siendo este exceso las ganancias conseguidas.

### 2.1.1.2 Criterio de la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

Este método consiste en hallar el tipo de descuento para el cual se igualan los ingresos actualizados a los desembolsos también actualizados, lo que quiere decir que el VAN del proyecto se hace nulo. Es el menor tipo de interés en el que se iguala la inversión con el valor actualizado de los flujos de caja de la inversión.

La Tasa Interna de Rentabilidad expresa, por tanto, el tipo de interés compuesto que genera la inversión durante toda su vida, es decir, es el rendimiento en porcentaje obtenido sobre el capital invertido.

Si denotamos por  $r$  a la TIR, su valor se obtendrá resolviendo la siguiente ecuación:

$$0 = -A + \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Para resolver esta ecuación, de grado  $n$ , se puede acudir a cualquiera de los programas de cálculo disponibles en el mercado, o incluso a métodos de ensayo y error.

Una hipótesis implícita en el método de cálculo de la Tasa Interna de Rentabilidad, es la de suponer que los flujos netos de caja o cash-flows se financian si son negativos o al mismo tipo de interés que la TIR de la propia inversión. Este aspecto que carece de trascendencia al aplicar el criterio del VAN (siempre y cuando utilicemos como valor de  $k$  el coste de capital para la empresa y no la rentabilidad esperada para la inversión), puede distorsionar en determinadas ocasiones el valor de la Tasa Interna de Rentabilidad así obtenida.

El criterio de la Tasa Interna de Rentabilidad es consistente cuando el valor obtenido sea único para cada proyecto; ahora bien, la ecuación resultante es de grado  $n$  y, como tal, tendrá  $n$  soluciones, por lo que será necesario analizar si alguna de las raíces calculadas coincide o no con la rentabilidad buscada.

## 2.2 Comercialización y ventas

La apertura de la explotación tiene como objetivo principal, conseguir un árido de alta calidad para la venta de áridos de diferentes calidades y granulometrías obtenidos en la cantera.

Los ingresos serán generados por la venta de los productos procedentes de la explotación. Así pues, los ingresos generados por la producción minera dependen de la cantidad física y de los precios unitarios de los productos.

Se considera que un precio bastante aproximado para los productos ofertados son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.2- Precio de los productos

Productos	Precio €/t
Gravas 25-60 mm	12
Gravillas 0-40 mm	8
Gravillas 12-25 mm	10
Gravillas 6-12 mm	10
Arenas 3-6 mm	5
Arenas 0-6 mm	3
Arenas 0-3 mm	5

Los precios de los áridos, al contrario que otros recursos minerales, tienen unos precios bastante estables, con fluctuaciones pequeñas y tendencias a medio y largo plazo bastante bien definidas.

## 2.3 Análisis económico

### 2.3.1 Previsión de las inversiones

Para la puesta en servicio de la planta es necesario acometer una serie de inversiones, las cuales, repercutirán directamente sobre la rentabilidad de la planta planificada.

Se entiende por inversión la aplicación de fondos para la adquisición de los activos necesarios para poner en producción el proyecto.

Las inversiones tienen dos componentes principales:

- Los costes de capital fijo se refieren a los fondos necesarios para la adquisición de maquinaria, edificios, instalaciones, etc.
- Los costes de capital circulante que representa el dinero necesario para comenzar la operación y asumir las obligaciones subsiguientes durante la puesta en marcha del proyecto.

Los precios unitarios y finales que a continuación se muestran, se basan en actividades similares realizadas por otras empresas del sector, intentando aproximarse lo máximo posible a la realidad. Los precios se calculan para la puesta en marcha de una única planta.

#### 2.3.1.1 Costes de capital fijo

Se definen y cuantifican a continuación, las partidas más importantes del capital fijo

##### ➤ Estudios, investigaciones, proyectos

Se refiere al coste de los estudios, investigaciones, proyectos mineros, trámites administrativos, permisos, asesoramientos, etc, llevados a cabo desde el momento en que se concibe la idea, hasta el comienzo de la operación.

**Importe estudios, investigaciones, proyectos:..... 20.000 €**

➤ **Infraestructuras e instalaciones auxiliares**

Se incluye en esta partida, todas los costes derivados de la construcción y mejora de accesos, instalación y construcción de edificios, servicios de comunicaciones, energía eléctrica, agua, etc.

**Tabla 2.3- Inversión Infraestructuras e instalaciones auxiliares.**

Acondicionamiento de accesos, asfaltado pista principal	20 000 €
Casetas taller mecánico / almacén	30 000 €
Caseta oficinas, vestuarios y aseos	25 500 €
Infraestructura eléctrica, compresores y aparamenta	60 000 €
Equipo de pesaje	19 000 €
Depósito de agua	4 500 €
Depósito de Gasóleo	2 500 €
Equipo de lavado a presión	1 800 €
Acometidas agua, comunicaciones, digestores, etc	20 000 €
Seguridad y señalización	11 000 €

**Importe infraestructuras e instalaciones auxiliares:.....194 300 €**

➤ **Materiales fungibles, equipos informáticos**

En esta partida se contemplan el mobiliario, equipos informáticos, herramientas.

**Importe materiales fungibles, equipos informáticos:..... 12 000,00 €**

➤ **Maquinaria de Planta**

En este apartado se refleja el resumen del presupuesto de la planta

**Importe maquinaria de Planta..... 1 280 556€**

➤ **Equipos y maquinaria minera**

En el cuadro siguiente veremos la inversión (por compra) que se realizará en maquinaria minera. El nº de unidades de cada uno de los equipos se ha calculo en función de las producciones previstas:

Tabla 2.4- Inversión Maquinaria Minera

Equipo	Coste €/ud	Nº ud.	Inversión €
Pala Cargadora VOLVO L180 (segunda mano)	84 142	1	84 142
Camión de transporte MAN (segunda mano)	48 081	1	48 081
Vehículo Ligero	30 000	1	30 000
Retro CASE 580 (segunda mano)	20 000	1	20 000
Camión cisterna	60 000	1	60 000
<b>TOTAL</b>			<b>242 223</b>

**Importe equipos y maquinaria minera.....242 223 €**

### 2.3.1.2 Costes de capital circulante

Además de las inversiones anteriores, se considera una partida económica en circulante. La provisión de fondos necesaria se estima como un porcentaje de la inversión considerada en inmovilizado. Este concepto de inversión se mantiene a lo largo de la vida del proyecto y se recupera al final de la vida del mismo. El porcentaje para la estimación de provisión de fondos es de 15%.

**TOTAL Costes de Capital Circulante:..... 262 361€**

### 2.3.1.3 Resumen de inversiones

Tabla 2.5- Resumen de inversiones

Costes de capital fijo	1 749 079 €
Importe estudios, investigaciones, proyectos	20 000 €
Importe infraestructuras e instalaciones auxiliares	194 300 €
Importe materiales fungibles, equipos informáticos	12 000 €
Importe maquinaria planta	1 280 556 €
Importe equipos y maquinaria minera	242 223 €
Costes capital circulante	262 361 €
<b>Total inversiones</b>	<b>2 011 440 €</b>

**Inversión TOTAL ..... 2 011 440 €**

## 2.4 Ingresos anuales por ventas

Los precios de los áridos, al contrario que otros recursos minerales, tienen unos precios bastante estables, con fluctuaciones pequeñas y tendencias a medio y largo plazo bastante bien definidas.

Se ha tomado como precio para el análisis económico de rentabilidad de explotación:

Tabla 2.6- Relación de ingresos y producción anuales de la planta

Productos	Producción (t/año)	Ingresos (€/año)
Gravas 25-60 mm	45 120	541 440
Gravillas 0-40 mm	11 280	90 240
Gravillas 12-25 mm	131 600	1 316 000
Gravillas 6-12 mm	75 200	752 000
Arenas 3-6 mm	26320	131 600
Arenas 0-6 mm	33 840	101 520
Arenas 0-3 mm	52 640	263 200
<b>TOTAL</b>	<b>376000</b>	<b>3196000</b>

**Precio medio de la tonelada de material vendible: 8.50 €/t**

De acuerdo con las producciones planificadas y la comercialización de los productos esperada, se presenta el siguiente desglose de ingresos anuales para los 10 primeros años.

**Tabla 2.7- Flujo previsto de ingresos anuales por ventas (10 años)**

<b>Año</b>	<b>Producción vendible (t)</b>	<b>Precio venta (€)</b>	<b>Ingresos por ventas anuales (€)</b>
<b>1</b>	22 184	8,50	188 562
<b>2</b>	63 383	8,50	538 754
<b>3</b>	197 895	8,50	1 682 106
<b>4</b>	296 842	8,50	2 523 155
<b>5</b>	316 631	8,50	2 691 366
<b>6</b>	356 210	8,50	3 027 789
<b>7</b>	376 000	8,50	3 196 000
<b>8</b>	376 000	8,50	3 196 000
<b>9</b>	376 000	8,50	3 196 000
<b>10</b>	376 000	8,50	3 196 000

## 2.5 Previsión gastos anuales y costes de operación

Los costes de operación los definiremos como aquellos generados de forma continuada durante el funcionamiento de la explotación, dividiéndose en dos categorías: costes directos y costes indirectos.

### 2.5.1 Costes directos

Se consideran los costes directos o variables como los costes primarios de la operación. Se ha elaborado una tabla detallada con estas operaciones

Establecidas el número de horas necesarias para la producción esperada y teniendo en cuenta los costes horarios unitarios de cada máquina se obtiene el coste de operación anual.

#### 2.5.1.1 Personal Directo

De acuerdo con cada una de las categorías de personal considerados, el coste unitario (incluidos seguros y cargas salariales):

Tabla 2.8- Coste de personal directo

Encargado: 24 000 € x 1	24 000 €/ año
Personal cualificado: 22 000 € x 2	44 000 €/ año
<b>TOTAL PERSONAL</b>	<b>68 000 € / año</b>

#### 2.5.1.2 Operación de maquinaria minera

En el cuadro siguiente vamos a establecer los costes horarios de propiedad y de operación de maquinaria minera prevista para llevar a cabo la Planta, con el fin de establecer el coste anual de operación de la explotación:

Tabla 2.9- Costes de maquinaria

	Coste de propiedad €/ h	Coste de operación €/h	Coste total €/h
Cargadora Volvo L 180	8,02	36,36	<b>44,38</b>
Retro Case 580	5,41	37,56	<b>44,97</b>
Camión transporte	1,90	17,43	<b>19,33</b>
Vehículo todo terreno	2,4	8,44	<b>10,84</b>
Camión cisterna	1,9	17,43	<b>19,33</b>

Según estos costes horarios calculados, los costes anuales de operación, serán:

**Tabla 2.10- Costes anuales de operación de maquinaria minera**

Maquinaria	Ud.	Coste €/h	Nº h/ año	TOTAL €
Cargadora Volvo L 180	1	44,38	1000	<b>44 380</b>
Retro Case 580	1	44,97	1000	<b>44 970</b>
Camión transporte	1	19,33	1000	<b>19 330</b>
Vehículo todo terreno	1	10,84	1000	<b>10 840</b>
Camión cisterna		19,33	1000	<b>19 330</b>
<b>COSTE ANUAL OPERACIÓN MAQUINARIA MINERA</b>				<b>136,490</b>

**Tabla 2.11- Resumen de los costes directos**

Concepto	Coste anual (€)	Coste por tonelada /€)
Perforación	56 400	0,15
Explosivos	82 720	0,22
Maquinaria minera	136 490	
Trituración y clasificación	601 600	1,60
Coste de personal directo	68 000	
<b>TOTAL COSTES DIRECTOS</b>	<b>945 210</b>	<b>2,51</b>

## 2.5.2 Costes indirectos

Los costes indirectos o fijos son gastos que se consideran independientes de la producción. Estos costes pueden variar con el nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida.

### 2.5.2.1 Personal indirecto

En este apartado se calcula el coste del personal indirecto, que es aquel personal independiente de la producción.

Tabla 2.12- Coste de personal indirecto

Supervisión : 35 000 € x 1	35 000 €/ año
Personal no cualificado: 15 000 € x 2	15 000 €/ año
<b>TOTAL PERSONAL</b>	<b>50 000 € / año</b>

### 2.5.3 Resumen de costes indirectos

Tabla 2.13- Resumen de costes indirectos

Concepto	Coste anual (€)	Coste por tonelada (€)
Restauración	8 272	0,022
Comercialización	20 000	
Coste de personal indirecto	50 000	
<b>TOTAL COSTES INDIRECTOS</b>	<b>78 272</b>	<b>0,20</b>

### 2.5.4 Resumen de costes de operación

Tabla 2.14- Resumen de costes de operación

Partida	Coste anual (€)
<b>Total costes directos</b>	945 210
<b>Total costes indirectos</b>	78 272
<b>TOTAL COSTES ANUAL DE OPERACIÓN</b>	<b>1 023 482</b>

### 2.5.5 Plan de financiación

Se considera que la financiación del proyecto será ajena. De este modo está previsto obtener un préstamo por un valor equivalente a los gastos iniciales más los gastos del primer año que será de

Capital a amortizar:  $1\,749\,079 + 1\,023\,482 = 2\,772\,561$  €.

La forma de financiación será por el método de Cuotas de Amortización Constante o método Italiano.

El préstamo se devolverá en 10 años a un interés anual del 8%.

Tabla 2.15- Cálculos de la financiación

Año	Cuota (€)	Intereses (€)	Amortización (€)	Cap. Vivo (€)	Cap. Amort. (€)
0				2 772 561	
1	499 061	221 805	277 256	2 495 305	277 256
2	476 880	199 624	277 256	2 218 049	554 512
3	454 700	177 444	277 256	1 940 793	831 768
4	432 520	155 263	277 256	1 663 537	1 109 024
5	410 339	133 083	277 256	1 386 281	1 386 281
6	388 159	110 902	277 256	1 109 024	1 663 537
7	365 978	88 722	277 256	831 768	1 940 793
8	343 798	66 541	277 256	554 512	2 218 049
9	321 617	44 361	277 256	277 256	2 495 305
10	299 437	22 180	277 256	0	2 772 561

### 2.5.6 Análisis de rentabilidad

El hecho de que para el proyecto analizado resulte el VAN positivo, significa que la inversión en el mismo resulta más ventajosa que en la mejor de las otras oportunidades de inversión, pues el patrimonio neto de la empresa experimenta un aumento mayor.

El proyecto será aceptable económicamente si su TIR es mayor que la RMA (Rendimiento Mínimo Aceptable).

Se estima como **RMA = 10 %**, el cálculo se realiza para un horizonte temporal de 10 años, calcularemos el VAN y la TRI para cada periodo.

Tabla 2.16- Flujo de caja

Año	Ingresos (€)	Costes (€)	Flujo de caja (€)
1	188 562	2 772 561	-2 583 999
2	538 754	1 522 543	-983 789
3	1 682 106	1 500 362	181 744
4	2 523 155	1 478 182	1 044 973
5	2 691 366	1 456 002	1 235 364
6	3 027 789	1 433 821	1 593 968
7	3 196 000	1 411 641	1 784 359
8	3 196 000	1 389 460	1 806 540
9	3 196 000	1 367 280	1 828 720
10	3 196 000	1 345 099	1 850 901

## 2.5.7 Conclusiones de viabilidad

### 2.5.7.1 Viabilidad técnica

El diseño de este proyecto está justificado desde el punto de vista técnico, ya que, se contará con un Ingeniero de Minas, con experiencia en este tipo de trabajos, el cual llevará la Dirección Técnica de la Planta.

La Planificación y desarrollo de esta planta es fácilmente controlable, teniendo en cuenta que la misma se realizará inicialmente con una producción pequeña, adaptándola progresivamente a las necesidades de producción derivadas de los pedidos recibidos.

Los medios técnicos y humanos disponibles, garantizan plenamente la viabilidad de la planta proyectada.-

### 2.5.7.2 Viabilidad económica y financiera

Se ha realizado un desarrollo y justificación de la viabilidad económica y financiera del proyecto de acuerdo a una contrastada metodología de análisis de proyectos mineros de inversión (método VAN/TIR), del cual se arrojan las siguientes conclusiones:

-El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto analizado para un horizonte de 10 años resulta positivo, lo que indica que la inversión resulta más ventajosa que en la mejor de las oportunidades de inversión, pues el patrimonio neto de la empresa experimenta un aumento mayor.

- El proyecto es aceptable económicamente, ya que la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) es superior al Rendimiento Mínimo Aceptable (RMA) o mejor oportunidad, estimado en un 10%.
- El periodo de retorno de la inversión es de 2 años a partir del primer año de actividad

Se ha obtenido unos valores:

Tabla 2.17- Valores de los índices económicos

<b>VAN</b>	<b>2 862 790,54</b>
<b>TIR</b>	<b>22,86%</b>
<b>Periodo de retorno</b>	<b>2 años</b>

### 3 Documento 3: Presupuesto

#### 3.1 Presupuesto estudios, investigaciones y proyectos

Tabla 3.1- Coste total de los estudios e investigaciones

Importe estudios, investigaciones, proyectos	<b>20 000 €</b>
--	-----------------

#### 3.2 Presupuesto Infraestructura e instalaciones auxiliares

Tabla 3.2- Coste de las infraestructuras e instalaciones auxiliares

Acondicionamiento de accesos, asfaltado pista principal	20 000 €
Casetas taller mecánico / almacén	30 000 €
Caseta oficinas, vestuarios y aseos	25 500 €
Infraestructura eléctrica, compresores y aparamenta	60 000 €
Equipo de pesaje	19 000 €
Depósito de agua	4 500 €
Depósito de Gasóleo	2 500 €
Equipo de lavado a presión	1 800 €
Acometidas agua, comunicaciones, digestores, etc	20 000 €
Seguridad y señalización	11 000 €
<b>TOTAL</b>	<b>194 300 €</b>

#### 3.3 Presupuesto materiales fungibles y equipos informáticos

Tabla 3.3- Coste total de materiales fungibles y equipos

materiales fungibles, equipos informáticos	<b>12 000 €</b>
--	-----------------

### 3.4 Presupuesto planta de tratamiento

#### 3.4.1 Equipos

El coste de cada equipo, así como el montaje, la formación del personal y la puesta en marcha se muestran en la siguiente tabla

Tabla 3.4-Coste total de los equipos

Modelo	Cantidad	Coste
Machacadora de mandíbulas C 125	1	208.456 €
Criba SANDVIK, de alta capacidad, SC2163	1	80 400 €
Triturador de cono SANDVIK, CS43	1	174 400 €
Triturador de cono SANDVIK, CH43	1	134 800 €
Criba SANDVIK, SC216	1	94 900 €
Molino impactor SANDVIK CV21	1	125 000 €
MONTAJE		28 800 €
<b>TOTAL</b>		<b>846 756 €</b>

#### 3.4.2 Cintas

La inversión necesaria en las cintas transportadoras, se muestra en la tabla:

Tabla 3.5-Coste total de las cintas

Veinte Cintas transportadoras	360 000 €
Transporte	8 800 €
Montaje de la instalación, con grúa	65 000 €
<b>TOTAL</b>	<b>433 800 €</b>

#### 3.4.3 Coste total de la instalación

Tabla 3.6- Coste total de la instalación

<b>Coste total de la instalación</b>	<b>1 280 556 €</b>
--------------------------------------	--------------------

### 3.5 Presupuesto equipos y maquinaria minera

Tabla 3.7- Coste de la maquinaria minera

Equipo	Coste €/ud	Nº ud.	Inversión €
Pala Cargadora VOLVO L180 (segunda mano)	84 142	1	84 142
Camión de transporte MAN (segunda mano)	48 081	1	48 081
Vehículo Ligero	30 000	1	30 000
Retro CASE 580 (segunda mano)	20 000	1	20 000
Camión cisterna	60 000	1	60 000
<b>TOTAL</b>			<b>242 223</b>

### 3.6 Presupuesto plantilla

Tabla 3.8- Coste de la plantilla

Encargado: 24 000 € x 1	24 000 €
Personal cualificado: 22 000 € x 2	44 000 €
Supervisión : 35 000 € x 1	35 000 €
Personal no cualificado: 15 000 € x 2	15 000 €
<b>TOTAL</b>	<b>118 000 €</b>

### 3.7 Resumen del presupuesto

El presupuesto de la inversión a realizar para llevar a cabo los trabajos de explotación diseñados de acuerdo al Proyecto General de Explotación de esta Cantera de Áridos

Tabla 3.9- Resumen del presupuesto

Concepto	Cantidad €
Estudios, investigaciones, proyectos	20 000
Acondicionamiento de accesos, asfaltado pista principal	20 000
Casetas taller mecánico / almacén	30 000
Caseta oficinas, vestuarios y aseos	25 500
Infraestructura eléctrica, compresores y aparamenta	60 000
Equipo de pesaje	19 000
Depósito de agua	4 500
Depósito de Gasóleo	2 500
Equipo de lavado a presión	1 800
Acometidas agua, comunicaciones, digestores, etc	20 000
Seguridad y señalización	11 000
Materiales fungibles, equipos informáticos	12 000
Equipos maquinaria planta de tratamiento	1 280 556
Equipos y maquinaria minera	242 223
Costes de operación	1 023 482
<b>TOTAL</b>	<b>2 772 561</b>

## **4 Documento 4: Pliego de condiciones**

### **4.1 Consideraciones generales**

A la hora de ejecutar este proyecto deberán seguirse lo establecido en el presente documento y en el Reglamento General de Normas básicas de Seguridad Minera.

También se seguirá cualquier otro que le fuera de obligatorio cumplimiento en el momento de la ejecución.

Todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución de la instalación y puesta en marcha de la misma una vez ejecutada, serán por cuenta del adjudicatario., quien deberá además abonar todas las tasas e impuestos derivados de la obtención de los citados permisos, así como boletines, Certificados de la instalación, respetando en todo caso lo que se diga en el contrato de ejecución y las condiciones particulares que se pacten.

No se considerará concluida la instalación hasta el pleno funcionamiento de la misma con todos los permisos y autorizaciones preceptivas, no efectuándose la recepción Provisional hasta que se cumplan estos requisitos.

Las instalaciones que se enumeran en este pliego son siempre con suministro e instalación de los materiales adecuados, disponiendo de los certificados y cartas de fabricación preceptivas, y los medios de acopio de todos los elementos a su lugar definitivo.

Las condiciones económicas a cumplir por las partes vendrán detalladas en cuanto a precios y plazos en el contrato pertinente.

### **4.2 Materiales y equipos a instalar**

Se utilizarán las marcas y modelos descritos en la Memoria y no se utilizarán otros sin el conocimiento y la aprobación de director facultativo.

Todos los materiales a instalar tanto especificados como no deberán estar en perfecto estado y de calidad dejando al criterio de la Dirección Facultativa su recepción y rechazo.

Este control previo no constituye recepción definitiva, pudiendo ser rechazados, aún después de instalados si no cumplieran con las condiciones exigidas debiendo ser reemplazadas por el Instalador.

Todos los materiales que se instalen y que les sean exigibles Certificado de Homologación, timbrado, fabricación etc, dispondrán de los mismos, y se tendrán a disposición de la Dirección facultativa siempre que ésta lo requiera.

Serán por cuenta del instalador todos los elementos auxiliares necesarios para la ejecución de la instalación, si bien se respetarán las condiciones particulares pactadas para suministro de agua, energía, andamiajes, medios auxiliares, etc...

El técnico de Obra hará un replanteo general sobre el terreno, señalando y posicionando todos los elementos principales de la instalación, definiendo los detalles necesarios para la ejecución de la misma, ubicación de elementos de seguridad, trazado de tuberías, ubicación de generadores, ventiladores y elementos de regularización y control.

El plazo de instalación será de veinticinco días y adaptándose a las necesidades de obra general de la que formen parte estas instalaciones.

Ante cualquier duda que pudiera suscitarse sobre la interpretación de este pliego, datos del proyecto, mediciones, etc, Prevalecerá el criterio de la Dirección Facultativa.

Los fabricantes de equipos serán responsables de que sus productos ofrezcan las garantías debidas de calidad, seguridad y consumo de energía, en lo que se refiere a su fabricación.

En cualquier caso, el proveedor de equipos o elementos, nacionales o extranjeros, será el responsable directo del exigido a los equipos y de sus deficiencias.

Estas responsabilidades se entenderán sin perjuicio de las que pudieran corresponder a terceros.

### **4.3 Titulares o usuarios**

Los titulares o usuarios de las instalaciones seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a seguridad, funcionamiento, y mantenimiento de las instalaciones.

### **4.4 Recepción de las instalaciones**

La recepción de las instalaciones tendrá por objeto comprobar que las mismas cumplen con las prescripciones de la reglamentación vigente y las condiciones señaladas en los pliegos de condiciones particulares de la obra, así como realizar la puesta en marcha correcta, comprobando las prestaciones y exigencias del uso racional de la energía.

### **4.5 Pruebas parciales**

A lo largo de la ejecución deberán realizarse pruebas parciales y controles de recepción de todos los elementos indicados

Particularmente, todas las uniones o tramos de tubería que vayan a quedar ocultos serán probados antes de unirlos.

### **4.6 Pruebas finales**

Terminada la instalación será sometida por partes o en conjunto a las pruebas que se indican sin perjuicio de aquellas otras que solicite el jefe de Obra.

### **4.7 Recepción provisional**

Una vez finalizadas las pruebas finales con resultado satisfactorio, se procederá al acto de recepción provisional de la instalación, dándose por finalizado el montaje de la instalación.

## 4.8 Recepción definitiva

Transcurrido el plazo contractual de garantía en ausencia de averías o defectos de funcionamiento, o habiendo sido éstos subsanados, la recepción provisional adquirirá el carácter de Definitiva.

## 4.9 Objeto de campo de aplicación

Este pliego de condiciones determina las condiciones técnicas mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de la instalación para accionamiento de la Planta de machaqueo especificada en el presente proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la instalación eléctrica en baja tensión citada.

## 4.10 Ejecución del trabajo

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las normas legales vigentes.

## 4.11 Materiales

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el contratista siempre que no se especifique lo contrario.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Jefe de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el jefe de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de condiciones.

Los cables instalados serán los que figuren en el proyecto.

Las capacidades de los equipos serán según se especifica en los documentos del proyecto.

Instalación: Los equipos y materiales se instalarán de acuerdo con las recomendaciones de cada fabricante, siempre que no contradigan las de estos documentos.

Dispositivos eléctricos: Todos los aparatos controles y equipos empleados en esta instalación deberán ser de la mejor calidad (marca de calidad A.E.E) y todos los artículos estándar de fabricación normalizada, nuevos y de diseño actual en el mercado nacional.

Necesidades de espacio: Todo equipo debe estar colocado en los espacios asignados y se dejará un espacio razonable de acceso para su entretenimiento y reparación. El instalador deberá verificar el espacio requerido para todo el equipo propuesto, tanto en el caso de que dicho espacio haya sido propuesto o no.

## 4.12 Trabajo de montaje

El encargado comprobará que todos los operarios encargados del desmontaje tienen el equipo necesario para la realización de los trabajos:

Operario de planta:

- Casco homologado
- Botas de seguridad
- Guantes
- Buzo de la empresa
- Cinto de seguridad

Operador de Oxicorte:

- Casco homologado
- Botas de seguridad
- Guantes
- Buzo de empresa
- Careta de soldar homologada
- Mandil de protección

Comprobará que la zona de trabajo está libre de objetos que puedan obstaculizar o dañar a las personas presentes en el tajo

## 4.13 Trabajo en altura

La mayor parte de estos trabajos se realizarán en zonas de trabajo que dispone de pasarelas de seguridad. Para el montaje y desmontaje de estas pasarelas así como para los trabajos que se realicen fuera de estas parcelas el encargado de tener en cuenta:

De acuerdo con la nueva reglamentación sobre la prevención de riesgos laborales, todos los usuarios que se vean obligados a trabajar en alturas superiores a 3 metros deben protegerse utilizando un equipo de protección individual contra caídas.

Un sistema de prevención debe impedir al utilizador llegar a situaciones con riesgo de caída. A menudo un arnés o un cinturón con una cuerda se usarán con el fin de limitar el desplazamiento y prevenir de esta forma la caída.

Un sistema de anti caída debe estar compuesto por un punto de anclaje, un arnés y un dispositivo anticaída que en el caso eventual de caída permita limitar la fuerza de impacto sobre la persona por debajo de 600 dan.

Un sistema de evacuación permitirá evacuar de forma manual o automática a la persona que haya sufrido una caída.

## 4.14 Trabajo con grúa

Antes de comenzar los trabajos el encargado comunicará al gruista las señales que se van a utilizar, la persona encargada de comunicarle las ordenes, el peso que se ha a manipular y las operaciones a realizar.

Se comprobarán las eslingas, ganchos, grilletes y demás aperos necesarios.

El gruista y el encargado comprobarán que la colocación de la grúa es óptima para el movimiento de la carga.

Una vez sujeta la carga para su manipulación el gruista y el encargado comprobarán:

- La correcta sujeción de la carga
- El reparto correcto de la carga en suspensión
- Que no se encuentra ninguna persona en el radio de acción de la grúa

Una vez realizadas las comprobaciones el señalista guiará al gruista en la ejecución del trabajo, teniendo siempre en cuenta las siguientes consideraciones:

- La elevación y el descenso de la carga se hará lentamente evitando toda arrancada y parada brusca y se hará siempre que sea posible en sentido vertical evitando el balanceo.
- El gruista evitará siempre transportar cargas por encima de lugares donde estén trabajadores.
- Si una vez izada la carga, se observan que no está correctamente situada, el gruista hará sonar la señal de precaución y bajará la carga para su arreglo.
- Cuando la grúa funcione sin carga el gruista elevará el gancho lo suficiente para que pase libremente sobre personas y objetos.
- Cuando el gruista no tenga campo visual en todas las zonas por las que debe pasar la carga, se emplearán uno o varios trabajadores para efectuar las señales adecuadas para la correcta carga, desplazamiento y parada.
- No se permitirá ni circular ni estacionarse bajo las cargas salvo en los casos necesarios para la ejecución del trabajo.
- Nunca se utilizará la grúa para la realización de trabajos para los que no esté preparada (elevación de personas, etc...).
- Se comprobará que la pieza a levantar está completamente liberada. El gruista sujetará la pieza y nunca la mantendrá en tensión durante esta operación.

#### **4.15 Recepción de obra**

Durante la obra o una vez finalizada la misma el jefe de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este pliego de condiciones.

Una vez finalizadas las instalaciones el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de instalación se incluirá la medición de la conductividad de la toma de tierra y las pruebas de aislamiento según la forma establecida en la Norma UNE relativa a cada tipo de cable.

El Jefe de Obra contestará por escrito al contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

## 5 Documento 5: Estudio de prevención ambiental

### 5.1 Consideraciones previas

Dada las características de la explotación minera que se pretende desarrollar, el proyecto de explotación deberá someterse al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental.

En general, el impacto ambiental más significativo que se origina siempre en las explotaciones mineras a cielo abierto es el que se ocasiona como consecuencia de la excavación del terreno y la modificación de la orografía. Estas acciones que se producen de manera continua desde el inicio de la actividad hasta su finalización, dan lugar a alteraciones ambientales que es imposible evitar y cuyo grado de importancia depende del medio en el que se realizan y de la dimensión de la actividad extractiva:

- Cambio morfológico y paisajístico.
- Destrucción de la capa vegetal y de los usos del suelo.
- Alteración de la escorrentía natural.

Durante el desarrollo de la actividad minera se producen una serie de Emisiones y Residuos que son necesarios identificar y valorar al objeto de conseguir el control y la minimización de su generación, bien porque se pueda evitar o minimizar su producción, bien porque sea posible su recirculación o reciclaje. Con tal motivo existe en vigor una serie de normativas que regulan las actividades industriales al objeto de que los mencionados residuos y emisiones se encuentren controlados.

A continuación, se presenta un estudio de identificación de los impactos que se pueden generar en la futura explotación y que define diversas medidas a adoptar para su minimización o corrección hasta valores legalmente establecidos.

### 5.2 Identificación de impactos y aplicación de medidas correctoras

Los aspectos ambientales más reseñables que pueden verse afectados potencialmente por la actividad extractiva de minerales no energéticos, son los que se describen a continuación. En todos los casos se aplicará la legislación ambiental específica, para proceder así a su control y regulación, cumpliendo así con la normativa vigente.

#### 5.2.1 Afecciones al suelo

La principal afección potencial que se puede provocar sobre el suelo consiste en la destrucción del mismo, debido a la apertura del hueco minero.

Otros posibles impactos sobre el suelo, son:

- Contaminación por derrame de aceites y combustibles líquidos
- Contaminación por basuras y residuos.

**Medidas preventivas y correctoras:**

Se deberán adoptar medidas que reduzcan el impacto como:

En las zonas de reparación de maquinaria se dispondrán los medios necesarios para que los derrames de aceites y gasoil se encuentren controlados.

- Colocación de recipientes para acumular basuras.
- Las tierras contaminadas se retiraran selectivamente y se acopiaran en lugar acondicionado para ello y posteriormente serán entregadas a gestor autorizado.
- Acopio de la capa superficial de tierra vegetal procedente de las labores de desbroce y preparación del terreno. Estas serán utilizadas en los trabajos de restauración.

**5.2.2 Afecciones a la atmosfera**

Los principales impactos que se pueden provocar son, por una parte, sobre la calidad del aire y, por otra, sobre el nivel sonoro.

**5.2.2.1 Calidad del aire**

Respecto a la calidad del aire, se producirá emisiones de polvo y partículas sólidas suspendidas, en varias operaciones que se realizan durante el desarrollo de la actividad extractiva. Las emisiones serán generadas principalmente en las operaciones de:

- Perforación
- Voladura.
- Carga y descarga del material.
- Levantamiento de polvo en las pistas debido al tránsito de camiones.
- Trituración y molienda del material.
- Acopios.

También hay que tener en cuenta, las emisiones procedentes de la combustión interna de los equipos. Por el modo de funcionamiento planteado en la actividad, no es de prever la producción de concentraciones anómalas de estas emisiones de humos.

**Medidas preventivas y correctoras:****Partículas: describir los medios previstos para la eliminación de polvo**

En orden a garantizar que no se sobrepasen los límites legalmente establecidos de emisiones, las medidas de lucha contra el polvo se concretan en:

- Riego de pistas con agentes tensoactivos y de las plazas de cantera, en épocas secas y en función de las condiciones meteorológicas.

- Riego de pistas con agentes tensoactivos y de las plazas decantera, en épocas secas y en función de las condiciones meteorológicas.
- Se deberá limitar la velocidad de circulación de la maquinaria al objeto de reducir la puesta en suspensión del polvo depositado en las pistas.
- En la medida de lo posible se evitarán las operaciones de perforación, desmonte y retirada de tierras en días ventosos.
- La maquinaria de perforación debería estar equipada con captadores de polvo.
- Se dispondrán de sistemas de captación de polvo en los puntos de descarga y en la perforadora.+
- Mediciones trimestrales de la fracción de polvo respirable, para controlar que los niveles no superan los límites establecidos por la legislación vigente (Higiene laboral).

### Humos y gases

Al objeto de minimizar las posibles molestias, se tomarán las siguientes medidas:

- Maquinaria utilizada en la explotación debe estar debidamente acreditada.
- Mantenimiento, cambio de filtros y limpieza de los motores
- Comprobación diaria del correcto funcionamiento

### **5.2.2.2 Calidad acústica**

El nivel sonoro de la zona se verá afectado por el desarrollo de la actividad extractiva. Las principales fuentes sonoras identificadas en la explotación se pueden separar en dos tipos de focos fijos y móviles.

Antes de hacer una valoración de la calidad acústica que tendrá el área objeto de estudio, hay que tener en cuenta una serie de consideraciones previas como son:

- La actividad minera se situará a más de 1.000 m de la vivienda más próxima de la localidad de Cervatos y más de 998 m de las de Matamorosa.
- Todas las fuentes de ruido identificadas en la cantera son actividades cotidianas.
- El ruido de la maquinaria en funcionamiento se encuentra perfectamente valorado, si no se realizan manipulaciones que alteren las características de fabricación del equipo.
- La maquinaria se someterá a un mantenimiento regular, ya que así se eliminarán los ruidos procedentes de elementos desajustados o muy desgastados que trabajan con altos niveles de vibración.

### **Medidas preventivas y correctoras:**

Las medidas preventivas que se realizarán para la disminución de la emisión sonora serán:

- No se trabajará a horas intempestivas que puedan ocasionar molestias al vecindario.

- Los camiones de transporte evitarán pasar por núcleos urbanos.
- Se realizará regularmente un mantenimiento, engrase y lubricación de la maquinaria para evitar la emisión de ruidos anormales.
- Colocación de pantallas vegetales entre los focos emisor y receptor.

### 5.2.3 Afeciones sobre el medio hídrico

El principal impacto sobre el medio hídrico derivado de la actividad proyecto, consiste en la reducción de la calidad físico-química de las aguas superficiales, provocando turbidez y basicidad en las aguas debido a la naturaleza del yacimiento.

Tanto las obras de acondicionamiento, (ejecución de accesos y cunetas), como durante el desarrollo de la actividad extractiva, incorporan a las aguas de escorrentía una serie de sólidos de granulometrías finas fácilmente movilizables.

Estos materiales pueden ser transportados por las aguas bajo mecanismos que están en función del tamaño, forma y peso de las partículas y energía de las precipitaciones.

Como efecto secundario, de este proceso cabe destacar la sedimentación de las arenas y partículas arrastradas en cunetas.

De acuerdo con el conocimiento geológico que se posee de la zona, no se va a afectar a cauces subterráneos, por no realizarse excavaciones profundas.

No obstante, con la construcción de la balsa de decantación, los sólidos suspendidos sedimentarán en el fondo de la balsa, pudiéndose reutilizar las aguas tratadas para limpieza de caminos y maquinaria. De esta manera se consigue la reutilización del agua de lluvia y un vertido cero.

En cuanto a las aguas residuales higiénico-sanitarias, todas las aguas grises provenientes de los vestuarios y sanitarios, serán recogidas por una red independiente y conducida a un digestor tipo portátil. Para su mantenimiento, recambio y gestión se contratarán los servicios de una empresa autorizada a tal fin.

#### **Medidas preventivas y correctoras:**

Las medidas que se llevarán a cabo son básicamente:

- Retirar periódicamente el material acumulado en todas las zonas que se transite dentro de la explotación.
- Preparar un área para la limpieza de los camiones antes de la salida a la carretera.
- Asfaltado de la pista principal de transporte.
- Realización de cunetas perimetrales y trazado de una balsa de decantación de las aguas de escorrentía generadas dentro del área de explotación, que se situará en el punto más bajo, para una mejor recepción de las aguas.

#### 5.2.4 Afecciones sobre la vegetación y la fauna

Las afecciones sobre el medio biótico derivadas de la actividad a desarrollar son básicamente:

- Por una parte, la destrucción del hábitat por apertura del hueco. Dada la baja valoración que se puede otorgar al hábitat directamente afectado, usado como prado de siega, su afección se puede considerar de poca importancia.
- Tráfico de camiones.
- Emisiones de polvo que pueden afectar a la capacidad fotosintética de las plantas.
- Vibraciones ocasionadas por las voladuras.

##### **Medidas preventivas y correctoras:**

- Delimitación del área de explotación.
- Los individuos vegetales, encontrados durante el avance de la cantera, serán trasplantados temporalmente para luego reutilizarse en las labores de restauración.

#### 5.2.5 Afecciones en procesos geofísicos

La actividad proyectada supondrá a priori un impacto sobre los procesos de erosión y sedimentación, para los que habrá que establecer medidas correctoras.

##### **Medidas preventivas y correctoras:**

- Estabilización de taludes y labores de revegetación que se llevarán a cabo siguiendo lo establecido en el Plan de Restauración.

#### 5.2.6 Afecciones sobre morfología y paisaje

En consecuencia, el impacto sobre el paisaje se centra en la modificación de una parte del paisaje.

##### **Medidas preventivas y correctoras:**

- El avance de la explotación y disposición de la misma han sido estudiadas para que causen el menor impacto visual posible, reduciendo el número de puntos desde donde se pueda visualizar el hueco.

#### 5.2.7 Generación de residuos

Los residuos peligrosos que se generarán, con el tipo de explotación proyectada, solamente son aceites y filtros, serán gestionados por un Gestor Autorizado. Lo mismo

se realizará con cualquier otro residuo no peligroso, papel, cartón, plástico, chatarra, etc., que se generará en la explotación y se gestionará por Gestor Autorizado.

**Medidas preventivas y correctoras:**

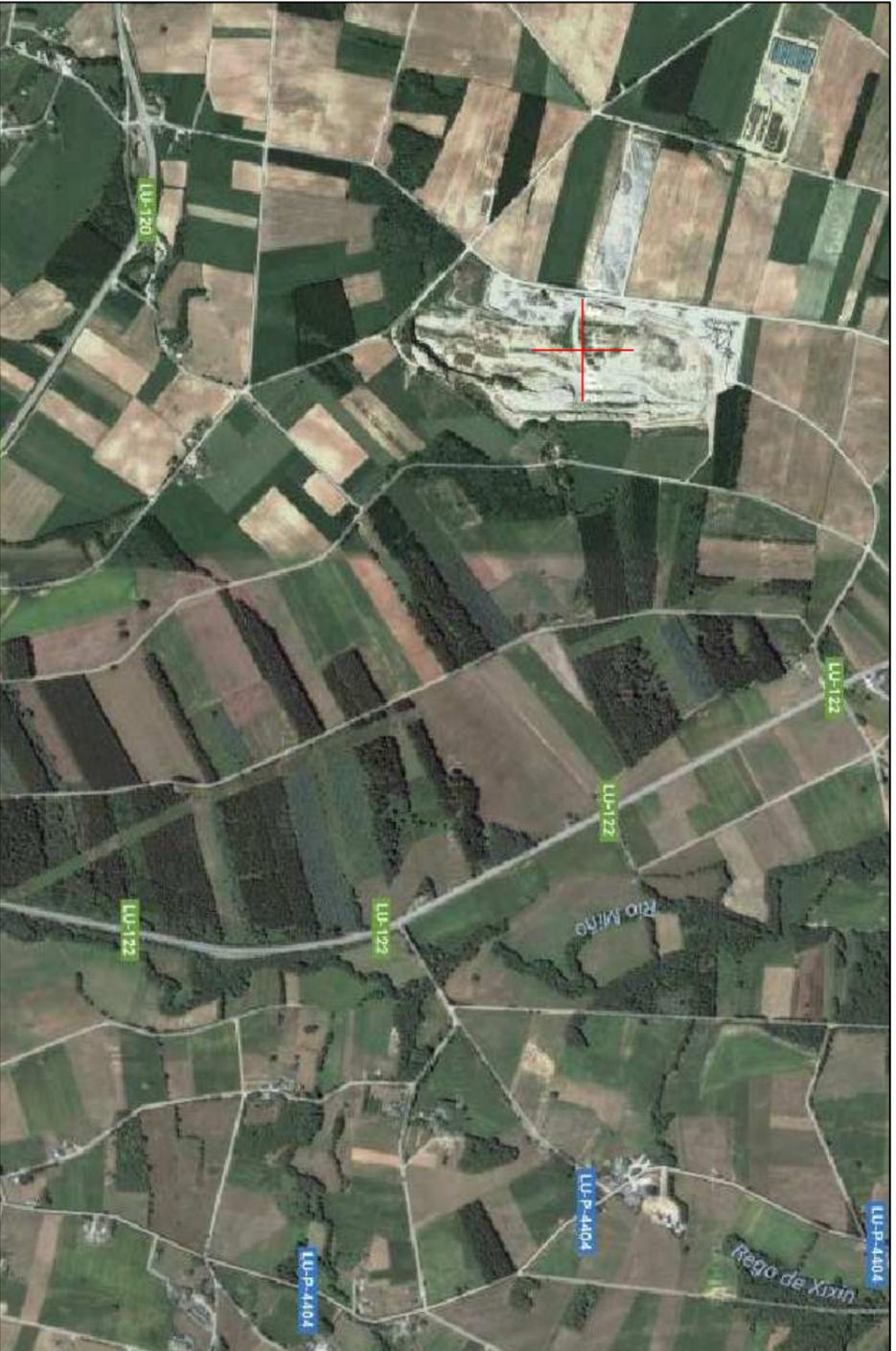
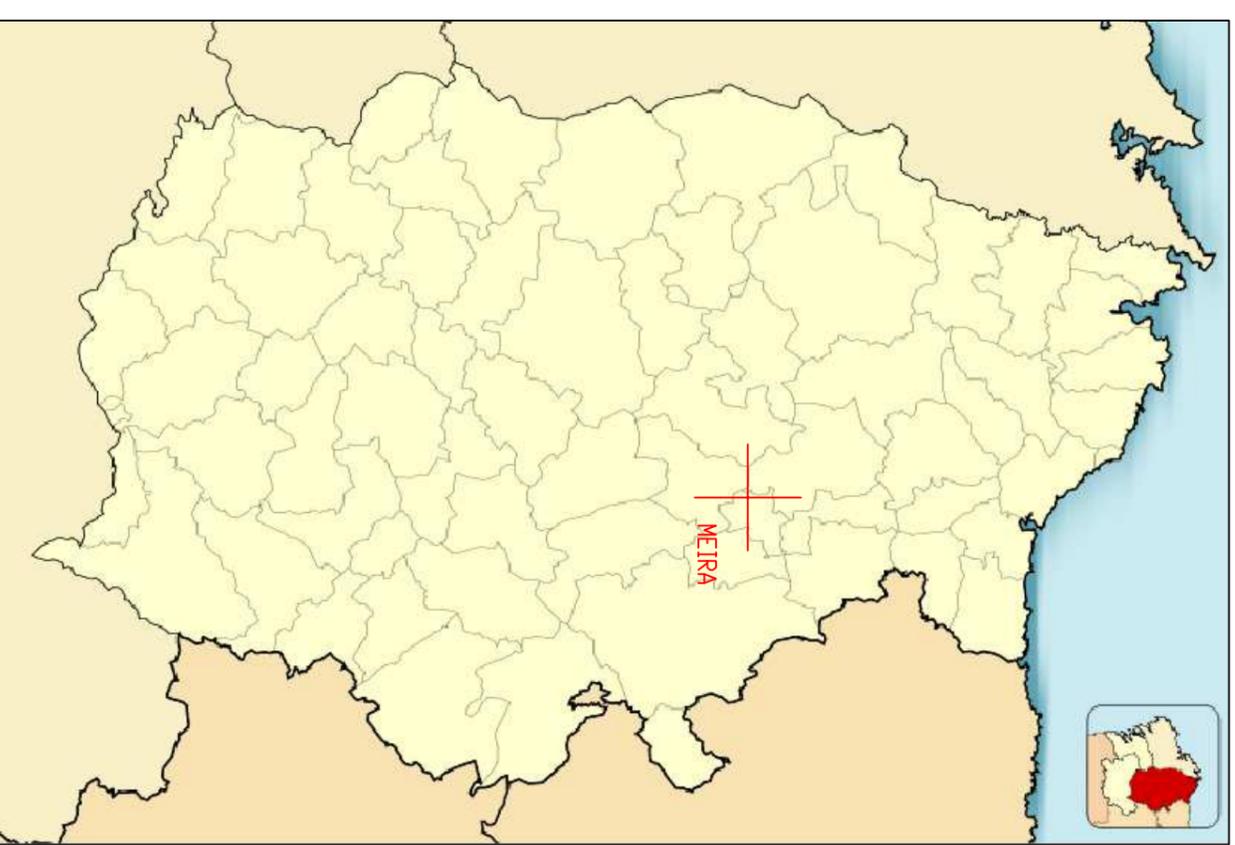
- Se habilitará una zona para el almacenamiento temporal de los residuos hasta su retirada por el gestor conforme a la legislación sectorial vigente.

## **6 Documento 6: Planos**

### **6.1 Plano de situación**

### **6.2 Vista en planta**

### **6.3 Vista en alzado**



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS**



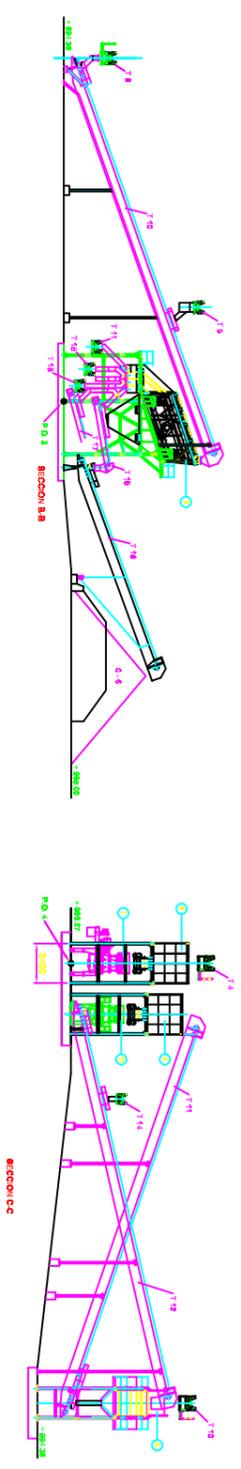
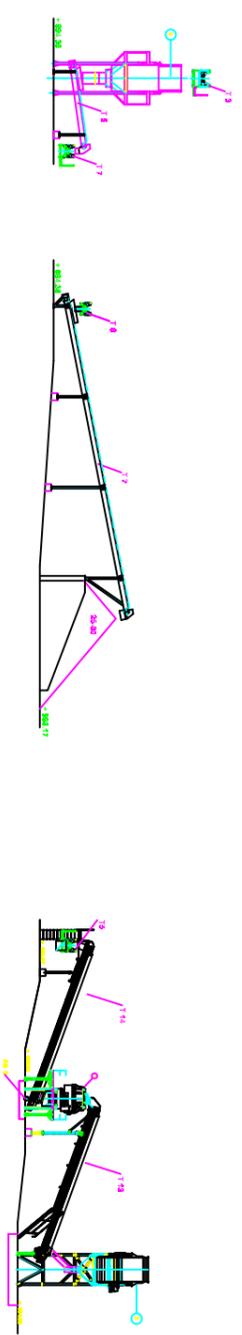
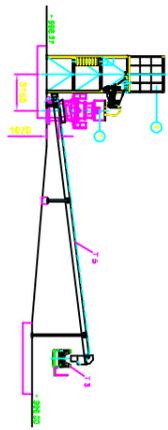
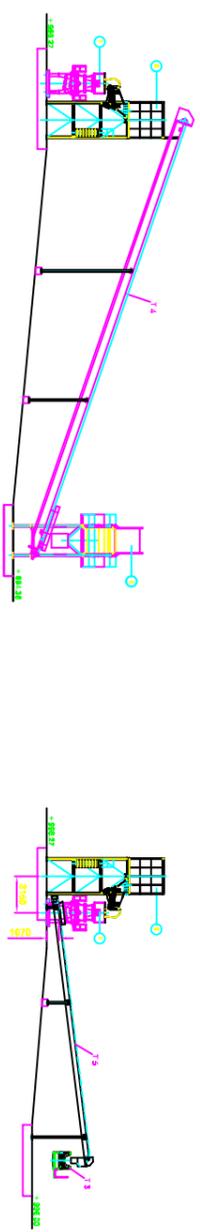
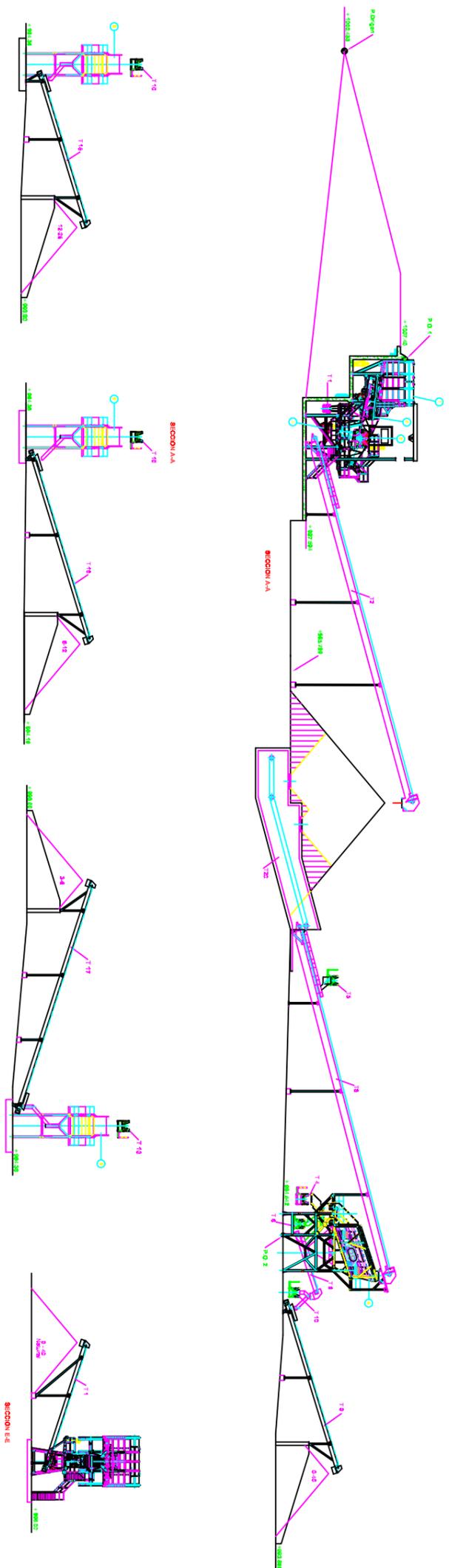
GRADO EN INGENIERÍA MINERA

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ÁRIDOS  
 2007/4 EN EL MUNICIPIO DE MEIRA (LUGO)

SITUACION

PLANO DE	SITUACION		PLANO Nº
ESCALA	S/E		1
FECHA	1/SEPT/16	Fdo.: Carmen Lobato Astiárraga	





T-20	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 1000 mm) Long. 20.00 m. Inclin.19°	250 Uh
T-19	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 800 mm) Long. 19.00 m. Inclin.20° S/C/CKR	70 Uh
T-18	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 800 mm) Long. 5.50 m. Inclin. 10°	70 Uh
T-17	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 27.50 m. Inclin. 18°	50 Uh
T-16	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 27.50 m. Inclin. 17°	50 Uh
T-15	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 18.00 m. Inclin. 17°	50 Uh
T-14	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 14.00 m. Inclin. 20°	70 Uh
T-13	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 13.50 m. Inclin. 13°	70 Uh
T-12	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 34.50 m. Inclin. 13°	140 Uh
T-11	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 35.00 m. Inclin. 18°	330 Uh
T-10	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 800 mm) Long. 38.00 m. Inclin. 20°	120 Uh
T-9	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 800 mm) Long. 20.00 m. Inclin. 17°	120 Uh
T-8	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 7.00 m. Inclin. 18°	70 Uh
T-7	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 27.50 m. Inclin. 11°	250 Uh
T-6	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 7.00 m. Inclin. 8°	250 Uh
T-5	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 22.50 m. Inclin. 7°	250 Uh
T-4	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 800 mm) Long. 39.50 m. Inclin. 19°	250 Uh
T-3	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 1000 mm) Long. 42.0 m. Inclin. 18°	300 Uh
T-2	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 1000 mm) Long. 44.00 m. Inclin. 19°	300 Uh
T-1	1	TRANSPORTADOR (ancho banda 650 mm) Long. 15.00 m. Inclin. 18°	60 Uh
<b>TRANSPORTADORES</b>			
11	1	Triturador de Eje Vertical Mod. MERLIN VSLTPO CV 218	
10	1	Triturador de Cono Mod. CH 430	Potencia 132 kW
9	1	Toiva de Regulación con Aliment. Vibrante SP0818	Potencia 2 x 11.2 kW
8	1	Criba Vibrante SANDVIK SGT2161 (Ø 25, 12, 9 y 3 mm)	Potencia 22 kW
7	1	Triturador de Cono Mod. CS 430	Potencia 180 kW
6	1	Toiva de Regulación con Aliment. Vibrante SP0818	Potencia 22 kW
5	1	Criba Vibrante SANDVIK SGT2163 (Ø 60, 40 y 25 mm)	Potencia 2 x 2.3 kW
4	1	Alimentador Vibrante SANDVIK SP1325U-LP	Potencia 160 kW - 1000 rpm
3	1	Motobombear de Mandibulas SANDVIK Mod. C1612	Potencia 22 kW
2	1	Alimentador Presurizador SANDVIK HGR - 1248 ZGM	
1		<b>MAQUINARIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>



UNIVERSIDAD DE LEÓN  
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA MINERA

ESTUDIO TECNICO ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ÁRIDOS  
2007/4 EN EL MUNICIPIO DE MEIRA (LUGD)

VISTA EN ALZADO

PLANO DE		PLANO Nº
ESCALA	S/E	
FECHA	1/SEPT/16	3
Fdo.: Carmen Lobato Astárraga		