

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
GRADO EN INGENIERÍA DE RECURSOS MINERALES Y
ENERGÍA

Curso: 2020 – 2021



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DEL SUBPRODUCTO DE
MÁRMOL ORNAMENTAL Y RCDs PARA
FABRICACIÓN DE ÁRIDOS PARA LA
CONSTRUCCIÓN**

Autor: Ginés Alacid Carrillo

Tutor: Pedro Martínez Pagán



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETO/JUSTIFICACIÓN	2
2.1. OBJETIVO.....	2
2.2. JUSTIFICACIÓN	3
3. NORMATIVA APLICABLE	9
4. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	11
4.1. CLASIFICACIÓN NACIONAL DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS.....	11
4.2. CATÁLOGO DE ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINADORAS DE LA ATMÓSFERA.....	12
5. MAQUINARIA DE LA INSTALACIÓN.....	14
5.1. LISTADO DE MAQUINARIA	14
5.1.1. ALIMENTADOR VIBRANTE	15
5.1.2. MACHACADORA	16
5.1.3. CINTA DE TRIAJE (C1).....	17
5.1.4. OVERBAND (O)	19
5.1.5. CINTA TRANSPORTADORA (C2)	20
5.1.6. MOLINO IMPACTOR (MO).....	21
5.1.7. CINTA TRANSPORTADORA (C3)	23
5.1.8. CINTA TRANSPORTADORA (C4)	23
5.1.9. CRIBA VIBRANTE (CR1)	24
5.1.10. CINTA TRANSPORTADORA (C5).....	25
5.1.11. CINTA TRANSPORTADORA (C6).....	25
5.1.12. CINTA TRANSPORTADORA (C7).....	25
5.1.13. CINTA TRANSPORTADORA (C8).....	26
5.1.14. CINTA TRANSPORTADORA (C9).....	26
5.1.15. CINTA TRANSPORTADORA (C10).....	26
5.1.16. CINTA TRANSPORTADORA (C11).....	26
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA.....	27
5.2.1. ALIMENTADOR VIBRANTE (AL)	27
5.2.2. MACHACADORA (MA).....	27



5.2.3.	CINTA DE TRIAJE (C1).....	28
5.2.4.	OVERBAND.....	29
5.2.5.	CINTA TRANSPORTADORA ENTRADA MOLINO (C2).....	30
5.2.6.	MOLINO IMPACTOR (MO).....	31
5.2.7.	CRIBA VIBRANTE (CR1)	31
5.2.8.	CINTA SALIDA MOLINO HACIA CRIBA C2 (C3).....	32
5.2.9.	CINTA SALIDA A ESTERIL (C4)	33
5.2.10.	CINTA SALIDA A ACOPIO 0 / 25 MM (C5).....	34
5.2.11.	CINTA SALIDA A ACOPIO 25 / 50 MM (C6).....	35
5.2.12.	CINTA SALIDA A ACOPIO 0 / 4 MM (C7)	36
5.2.13.	CRIBA VIBRANTE (CR2).....	37
5.2.14.	CINTA SALIDA A ACOPIO 4 / 6 MM (C8).....	38
5.2.15.	CINTA SALIDA A ACOPIO 6 / 12 MM (C9).....	39
5.2.16.	CINTA SALIDA A ACOPIO 12 / 25 MM (C10).....	40
5.2.17.	CINTA SALIDA A ACOPIO 25 / 40 MM (C11).....	41
5.3.	POTENCIA DE INSTALACIÓN	42
6.	PROCESO DE FABRICACIÓN.	43
6.1.	PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE MÁRMOL	43
6.2.	PROCESO DE TRATAMIENTO DE RCD	43
7.	PRODUCTOS OBTENIDOS.....	47
7.1.	PRODUCTOS HA OBTENER EN LA PLANTA DE TRITURACIÓN A PARTIR DE MATERIAL ORNAMENTAL	47
7.2.	PRODUCTOS HA OBTENER EN LA PLANTA DE RCDs A PARTIR DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	47
8.	USOS AL QUE SE DESTINARÁ	48
8.1.	USOS A LOS QUE SE DESTINARÁN LOS PRODUCTOS OBTENIDOS EN LA PLANTA DE TRITURACIÓN A PARTIR DE MATERIAL ORNAMENTAL	48
8.2.	USOS A LOS QUE SE DESTINARÁN LOS PRODUCTOS OBTENIDOS EN LA PLANTA DE TRITURACIÓN A PARTIR DE MATERIAL DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	48
9.	DIAGRAMA DE PROCESO.....	50
10.	VIABILIDAD ESPACIAL	51
11.	ESTUDIO ECONÓMICO.	52



12.	MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PRECACUCIÓN, OPERACIONES DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PREVISTAS	54
12.1.	ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	54
12.1.1.	RIESGOS PREVISIBLES	54
12.1.2.	MEDIDAS PREVENTIVAS DE RIESGOS LABORALES.....	55
12.1.3.	CONTROL.....	59
12.1.4.	CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE SEGURIDAD.....	59
12.1.5.	HIGIENE.....	60
12.2.	ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LA OPERACIÓN DE INSTALACIÓN	60
12.2.1.	RIESGOS Y ACTIVIDADES A CONSIDERAR.....	60
12.2.2.	MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	61
12.2.3.	ACTIVIDAD CONTAMINANTE.....	66
12.2.4.	SEÑALIZACIÓN	69
12.2.5.	MEDIDAS CONTRA INCENDIO	69
12.2.6.	SERVICIOS DE HIGIENE	69
12.2.7.	INSTALACIÓN SANITARIA DE URGENCIA.....	69
13.	VIABILIDAD ECONÓMICA.....	71
14.	CONCLUSIÓN.....	75
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	76
16.	PLANOS.....	79
16.1.	PLANO Nº 1. ESQUEMA.	80
16.2.	PLANO Nº 2. PLANTA.	81
16.3.	PLANO Nº 3. ALZADOS.	82
16.4.	PLANO Nº 4. DIAGRAMA DE PROCESO.	83



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución de la producción de mármol 2005-2016.....	6
Tabla 2. Porcentaje de árido de mármol sobre el total de áridos 2005-2016.	6
Tabla 3. Características del alimentador vibrante	27
Tabla 4. Características de la machacadora	27
Tabla 5. Características de la cinta de triaje (C1).....	28
Tabla 6. Características del overband.....	29
Tabla 7. Potencia y dimensiones del overband	29
Tabla 8. Características cinta transportadora entrada molino (C2)	30
Tabla 9. Características del molino impactor.....	31
Tabla 10. Características de la criba vibrante	31
Tabla 11. Características de la cinta salida molino hacia criba C2 (C3).....	32
Tabla 12. Características cinta salida a estéril (C4)	33
Tabla 13. Características cinta salida a acopio 0 / 25 mm (C5)	34
Tabla 14. Características cinta salida a acopio 25 / 50 mm (C6)	35
Tabla 15. Características cinta salida a acopio 0 / 4 mm (C7)	36
Tabla 16. Características de la criba vibrante (CR2).....	37
Tabla 17. Características cinta salida a acopio 4 / 6 mm (C8)	38
Tabla 18. Características cinta salida a acopio 6 / 12 mm (C9)	39
Tabla 19. Características cinta salida a acopio 12 / 25 mm (C10)	40
Tabla 20. Características cinta salida a acopio 25 / 40 mm (C11)	41
Tabla 21. Precio medio de la gestion de RCDs por provincias	71
Tabla 22. Ingresos estimados de la planta según el porcentaje de RCDs y mármol	72



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Jerarquía de gestión de residuos	4
Figura 2. Porcentaje de recuperación países de Europa, 2016	7
Figura 3. Tratamiento de los residuos minerales de construcción y demolición en 2016..	8
Figura 4. Esquema de alimentador Grizzly vibrante.....	15
Figura 5. Sección de una machacadora de mandíbulas	16
Figura 6. Machacadora de mandíbulas	17
Figura 7. Esquema de una cinta transportadora	18
Figura 8. Cinta de triaje con RCDs.....	19
Figura 9. Separador de metales, Overband	20
Figura 10. Esquema de un molino impactor.....	21
Figura 11. Molino impactor	22
Figura 12. Esquema de una criba vibrante.....	25
Figura 13. Diagrama de proceso de la instalación	50
Figura 14. Vertedero ilegal cerca de un núcleo urbano.....	51



1. INTRODUCCIÓN

El actual documento es el Trabajo de Fin de Estudios del alumno Ginés Alacid Carrillo, de la Universidad Politécnica de Cartagena para la Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas, para la obtención del título de Graduado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energías. El Trabajo Fin de Estudios ha sido supervisado por el profesor Pedro Martínez Pagán, del Departamento de Ingeniería Minera y Civil.

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una planta de tratamiento del subproducto de mármol ornamental y residuos de la construcción y demolición (RCDs) para fabricación de áridos para la construcción.

Se pretende integrar los contenidos impartidos en las materias que dispone el plan de estudios, con el fin de evaluar nuestras competencias profesionales.



2. OBJETO/JUSTIFICACIÓN

2.1. OBJETIVO

El objetivo principal del presente trabajo es el diseño de una planta de machaqueo y clasificación capaz de tratar tanto el subproducto del mármol ornamental como residuos de construcción y demolición.

La decisión de realizar este trabajo ha sido porque reúne conocimientos relacionados con asignaturas cursadas en el grado. Además, es un proyecto comprometido con el medio ambiente y presenta un mercado con mucha proyección al futuro, sobre todo el apartado de los RCDs.

Los materiales de construcción son unos de los recursos más usados mundialmente, y por consiguiente generan gran cantidad de residuos. Estos residuos, no son del todo bien vistos socialmente hablando, porque existe un desconocimiento sobre las características de estos; sin embargo, con una serie de procesos estos residuos se convierten en materiales totalmente competentes y aptos para su uso como son los áridos naturales.

En definitiva, con este trabajo se pretende promover la economía circular, en donde se busca obtener unos beneficios no solo medioambientales, sino sociales y económicos también.

¿Qué son los áridos?

Los áridos son materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas utilizados en la construcción y en numerosas aplicaciones industriales. Son áridos las arenas, gravas, zahorras, etc.



¿Qué son los RCD?

Residuo es cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar.

RCD son las siglas de Residuos de construcción y demolición.

Se entiende por residuo de construcción y demolición las sustancias u objetos que, cumpliendo la definición de residuo se generen en una nueva construcción, reparación, remodelación, demolición, etc.

2.2. JUSTIFICACIÓN

En cualquier explotación a cielo abierto se generan gran cantidad de estériles que son depositados en escombreras. En el caso de explotaciones de mármol ornamental, el aprovechamiento del mineral en forma de bloques suele ser aproximadamente del 15 %, lo que significa que el 85% restante es material que se vierte a la escombrera.

Este material no aprovechable en forma de bloques es generado durante el proceso de extracción.

En las zonas de la explotación donde existan diaclasas, fallas, etc., el aprovechamiento en forma de bloques es prácticamente nulo, por lo que todo el material va directamente a la escombrera.

Estos montículos de material ocupan grandes superficies de terreno y suponen una afección al entorno.

Este material que por sus características no es aprovechable en forma de bloques, lo es como materia prima para áridos.

Antes de su utilización, los residuos deben ser tratados en plantas de machaqueo donde son clasificados y se vuelven más competentes para su uso como áridos.



Los RCD son el flujo de residuos con mayor masa de la UE y de los mayores en cuanto a volumen se refiere. El almacenamiento y vertido de estos materiales conlleva problemas como la ocupación del territorio con la consiguiente destrucción del paisaje, contaminación de las aguas, de los suelos, etc.

El Plan de Acción de Economía Circular de la UE, pretende que las materias primas permanezcan el mayor tiempo posible dentro de los ciclos, es decir, reutilizarlo o reciclarlo siempre que sea posible. Para ello se sigue la jerarquía de gestión de residuos:

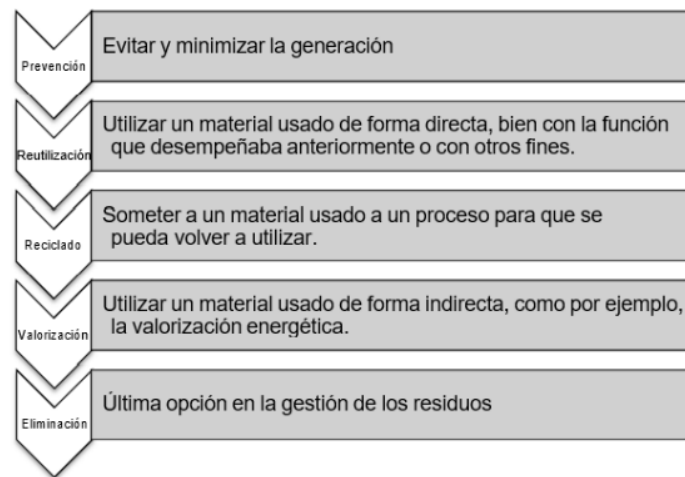


Figura 1. Jerarquía de gestión de residuos Directiva 2008/98/CE (El Parlamento Europeo, 2008).

La industria del mármol se encuentra estrechamente ligada a la construcción, por ello cualquier variación en este sector influye sobre la industria marmórea. Tanto es así que durante los primeros años de este siglo el sector inmobiliario se encontraba en una burbuja donde destacaban principalmente las importantes subidas anuales de los precios inmobiliarios. Este gran crecimiento de los precios tuvo lugar hasta mediados de 2007, cuando a partir de este momento se produce lo que ha venido a denominarse como la explosión de la burbuja inmobiliaria, que supuso una caída de la demanda y de los precios. Este último suceso fue el resultado de la gran crisis financiera internacional desatada en 2008.

Como ya se ha comentado, la industria marmórea está muy ligada al sector inmobiliario y a su vez al sector de la construcción. Es por esto por lo que se



observa un gran crecimiento en la producción de mármol, sobre todo ornamental, visto como un producto de gran valor, en los primeros años del actual siglo. Este crecimiento se prolonga hasta el inicio de la crisis, a finales de 2007. En 2008 la producción total de mármol cae en picado hasta el año 2014.

La crisis tuvo graves consecuencias en la industria del mármol; la falta de demanda y la competencia hizo que las empresas llegaran a vender incluso a precio coste, lo que supuso endeudamientos y cierre de plantas en empresas.

En las siguientes tablas podemos observar cómo tanto el mármol ornamental como el producto de cantera disminuye drásticamente su producción.

Sin embargo, la producción de mármol destinado a árido crece en el periodo de crisis. En cambio, la producción de mármol de producto de cantera disminuyó, por lo que se puede llegar a la conclusión que parte de la producción de mármol ornamental fue destinada a árido. Esto fue debido a la dificultad de vender la piedra ornamental, y al gran stock que había de ésta en aquel periodo. El stock había sido generado por la inercia de producción que había en aquel momento.

La producción de mármol disminuye año a año en el periodo 2007-2014. A partir de ese año la producción comienza a recuperarse (lentamente) pero lejos de los valores alcanzados antes de la crisis.

Los datos que a continuación se muestran han sido extraídos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en sus correspondientes publicaciones anuales "Panorama Minero".

Año	Producción de Mármol Producto de Cantera (kt)	Producción de Mármol Roca Ornamental (kt)	Producción Total de Mármol (kt)	Producción de Mármol destinado a Áridos (kt)
2005	2.410	3.939	6.349	571,44
2006	985	5.549	6.534	765,06
2007	773	4.331	5.104	773,12
2008	790	2.962	3.752	680,11



2009	206	2.431	2.637	1.105,31
2010	266	2.104	2.370	953,75
2011	218	2.607	2.825	1.546,08
2012	351	2.046	2.397	1.327,01
2013	302	1.785	2.087	1.176,06
2014	272	1.618	1.890	1.160,37
2015	372	2.122	2.494	1.716,27
2016	411	2.061	2.472	1.457,02

Tabla 1. Evolución de la producción de mármol 2005-2016 (Panorama Minero, IGME).

Año	Producción Total de Árido (Mt)	Producción de Mármol destinado a Áridos (Mt)	% Árido de Mármol sobre el total
2005	425,95	0,571	0,134
2006	462,93	0,765	0,165
2007	468,48	0,773	0,165
2008	395,21	0,680	0,172
2009	316,97	1,105	0,349
2010	253,87	0,954	0,376
2011	204,18	1,546	0,757
2012	132,42	1,327	1,002
2013	107,35	1,176	1,096
2014	107,79	1,160	1,077
2015	117,39	1,716	1,462
2016	103,37	1,457	1,410

Tabla 2. Porcentaje de árido de mármol sobre el total de áridos 2005-2016 (Panorama Minero, IGME).



En cuanto a los residuos de construcción y demolición, es mucho más complejo llevar un control de la producción de estos. Estas dificultades son debidas a la variedad de metodologías de recopilación de datos, al doble recuento de los datos, a las clasificaciones erróneas de los residuos, la falta de cobertura, a los vertidos incontrolados, etc.

Actualmente en Europa la tasa de recuperación es en torno al 90%. Este porcentaje es la media de la recuperación de todos los países. Países como Luxemburgo, Países Bajos, y Malta tienen una recuperación del 100% lo que significa que todos los residuos de construcción y demolición son reciclados o reutilizados. En cambio, España tiene una tasa de recuperación del 79%. Esta diferencia de tasa de recuperación puede ser debida a diferentes factores: capacidad de producción de árido de cada país, zonas de vertido de residuos, prohibición de la eliminación de residuos, precio de las tasas de eliminación de residuos.

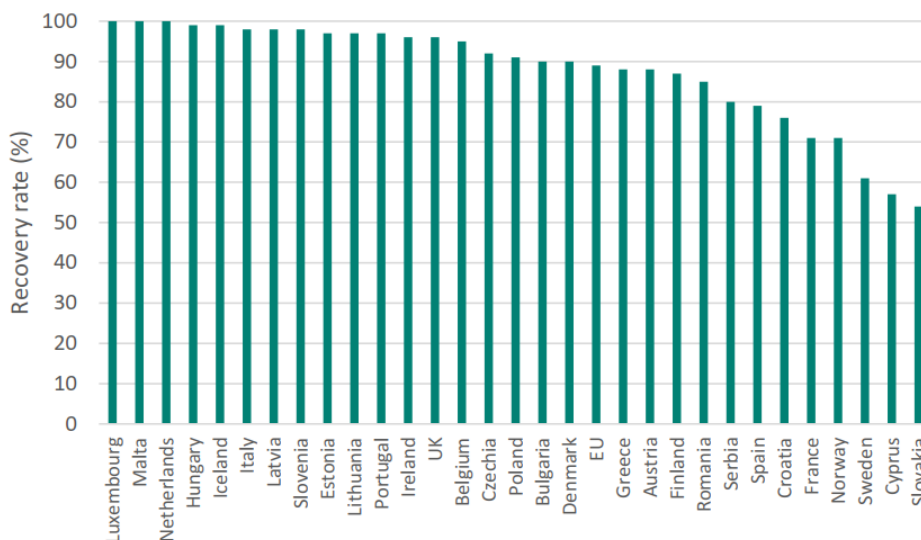


Figura 2. Porcentaje de recuperación países de Europa, 2016 (Eurostat)



Siguiendo con el ejemplo de España, es un país con gran capacidad de producción de árido y además el precio de eliminación en vertedero es medio-bajo; en cambio Países Bajos tiene una tasa de eliminación en vertedero del orden de 6 veces mayor, lo que conlleva una mayor recuperación de los residuos.

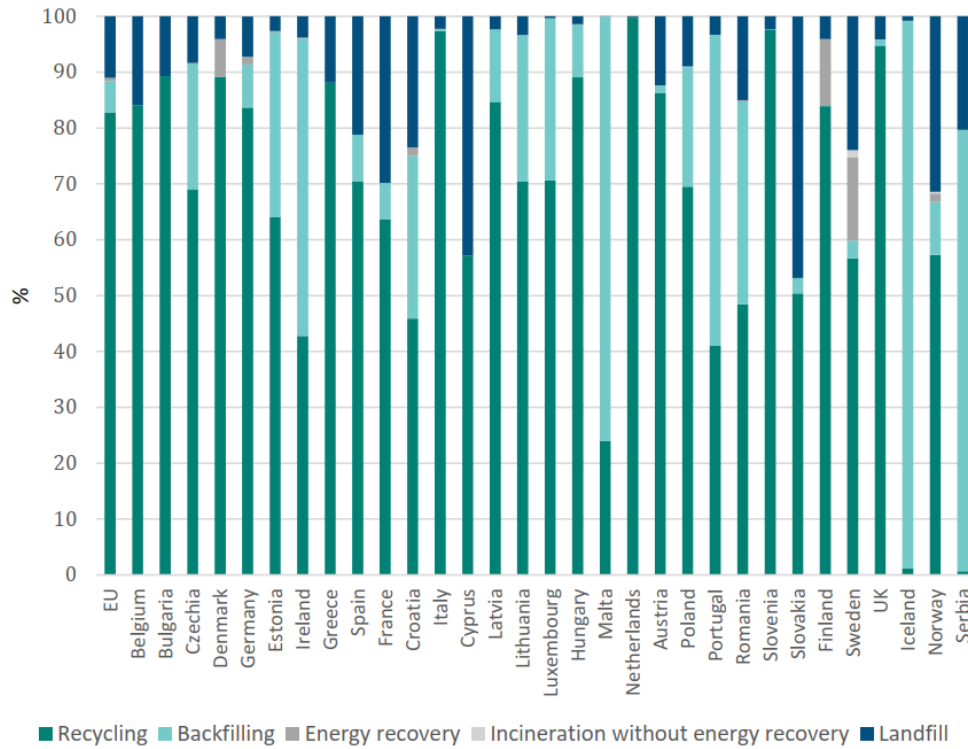


Figura 3. Tratamiento de los residuos minerales de construcción y demolición en 2016 (Eurostat, 2019c).



3. NORMATIVA APLICABLE

Normativa

- Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada (BORM 22/05/2009).
- Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de abril de 2001, sobre criterios mínimos de las inspecciones medioambientales en los Estados miembros (2001/331/CE).
- Orden de 10 de mayo de 2006, por la que se regula el modelo de carné de identificación del personal dependiente de la Dirección General de Medio Ambiente que ejerce funciones de inspección, vigilancia, control y denuncia (BORM 03/06/06).

MINERIA:

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 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.
- Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.
- Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- Orden ITC/101/2006, de 23 de enero, por la que se regula el contenido mínimo y estructura del documento sobre seguridad y salud para la industria extractiva.



Residuos:

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados.
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos.

Atmósfera:

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera (BOE 16//11/2007).
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico (BOE 22/04/1975).
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.

IPPC:

- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.
- Directiva 2010/75/UE, de 24 de noviembre, sobre las Emisiones Industriales. Artículo 23. Inspecciones medioambientales.



4. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD

La actividad será clasificada atendiendo a los diferentes ámbitos de aplicación de la normativa ambiental, así pues:

4.1. CLASIFICACIÓN NACIONAL DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Según el Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE-2009):

- PLANTA DE TRITURACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ÁRIDOS:

División: 08. Otras industrias extractivas

Grupo: 08.1. Extracción de piedra, arena y arcilla

Clase: 08.11. Extracción de piedra ornamental y para la construcción, piedra caliza, yeso, creta y pizarra

- PLANTA DE TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS PROCEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN:

División: 38. RECOGIDA, TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS; VALORIZACIÓN

Grupo: 38.2. Tratamiento y eliminación de residuos

Clase: 38.21. Tratamiento y eliminación de residuos no peligrosos



4.2. CATÁLOGO DE ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINADORAS DE LA ATMÓSFERA

Según el Catálogo de Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera, incluido en el Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación:

Descripción de la instalación

Planta de trituración de áridos

Catalogación de las actividades

Id	Actividad	Código	Grupo	Nº focos
01	Almacenamiento u operaciones de manipulación, mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de materiales pulverulentos en la industria de transformación de la madera, pasta de papel, alimentación, bebidas, industria mineral o resto de actividades diversas no especificadas en otros epígrafes en instalaciones industriales, puertos o centros logísticos, con capacidad de manipulación de estos materiales \geq 1.000 t/día	04 06 17 50	B ⁽²⁾	1
02	Actividades primarias de minería no energética que conlleven la extracción o tratamiento de productos minerales cuando la capacidad es $>$ 200.000 t/año o para cualquier capacidad cuando la instalación se encuentre a menos de 500 m de un núcleo de población.	04 06 16 01	B	-



Descripción de la instalación

Planta de tratamiento de residuos procedentes de la construcción y demolición

Catalogación de las actividades

Id	Actividad	Código	Grupo	Nº focos
01	Almacenamiento u operaciones de manipulación tales como mezclado, separación, clasificación, transporte o reducción de tamaño de residuos no metálicos o de residuos metálicos pulverulentos, con capacidad de manipulación de estos materiales ≥ 500 t/día, o ≥ 10 t/día en el caso de residuos peligrosos	09 10 09 50	B	1



5. MAQUINARIA DE LA INSTALACIÓN

5.1. LISTADO DE MAQUINARIA

La maquinaria necesaria para llevar a cabo la producción de áridos es:

1. Alimentador vibrante (AL) de 3800x800, accionamiento por doble mecanismo, montado en bancada de HEB de 140 soportado por 8 muelles amortiguadores. Sistema de vibración por 2 ejes contrapesados, accionados por un motor de 15 c.v. y unidos por una caja de mecanismos. Bandeja fabricada en chapa de 15 mm. Arriestrada en HEB de 140 y 160 mm con un metro de rejilla de limpieza con barrones graduables. Peso aprox. 5,5 toneladas.
2. Machacadora (MA) de 800x600.
3. Estructura fabricada en HEB de 2000 m/m de 6600 de larga x2000 de ancha con alimentador, tolva y machacadora. Acoplados, tolvines de caída de alimentador a machacadora, tolvines de salida, protecciones, volantes de machacadora. Motor de 60 C. V., correaras y polea de motor. Material nuevo.
4. Cinta (C1) de 8 metros x 800 de triaje. Usado y revisado.
5. Overbang (O) para sacar férricos, usado. Con estructura de apoyo
6. Cinta (C₂) de subida a molino de 12 x 650. Usada y revisada.
7. Molino (MO) APK40, usado y revisado. Con estructura, pasarelas de mantenimiento y escaleras.
8. Cinta (C₃) de 20 m. x 650 mm. salida de molino a criba CR₂. Material nuevo
9. Cinta (C₄) de salida de alimentador vibrante a criba de 10 m x 600, usada y revisada.
10. Criba (CR₁) de 2500 x 1000 de 2 telas
11. Estructura fabricada a 2,5 metros de altura con pasarelas de mantenimiento, tolvín de recogida de arena y canales de salida. Material nuevo.
12. Cinta (C₅) de salida de material de 0 / 25. 12 x 500
13. Cinta (C₆) de salida de material 25 / 50. 12 x 500
14. Montaje del conjunto, con materiales para montaje, como postes de cintas y material diverso.
15. Montaje del conjunto, con materiales para montaje, como postes de cintas y material diverso.
16. Cuadro eléctrico y cableado.
17. Criba (CR₂) de 4.000 x 1.500, 4 mallas con estructura y pasillos de mantenimiento
18. Cinta (C₇) de salida de material de 0 / 4. 12 x 500
19. Cinta (C₈) de salida de material 4 / 6. 12 x 500
20. Cinta (C₉) de salida de material 6 / 12. 12 x 500
21. Cinta (C₁₀) de salida de material 12 / 25. 12 x 500
22. Cinta (C₁₁) de salida de material 25 / 40. 12 x 500

5.1.1. ALIMENTADOR VIBRANTE

Es el lugar de entrada del material a la planta de tratamiento.

El alimentador vibratorio de tipo Grizzly está formado por una bandeja en el extremo de la alimentación, donde descargan los camiones, palas cargadoras, etc., y por unas varillas con aberturas en el lugar de la descarga. Estas aberturas permiten el paso del material de granulometría no deseable para la siguiente máquina, en nuestro caso la machacadora de mandíbulas.

Este tipo de alimentador está accionado por dos moto-vibradores eléctricos que generan una vibración lineal. Este movimiento en el sentido de la descarga hace que el material avance y que pase a través de los barros si el tamaño se lo permite.

Esta máquina se caracteriza por su gran robustez (sobre todo en la bandeja de alimentación) además de su fácil desmontaje y mantenimiento.

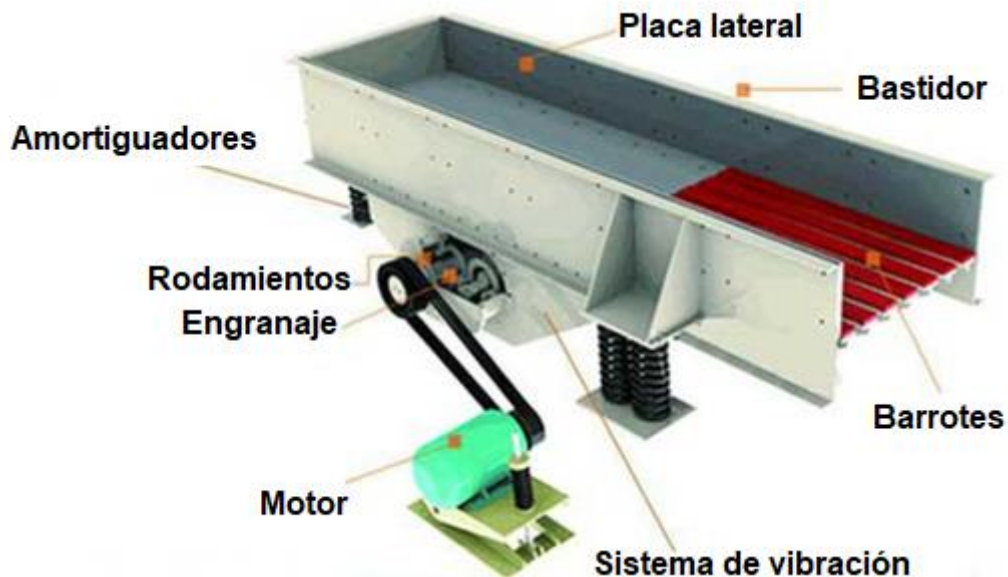


Figura 4. Esquema de alimentador Grizzly vibrante (AGICO).



5.1.2. MACHACADORA

Estas máquinas están diseñadas para procesos de trituración primaria en procesos de canteras, minería y reciclaje. Como su nombre indica están formadas por dos mandíbulas en disposición de “V” formando entre ellas la cámara de machaqueo. Consta de dos caras abiertas, una superior por donde entra el material y otra inferior por donde sale el material triturado. Una de las mandíbulas es fija mientras que la otra oscila por medio de una biela excéntrica.

La rotura del material es principalmente por compresión en la parte superior de la mandíbula y en menor medida por fricción en la parte inferior de la mandíbula. Durante el avance de la mandíbula el material sufre la trituración y en el retroceso el material desciende hasta la parte más estrecha hasta alcanzar el tamaño de salida.

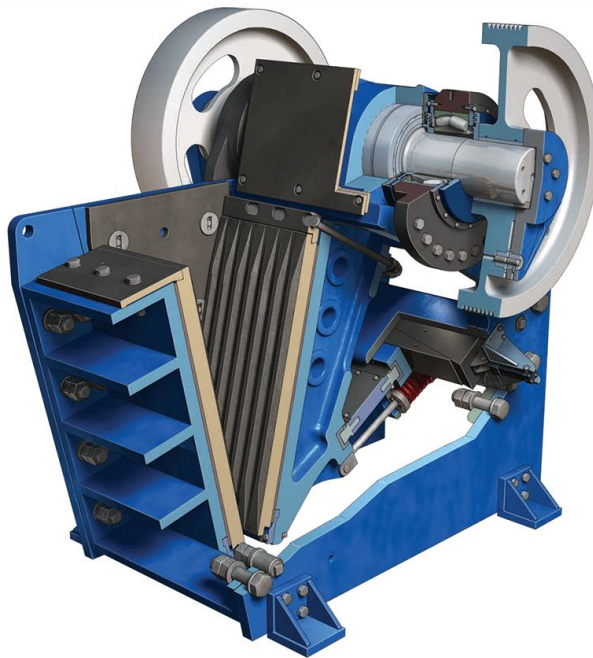


Figura 5. Sección de una machacadora de mandíbulas (Yeco Machinery Co., Ltd.).



Este tipo de máquinas se caracteriza por su robustez, su fácil mantenimiento y cambios de repuestos. Bastidor en acero electrosoldado, montado sobre cuatro rodamientos a doble hilera de rodillos, volantes contrapesados, mandíbula en acero al manganeso 14/16%, sistema de apertura y cierra hidráulico. Engrases centralizados.



Figura 6. Machacadora de mandíbulas (cortesía de Maquinaria Guerrero).

5.1.3. CINTA DE TRIAJE (C1)

Una cinta transportadora es un sistema de transporte de materiales normalmente granulares y continuo, que está formado por una banda accionada entre dos tambores.

La banda se mueve por el efecto de la fricción sobre sus tambores, y estos últimos giran por accionados por un motor. Para que haya fricción, la banda deberá estar en tensión. El mecanismo tensor será habitualmente por husillo o tornillo tensor.

El segundo tambor no está accionado con motor, tan solo sirve como retorno de la banda.

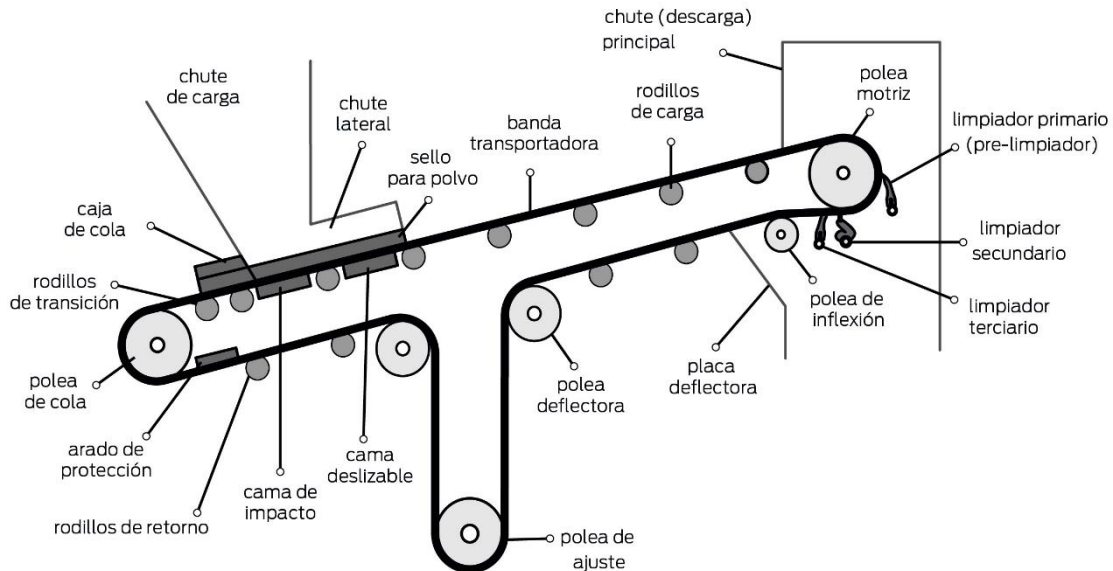


Figura 7. Esquema de una cinta transportadora (SPINOZZI, 2020).

Sobre la banda viaja el material que al llegar al extremo donde se encuentra el tambor, gira y da la vuelta dirigiéndose hasta el otro tambor. Es en el momento del giro cuando el material que viaja sobre la banda es vertido fuera de ella por acción de la gravedad y de la inercia.

La cinta de triaje, también llamada zona de triaje, es necesaria cuando se trabaja con residuos de la construcción y demolición. Está formada por una cinta transportadora y unos contenedores a ambos lados. La cinta transportadora es un poco distinta a las otras que se encuentran en la instalación pues es más ancha y su velocidad es reducida.

Durante su funcionamiento, varios operarios se colocan a un lado y al otro de la cinta transportadora con la función de extraer los materiales no deseables de la corriente de residuos. Cada material es depositado en su correspondiente contenedor para su posterior gestión o venta.



Figura 8. Cinta de triaje con RCDs (RETEMA, 2015).

5.1.4. OVERBAND (O)

El funcionamiento del overband está basado en el principio físico del electromagnetismo. El magnetismo se obtiene al rodear un núcleo de hierro con un material conductor de la electricidad. Cuando se hace pasar una corriente eléctrica por la bobina del conductor se crea un campo magnético temporal que atrae los materiales férricos de sus inmediaciones.

El equipo está formado en su parte central por el electroimán y alrededor una banda que desplaza los materiales atraídos y los deposita en una superficie. El overband está situado transversalmente al final de la cinta de triaje. Estos equipos son indispensables en las plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición puesto que eliminan el hierro de la corriente del material deseable, producen chatarra de hierro limpia para su posterior venta y protegen los equipos de la instalación, sobre todo los molinos, del desgaste y la rotura.



Además de las plantas RCD, también pueden usarse para una mayor seguridad de los equipos en la trituración de áridos naturales, pues objetos como tuercas, varillas de perforación, dientes de maquinaria, etc. pueden ser muy dañinos para los equipos.

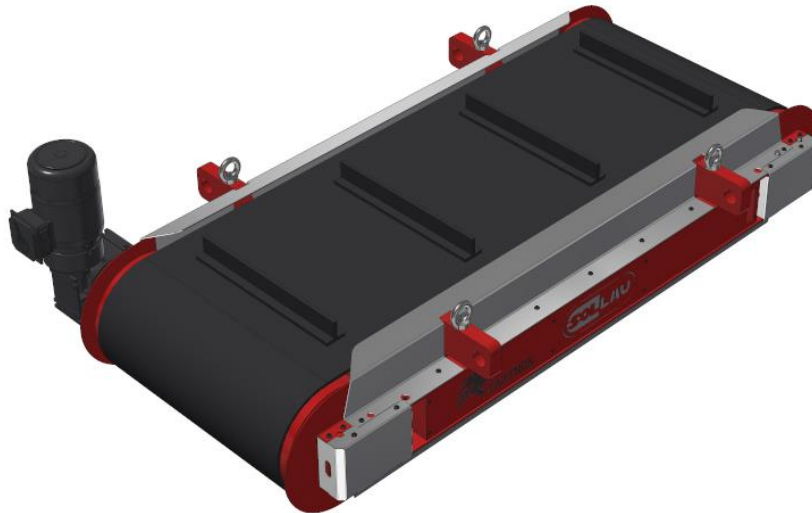


Figura 9. Separador de metales, Overband (SOLLAU).

5.1.5. CINTA TRANSPORTADORA (C2)

Cinta trasportadora de 12 m. x 650 mm. que transporta el material desde la zona de triaje al molino.

5.1.6. MOLINO IMPACTOR (MO)

El molino impactor o trituradora de impacto es un equipo que aprovecha la energía de un impacto o golpe para romper el material. Estos equipos se componen de rotores que disponen de lanzadores fijos o móviles que giran a grandes velocidades alrededor de un eje horizontal (también existen de eje vertical) en el interior de una cámara blindada. Dentro de la cámara de trituración se encuentran también las placas de impactos, donde golpea el material. El material entra por la parte superior del equipo. Este desciende por gravedad hasta la cámara de trituración donde se produce la fragmentación, o bien en los puntos de golpeo de las barras (fragmentación directa), o bien contra las placas de impacto (fragmentación indirecta), impulsado el material por las barras.

En estos equipos la medida del reglaje es la distancia mínima entre las placas de impacto y el extremo de las barras de impacto. Estas distancias se pueden regular hidráulicamente.

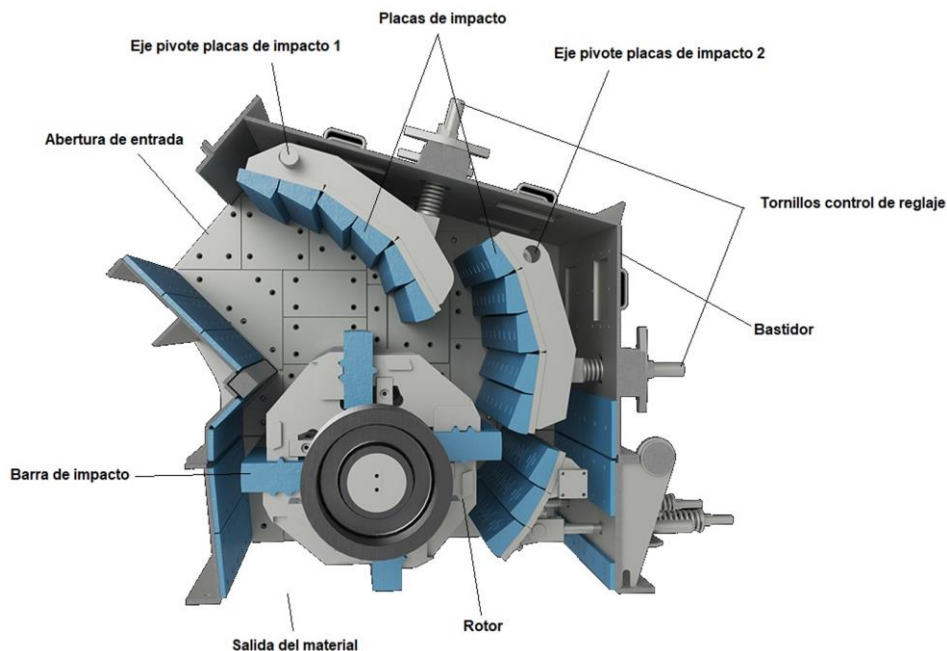


Figura 10. Esquema de un molino impactor (TEMPUS).

El bastidor del equipo estará fabricado por chapas de gran espesor. Las barras percutoras se fabrican de acero al manganeso normalmente cuando el material



es poco abrasivo y se le añade un poco de cromo cuando es más abrasivo. Las placas de impacto, al igual que las barras también son de acero al manganeso. Las placas y barras de impacto suelen fabricarse de forma simétrica, así cuando se desgastan por un lado se pueden invertir.



Figura 11. Molino impactor (HAZEMAG).



5.1.7. CINTA TRANSPORTADORA (C3)

Cinta trasportadora de 20 m. x 650 mm. que transporta el material triturado desde el molino hacia la criba (CR2).

5.1.8. CINTA TRANSPORTADORA (C4)

Cinta trasportadora de 10 m. x 600 mm. que transporta el material desde el alimentador hasta la criba (CR1).



5.1.9. CRIBA VIBRANTE (CR1)

La criba vibrante es una máquina que realiza la clasificación mecánica ayudada por la vibración del aparato. La vibración del equipo se basa en un movimiento circular que se genera por medio de un eje con pesas excéntricas regulables.

Este tipo de cribas poseen una determinada inclinación también regulable favoreciendo así el avance del material con la fuerza de la gravedad. Esto más los movimientos vibratorios de la máquina hacen que los orificios de la criba se mantengan libres de elementos con tamaños críticos que si no pueden incrustarse en un determinado tamiz, transporta los elementos a través de la superficie de la criba donde quedan clasificados.

La clasificación da como resultado una serie de cortes granulométricos, que dependen del número de tamices que contiene la criba. Los distintos tamices que contienen la criba se colocan formando pisos en donde los de tamaño de perforación mayor más arriba y sucesivamente en pisos inferiores los de tamaño de perforación menor. Así, cada partícula queda atrapada entre las mallas con mayor y menor tamaño de perforación que el tamaño de esta.

En cuanto a las partes de la criba destacamos la caja fabricada en chapa electrosoldada, el chasis de gran robustez, el sistema de accionamiento de contrapesas y eje céntrico y las superficies de cribado a elegir según su uso.

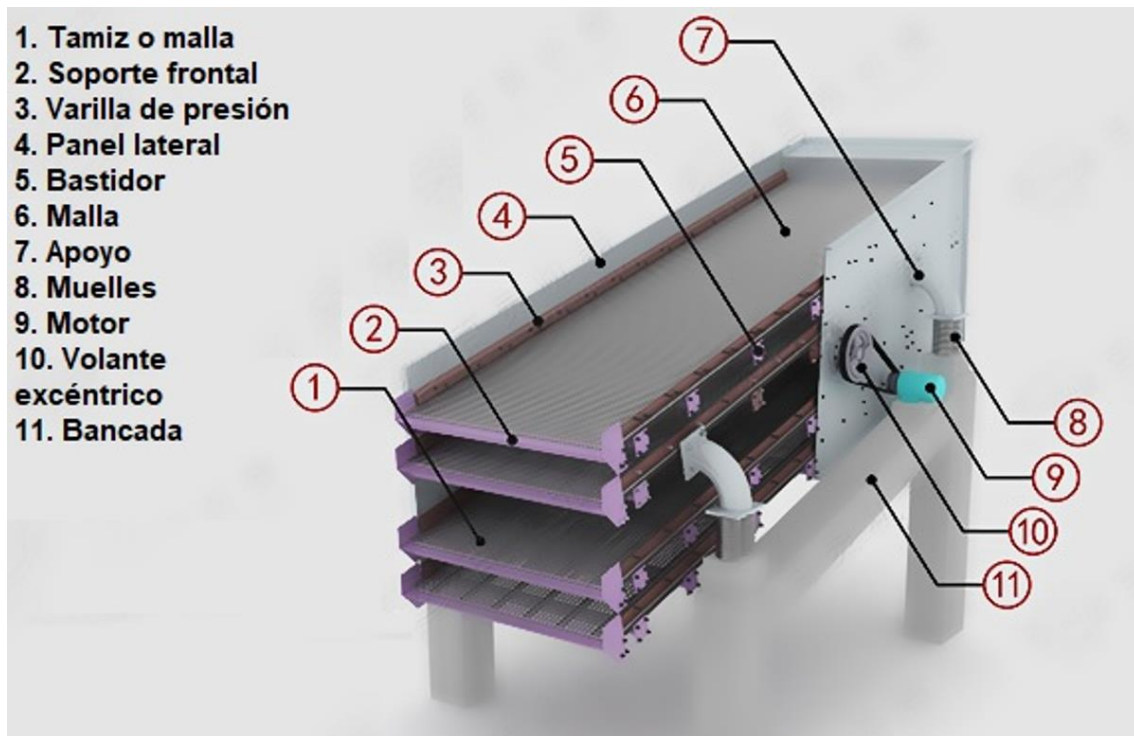


Figura 12. Esquema de una criba vibrante (Kunming Heavy Mining Machinery Co., Ltd.).

5.1.10. CINTA TRANSPORTADORA (C5)

Cinta trasportadora de 12 m. x 500 mm. que transporta el material desde la criba (CR1) a acopio 0 / 25 mm.

5.1.11. CINTA TRANSPORTADORA (C6)

Cinta trasportadora de 12 m. x 500 mm. que transporta el material desde la criba (CR1) a acopio 25 / 50 mm.

5.1.12. CINTA TRANSPORTADORA (C7)

Cinta trasportadora de 12 m. x 500 mm. que transporta el material desde la criba (CR2) a acopio 0 / 4 mm.



5.1.13. CINTA TRANSPORTADORA (C8)

Cinta trasportadora de 12 m. x 500 mm. que transporta el material desde la criba (CR2) a acopio 4 / 6 mm.

5.1.14. CINTA TRANSPORTADORA (C9)

Cinta trasportadora de 12 m. x 500 mm. que transporta el material desde la criba (CR2) a acopio 6 / 12 mm.

5.1.15. CINTA TRANSPORTADORA (C10)

Cinta trasportadora de 12 m. x 500 mm. que transporta el material desde la criba (CR2) a acopio 12 / 25 mm.

5.1.16. CINTA TRANSPORTADORA (C11)

Cinta trasportadora de 12 m. x 500 mm. que transporta el material desde la criba (CR2) a acopio 25 / 40 mm.



5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA

5.2.1. ALIMENTADOR VIBRANTE (AL)

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS										
MODELO	PRODUCCIÓN	POTENCIA	PESO	TAMAÑO	DIMENSIONES GENERALES (mm)					
	T.H.	C.V.	Tn	ALIMENTACIÓN (mm)	A	B	C	D	E	F
AV - 3800x800	200	15	5,5	0 -700	3800	800	1410	1110	1620	1000

Tabla 3. Características del alimentador vibrante (Cortesía de Maquinaria Guerrero).

5.2.2. MACHACADORA (MA)

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS											
MODEL O	PRODUCCI ÓN	POTENC IA	PES O	ABERTURA DE BOCA (mm)		DIMENSIONES GENERALES (mm)					
	T.H.	C.V.	Tn	MÍN	MÁX	A	B	C	D	E	F
M - 800x600	60 – 60	60	17	80	150	850	550	1590	2120	1270	1260

Tabla 4. Características de la machacadora (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.3. CINTA DE TRIAJE (C1)

DATOS	
Longitud (mm)	8000
Ancho de banda (mm)	800
Capacidad (t/h)	80
Velocidad (m/seg)	1
Inclinación (°)	0
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	0-80
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	5,5
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	320
Tambor inflexión.	320
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	NO
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	90
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	90
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	4 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	Al largo de la cinta
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	Ambos lados
Cubierta superior abatible.	NO
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 5. Características de la cinta de triaje (C1) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.4. OVERBAND

CARACTERÍSTICAS	
ELECTROIMÁN	<ul style="list-style-type: none"> - Núcleo en hierro dulce. Alta permeabilidad. - Placa electromagnética. - Bobinas de hilo aisladas con cinta de vidrio clase "H". - Aislamiento hacia la masa con hojas de vidiroresina. - Fondo cerrado con chapa de acero inoxidable. - Expansiones polares paralelas al bloque magnético (longitud al overband).
ESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> - Protección inferior en acero inox para impedir que entren partículas entre la banda y la placa magnética. - Protección superior en acero inox. Brillo A-304. - Estructura del overband en capa de hierro conformada (8mm de espesor) que no influye en el campo magnético. - 4 rodillos vela laterales. Centradore de banda. - 4 orejetas de levantamiento. 4 orejetas para grúa independientes. - Soportes rodillos primarios Koyo Tipo UCF210. - Soportes rodillo libre Koyo Tipo UCT210. - Tambor conductor y conducido de 320 mm Ø fijado al eje por tollok TLK-200.
MOTORES	<ul style="list-style-type: none"> - Reductor de corona sinfín (estándar). - Motorreductor para giro de la banda. (Motor brida). - Opcional otros motorreductores de ejes paralelos.
BANDA TRANSPORTADORA	<ul style="list-style-type: none"> - De caucho lisa marca "Refort-Belt", o similar, con taco recto. - Calidad antigrasa. - Velocidad > 90m/min. - Antiestática. - Resistencia al desgaste grado N.

Tabla 6. Características del overband (Cortesía de Grupo FEM).

Modelo	POTENCIAS		DIMENSIONES ELECTROIMAN			400 Gauss/mm	
	Electroimán a 20°C	Motor de arrastre	Largo	Ancho	Alto	20°C	100°C
OFEM8.1	3 KW	3Kw	800	700	480	350	260

Tabla 7. Potencia y dimensiones del overband (Cortesía de Grupo FEM).



5.2.5. CINTA TRANSPORTADORA ENTRADA MOLINO (C2)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	650
Capacidad (t/h)	80
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	0 / 80
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	7,5
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	320
Tambor inflexión.	320
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	90
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	90
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	90
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	4 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	SI
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 8. Características cinta transportadora entrada molino (C2) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.6. MOLINO IMPACTOR (MO)

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS						
MODELO	PRODUCCIÓN	POTENCIA	TAMAÑO ENTRADA	MÁX. TAMAÑO ALIMENTACIÓN	TAMAÑO ROTOR	PESO
	T.H.	C.V.	MxW (mm)	Mm	DxW (mm)	Kg
APK-40	80	100	350x1020	150	1000x1000	7500

Tabla 9. Características del molino impactor (Cortesía de Maquinaria Guerrero).

5.2.7. CRIBA VIBRANTE (CR1)

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS								
MODELO	PRODUCCIÓN	POTENCIA	PESO	NÚMERO DE BANDEJAS DE CLASIFICACIÓN	DIMENSIONES GENERALES (mm)			
					A	B	C	D
CV - 2500x1000	40 – 80	4	1,5	2, 3	2500	1000	1450	1800

Tabla 10. Características de la criba vibrante (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.8. CINTA SALIDA MOLINO HACIA CRIBA C2 (C3)

DATOS	
Longitud (mm)	20000
Ancho de banda (mm)	650
Capacidad (t/h)	80
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	0 / 40
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 11. Características de la cinta salida molino hacia criba C2 (C3) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.9. CINTA SALIDA A ESTERIL (C4)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	500
Capacidad (t/h)	60
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	0 / 50
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 12. Características cinta salida a estéril (C4) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.10. CINTA SALIDA A ACOPIO 0 / 25 MM (C5)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	500
Capacidad (t/h)	60
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	0 / 25
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 13. Características cinta salida a acopio 0 / 25 mm (C5) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.11. CINTA SALIDA A ACOPIO 25 / 50 MM (C6)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	500
Capacidad (t/h)	60
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	25 / 50
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 14. Características cinta salida a acopio 25 / 50 mm (C6) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.12. CINTA SALIDA A ACOPIO 0 / 4 MM (C7)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	500
Capacidad (t/h)	60
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	0 / 4
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 15. Características cinta salida a acopio 0 / 4 mm (C7) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.13. CRIBA VIBRANTE (CR2)

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS								
MODELO	PRODUCCIÓN	POTENCIA	PESO	NÚMERO DE BANDEJAS DE CLASIFICACIÓN	DIMENSIONES GENERALES (mm)			
	T.H.	C.V.	Tn		A	B	C	D
CV - 4000x1500	110-150	15	4	2-3-4	4000	1500	2150	3350

Tabla 16. Características de la criba vibrante (CR2) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.14. CINTA SALIDA A ACOPIO 4 / 6 MM (C8)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	500
Capacidad (t/h)	60
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	4 / 6
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 17. Características cinta salida a acopio 4 / 6 mm (C8) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.15. CINTA SALIDA A ACOPIO 6 / 12 MM (C9)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	500
Capacidad (t/h)	60
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	6 / 12
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 18. Características cinta salida a acopio 6 / 12 mm (C9) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.16. CINTA SALIDA A ACOPIO 12 / 25 MM (C10)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	500
Capacidad (t/h)	60
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	12 / 25
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 19. Características cinta salida a acopio 12 / 25 mm (C10) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.2.17. CINTA SALIDA A ACOPIO 25 / 40 MM (C11)

DATOS	
Longitud (mm)	12000
Ancho de banda (mm)	500
Capacidad (t/h)	60
Velocidad (m/seg)	1,6
Inclinación (°)	18
Producto a transportar	RCD y mármol
Densidad (t/m ³)	1 – 1,8
Granulometría (mm)	25 / 40
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Reductor c/antirretorno.	SI
Motor eléctrico (cv).	3
Polea hidráulica.	NO
Tambor motriz Ø (mm).	220
Tambor inflexión.	220
Tambor reenvío Ø (mm).	NO
Sistema tensor.	Husillo
Estación rodillos sup. amortig. Ø (mm).	60
Estación rodillos sup. lisos Ø (mm).	60
Estación rodillos inf. lisos Ø (mm).	60
Estaciones autocentrantes.	NO
Banda.	3 lanas
Tolva encauzadora c/protecciones laterales.	SI
Guías encauzadoras.	SI
Tolvín de caída.	SI
Rascador forma de V.	SI
Rascador cabeza elástico.	SI
Soportes de apoyo.	SI
Paralelas de servicio doble c/escaleras de acceso.	A un lado
Cubierta superior abatible.	SI
Protecciones tambor reenvío.	SI
Interruptor de tirón.	SI
Controlador de velocidad.	SI
Controlador desvío banda.	SI

Tabla 20. Características cinta salida a acopio 25 / 40 mm (C11) (Cortesía de Maquinaria Guerrero).



5.3. POTENCIA DE INSTALACIÓN

EQUIPO	POTENCIA	
	CV	kW
Alimentador vibrante	15	11,19
Machacadora	60	44,74
Cinta de triaje	5,5	4,1
Overband	3	2,24
Cinta de salida a molino	7,5	5,59
Molino impactor APK-40	100	74,57
Cinta salida de molino (0 / 40)	15	11,19
Criba de 4.000 x 1.500 – 4 Telas	15	11,19
Cinta de salida (0 / 4)	3	2,24
Cinta de salida (Rechazo > 25)	3	2,24
Cinta de salida (4 / 6)	3	2,24
Cinta de salida (6 / 12)	3	2,24
Cinta de salida (12 / 25)	3	2,24
Criba de 2.500 x 1.000 – 2 Telas (estéril)	5,5	4,1
Cinta de salida de criba (0 / 25)	3	2,24
Cinta de salida de criba (25 / 50)	3	2,24
Cinta de salida del alimentador vibrante	4	2,98
TOTAL	251,5	187,54



6. PROCESO DE FABRICACIÓN.

6.1. PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE MÁRMOL

El tratamiento de residuos de mármol es más sencillo que el tratamiento de residuos de la construcción y demolición. Esto es así porque el material natural está limpio de residuos.

El mineral a tratar provendrá en este caso de las escombreras, que estarán formadas por mineral de mármol que no ha sido aprovechable en forma de bloques.

El proceso de tratamiento será exactamente igual que el de los RCDs, únicamente con dos variaciones: una es el no requerimiento del personal en la cinta de triaje, por ser un producto natural, limpio y no llevar residuos indeseables, y otra es el overband, que pasa a ser prescindible, al igual que el triaje, por no tener elementos metálicos. Sin embargo, este último conviene usarlo, también el proceso de tratamiento de residuos de mármol para asegurarse y evitar que entre algún tipo de intriturable al molino, como podrían ser dientes de cazos de la maquinaria, barras, perforadoras, etc.

6.2. PROCESO DE TRATAMIENTO DE RCD

El tratamiento de los residuos de construcción y demolición no comienza en planta sino en el lugar de su producción, ya sea nueva construcción, remodelación, demolición, etc.

In situ, para una mejor calidad de los productos finales se ha de optar por procesos selectivos siempre que sea posible, es decir, mantener los distintos materiales (hormigón, cerámicos, etc.) lo más separado posible. Un ejemplo de ello es la demolición selectiva, en la que en primer lugar se retiran los residuos peligrosos (amianto, refrigerantes de aire acondicionado, etc.), después las



instalaciones eléctricas y fontanería, posteriormente la carpintería, luego la tabiquería y cierres, seguidamente la demolición de la estructura (pilares, forjados, etc.) y por último la demolición de los cimientos. Pero esto no siempre es viable ya que supone un incremento del coste de la demolición.

Primeramente, tendrá lugar la recepción de los RCD. Estos serán sometidos a un pesaje en una báscula y seguidamente, antes de descargar y todavía en el vehículo se realizará un control visual del material, momento en el que se estimará el coste de gestión. El coste será mayor cuanto más mezclado estén los residuos.

Seguidamente se pasará a la playa de descarga, donde como bien su nombre indica, los vehículos descargarán el material. En la playa de descarga se depositarán temporalmente tanto residuos mezclados y sucios como escombros limpios. Conviene no mezclarlos, puesto que entonces aumentaría el coste de tratamiento.

Una vez descargado el material, se procederá a la limpieza de los RCD, separando los residuos peligrosos que pudiera haber, los residuos más voluminosos y la fracción valorizable (metales, madera, etc.) del resto de escombros. Estos procesos de limpieza y separación de los residuos podrán llevarse a cabo manualmente y por medio de maquinaria equipada con equipos selectivos como pinzas, electroimanes, pulpos, etc. Es importante en este paso separar los metales más robustos, ya que no es recomendable que entren en la machacadora.

El siguiente paso será introducir los RCD en el alimentador, lo que significará la entrada de los residuos a la instalación de tratamiento. La función del alimentador es dividir la corriente principal en dos corrientes secundarias: una corriente "A" que pasará a través de las barras del alimentador, con unas granulometrías inferiores a 50 mm, y una corriente "B", con unas granulometrías mayores a 50 mm, tamaño mayor que la distancia entre barras.



La corriente A, menor a 50 mm, será recogida por una cinta transportadora en la parte inferior del alimentador. La cinta llevará el material hasta una criba vibrante donde se clasificará el material en dos granulometrías: una más fina con tamaños 0-25 mm donde habrá gran cantidad de tierras con materia orgánica, y otra más gruesa con tamaños 25-50 mm. Estas dos corrientes finales derivarán en dos acopios distintos; serán productos finales.

La corriente B, con granulometrías mayores a 50 mm entrará en la machacadora de mandíbulas. De la machacadora el material saldrá con una granulometría menor a 80 mm, es decir, un 0-80 mm.

Este material que sale de la machacadora pasará a la cinta de triaje. A los lados de esta cinta trabajarán varios operarios eliminando de la corriente elementos indeseables como madera, plástico, papel, cartón, etc., y serán depositados en sus correspondientes contenedores situados alrededor, para su posterior gestión o venta.

Al final de la cinta de triaje se encontrará el overband, que atrapará las fracciones ferromagnéticas existentes en la corriente y las depositará en un acopio o contenedor para su posterior gestión o venta.

Al pasar la cinta de triaje y el overband, el material pasará a otra cinta que alimentará el triturador de impacto. La granulometría que alimentará el molino será 0-80 mm. Tras su paso por la trituradora de impacto, el material saldrá con un tamaño 0-40 mm. Es importante que el overband elimine cualquier material ferroso ya que estos dañarían el equipo de trituración, puesto que es mucho más frágil que la machacadora de mandíbulas.



La trituradora de impactos descargará el material sobre una cinta transportadora que alimentará una segunda criba vibrante, esta mayor en tamaño que la primera criba vibrante nombrada anterior, y con 4 tamices. En orden descendente tendremos tamices con diferentes tamaños de abertura: 25 mm, 12 mm, 6 mm y 4 mm. Por lo tanto, los productos finales que se obtendrán de esta clasificación son los siguientes: 25-40 mm, 12-25 mm, 6-12 mm, 4-6 mm y 0-4 mm.

Estas granulometrías saldrán de la criba, cada una con su correspondiente cinta transportadora, y serán depositadas en sus correspondientes acopios.



7. PRODUCTOS OBTENIDOS.

7.1. PRODUCTOS HA OBTENER EN LA PLANTA DE TRITURACIÓN A PARTIR DE MATERIAL ORNAMENTAL

Se pueden obtener los siguientes productos:

- Arena 0 / 4 mm.
- Arena 4 / 6 mm.
- Grava 6 / 12 mm.
- Grava 12 / 25 mm.
- Grava 25 / 40 mm.
- Zahorra 0 / 25 mm.
- Rechazo 25 / 50 mm.

7.2. PRODUCTOS HA OBTENER EN LA PLANTA DE RCDs A PARTIR DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Se pueden obtener los siguientes productos:

- Arena 0 / 4 mm.
- Arena 4 / 6 mm.
- Grava 6 / 12 mm.
- Grava 12 / 25 mm.
- Grava 25 / 40 mm.
- Zahorra 0 / 25 mm.
- Rechazo 25 / 50 mm.



8. USOS AL QUE SE DESTINARÁ

8.1. USOS A LOS QUE SE DESTINARÁN LOS PRODUCTOS OBTENIDOS EN LA PLANTA DE TRITURACIÓN A PARTIR DE MATERIAL ORNAMENTAL

Arena 0-4 mm: arenas, hormigones, mezclas asfálticas.

Arena 4-6 mm: para colocación de adoquines en calles.

Grava 6-12 mm: gravas por excelencia del hormigón, fabricación del asfalto.

Arenas 12-25 mm: gravas por excelencia del hormigón, también para fabricación del asfalto.

Grava 25-40 mm: gravas casi exclusivo para la fabricación del asfalto, relleno de bases (cimentación, rellenos).

Rechazo 0-25 mm: zavorras subbase para relleno de caminos, relleno de zanjas, etc.

Rechazo 25-50 mm: drenajes.

8.2. USOS A LOS QUE SE DESTINARÁN LOS PRODUCTOS OBTENIDOS EN LA PLANTA DE TRITURACIÓN A PARTIR DE MATERIAL DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Aplicaciones del árido fino: zanjas en obras de canalización, cama de tuberías, relleno y nivelación, recuperación de espacios degradados, sellado en vertederos.

Aplicaciones del árido medio: pistas de acceso a obras, pistas forestales, caminos, drenajes, encachados.



Aplicaciones de la zahorra mixta: caminos y pistas, bases y subbases, naves, aceras, explanadas.

Aplicaciones de la zahorra de hormigón: caminos y pistas, bases y subbases, naves, aceras, explanadas.

Solo en el caso que el material procedente sea hormigón limpio, se utilizará como árido reciclado para la fabricación de hormigón.

Los requerimientos del árido reciclado varían dependiendo el uso que se le va a dar. Estos requerimientos se encuentran dentro del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y puentes (PG-3), Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de conservación de Carreteras (PG-4) y de la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE).



9. DIAGRAMA DE PROCESO

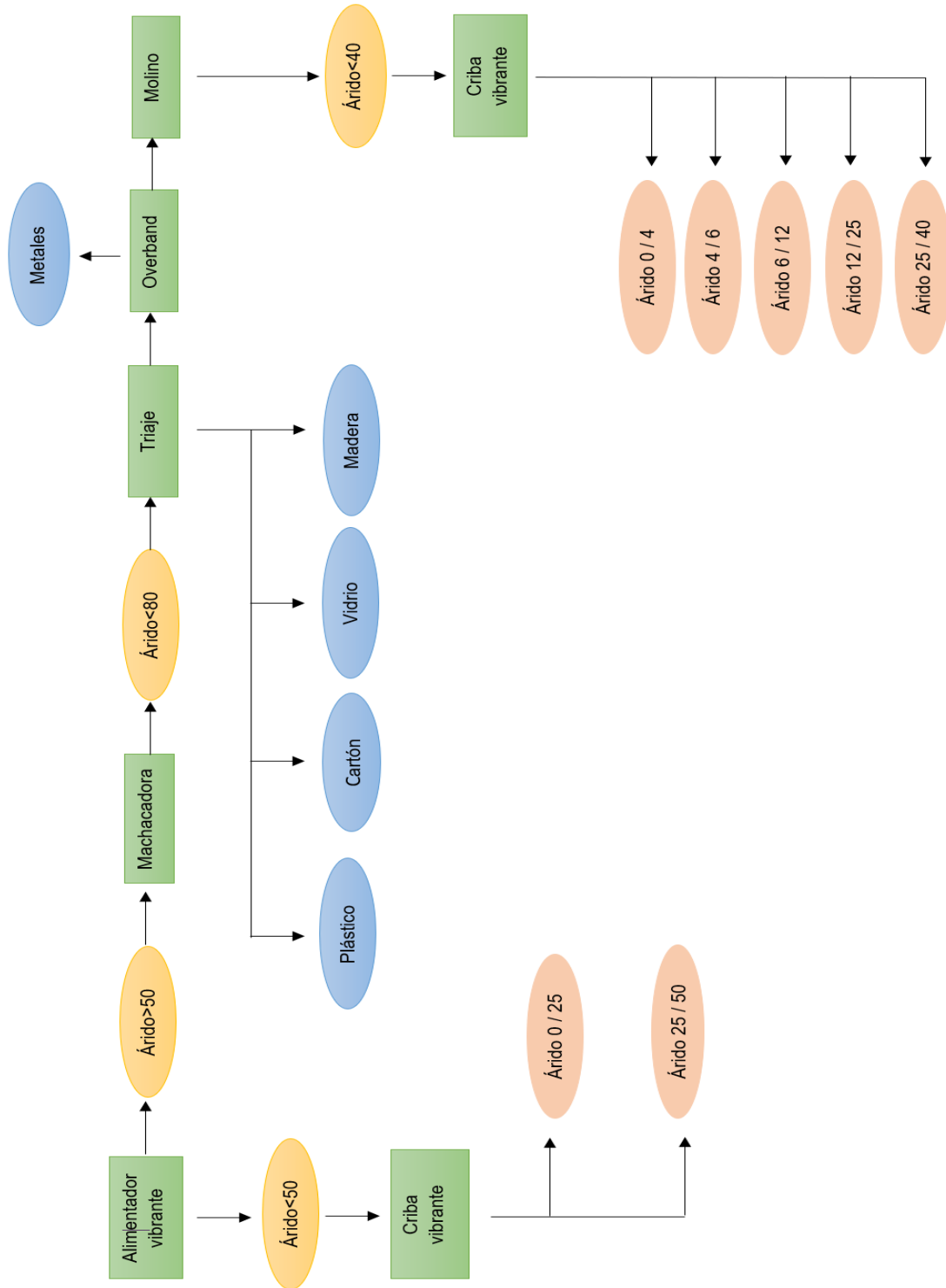


Figura 13. Diagrama de proceso de la instalación (Elaboración propia).



10. VIABILIDAD ESPACIAL

Respecto al espacio que se requerirá para la construcción de la planta, con respecto al dimensionamiento que se ha llevado a cabo se necesitarán en torno a 4.000 m².

Esta superficie englobará solamente la instalación con sus correspondientes acopios, y no la zona de descarga y primera limpieza de los RCDs, ni tampoco las instalaciones del personal ni de la maquinaria móvil, que será un terreno adicional.

El emplazamiento deberá ser situado en lugares que no supongan un impacto sonoro, visual ni medioambiental, conforme indican las distintas normativas.

Desde el punto de vista económico, la planta deberá situarse a una distancia de los núcleos urbanos que sea viable, ya que el transporte de estos materiales supone una gran parte del precio final del producto. Para ello se realizarán estudios de viabilidad económica.



Figura 14. Vertedero ilegal cerca de un núcleo urbano (Laforga, 2019).



11. ESTUDIO ECONÓMICO.

Descripción	Valor (euros)
Alimentador vibrante (AL) de 3800x800 mm, accionamiento por doble mecanismo, montado en bancada de HEB de 140 soportado por 8 muelles amortiguadores. Sistema de vibración por 2 ejes contrapesados, accionados por un motor de 15 c.v. y unidos por una caja de mecanismos. Bandeja fabricada en chapa de 15 mm. Arriestrada en HEB de 140 y 160 mm con un metro de rejilla de limpieza con barrones graduables. Peso aprox. 5,5 toneladas.	20.800,00 €
Machacadora (MA) de 800x600 mm.	85.000,00 €
Estructura fabricada en HEB de 2000 m/m de 6600 de larga x2000 mm de ancha con alimentador, tolva y machacadora. Acoplados, tolvines de caída de alimentador a machacadora, tolvines de salida, protecciones, volantes de machacadora. Motor de 60 C. V., correaras y polea de motor. Material nuevo.	22.600,00 €
Cinta (C1) de 8 metros x 800 mm de triaje. Usado y revisado.	8.500,00 €
Overband (O) para sacar férricos, usado. Con estructura de apoyo	12.500,00 €
Cinta (C2) de subida a molino de 12 m x 650 mm. Usada y revisada.	4.800,00 €
Molino (MO) APK40, usado y revisado. Con estructura, pasarelas de mantenimiento y escaleras.	65.000,00 €
Cinta (C3) de salida de molino a criba de 4000x1500 mm. Material nuevo	4.800,00 €
Cinta (C4) de salida de alimentador vibrante a criba de 10 m x 600 mm, usada y revisada.	4.960,00 €
Criba (CR1) de 2500 x 1000 mm de 2 telas	6.500,00 €
Estructura fabricada a 2,5 metros de altura con pasarelas de mantenimiento, tolvín de recogida de arena y canales de salida. Material nuevo.	3.500,00 €
Cinta (C5) de salida de arena de 0 / 25 mm. 12 m x 500 mm	4.800,00 €



Cinta (C6) de salida de material 25 / 50 mm. 12 m x 500 mm	4.800,00 €
Montaje del conjunto, con materiales para montaje, como postes de cintas y material diverso.	45.000,00 €
Cuadro eléctrico y cableado.	18.000,00 €
Criba (CR2) de 4.000 x 1.500 mm, 4 mallas con estructura y pasillos de mantenimiento	35.000,00 €
Cinta (C7) de salida de arena de 0 / 4 mm. 12 m x 500 mm	4.800,00 €
Cinta (C8) de salida de material 4 / 6 mm. 12 m x 500 mm	4.800,00 €
Cinta (C9) de salida de material 6 / 12 mm. 12 m x 500 mm	4.800,00 €
Cinta (C10) de salida de material 12 / 25 mm. 12 m x 500 mm	4.800,00 €
Cinta (C11) de salida de material 25 / 40 mm. 12 m x 500 mm	4.800,00 €
TOTAL	370.560,00 €



12.MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PRECACUCIÓN, OPERACIONES DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PREVISTAS

12.1. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

12.1.1. RIESGOS PREVISIBLES

Los riesgos profesionales previsibles serán los habituales en obras de estas características, siempre que no se presenten circunstancias anómalas que incrementen los mismos. De modo general mencionamos los siguientes:

- Atropellos por máquinas y vehículos.
- Aprisionamientos y arrollamientos.
- Desprendimientos del terreno.
- Sobreesfuerzo por manejo de materiales,
- Colisiones y vuelcos de vehículos.
- Caída de personal al mismo nivel.
- Caída de personal a distinto nivel.
- Desplomes de grúas.
- Caída de cargas.
- Derrumbamientos.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Atrapamientos por máquinas y herramientas.
- Descargas eléctricas.
- Incendios.
- Inhalación de polvo.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Electrocutión.



12.1.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE RIESGOS LABORALES

De modo general las medidas de prevención de riesgos laborales serán de diversos tipos:

12.1.2.1. Medios de protección personal

Las protecciones personales serán como mínimo las siguientes:

- Casco de seguridad no metálico, clase N, aislante para baja tensión, para todos los operarios, incluidos visitantes.
- Botas de seguridad.
- Guantes de uso general y anticorte, para manejo de materiales y objetos.
- Gafas contraimpactos y antipolvo en todas las operaciones en que pudieran producirse proyecciones de partículas.
- Cinturón de seguridad del tipo apropiado para cada trabajo.
- Mascarilla antipolvo.
- Filtros para mascarilla.
- Protectores auditivos.
- Guantes, mandil, polainas y pantalla de soldador.
- Guantes dieléctricos.

12.1.2.2. Medidos de protección colectiva

En este tipo de protecciones no existe una única alternativa, ya que las soluciones a adoptar pueden ser muy variadas en función de las circunstancias presentes en cada tipo de trabajo y que son válidas con la normativa y los distintos reglamentos vigentes.

Las más representativas, entre otras, son:



12.1.2.2.1. Señalización general

- Señales de obligatorio el uso del casco, cinturón de seguridad, gafas, mascarilla, protectores auditivos, botas y guantes.
- Señales de riesgo eléctrico, caída de objetos, caídas a distinto nivel, maquinaria pesada en movimiento, cargas suspendidas, incendio y explosiones
- Señales de prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, encender fuego, fumar y aparcar.
- Señal informativa de localización de botiquín y extintor.

12.1.2.2.2. Andamios y plataformas de trabajo

Cumplirán con el artículo 20 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Las plataformas de trabajo y andamios, tanto fijos como móviles, estarán contruidos por materiales sólidos y su estructura y resistencia será acorde a las cargas que tengan que soportar.

La anchura mínima de las plataformas de trabajo será de 60 cm. y estarán formadas por módulos metálicos o tablones de madera sana y sin nudos y protegidos con barandilla rígida, listón intermedio y rodapié.

12.1.2.2.3. Barandillas y rodapiés

Cumplirán con lo establecido en el artículo 23 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Se construirán con material rígido y resistente y tendrán una altura de 1,00 m. sobre el suelo, siendo la altura mínima del rodapié de 15 cm.



Se colocarán en todos aquellos lugares en que exista el más mínimo riesgo de caída de altura.

12.1.2.2.4. Escaleras de mano

- Cumplirán lo establecido en la normativa vigente.
- No se utilizarán para alturas mayores de 5,00 m.
- Dispondrán de dispositivos antideslizantes en la base y de elementos de fijación o amarre en cabeza.

12.1.2.2.5. Medios de extinción de incendios

Se dispondrán los medios portátiles de extinción de incendios (extintores), en número adecuado al riesgo y con el agente extintor idóneo para los materiales combustibles presentes.

12.1.2.3. PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS

Las situaciones de riesgo para terceros se pueden producir por la presencia en zona de obra, o en sus inmediaciones, de personal ajeno a la misma. También podrían derivar situaciones de riesgo por la proximidad de otras e instalaciones de la cantera a los silos en construcción, y por lo tanto al movimiento de cargas con grúa.

Para la prevención de estos riesgos se tomarán las siguientes medidas:

- Delimitación de las áreas de riesgo de caída de materiales mediante valla protectora.
- Señalización de advertencia de los riesgos presentes en cada zona.



- Señalización de prohibición de paso a personal ajeno a la obra y/o no autorizado.
- Señalización de zonas de paso hacia áreas exentas de riesgo derivadas de la ejecución de la obra.
- Instalación de marquesinas de protección si en algún punto fuera aconsejable.
- Limitación de velocidad y paso de vehículos.
- Prohibición de estancia de vehículos "no de obra" en zonas de riesgo.

A la vista de la evolución de la obra y de la eficacia de estas medidas, se reforzarán, anularán o sustituirán por otras que resulten más convenientes.

12.1.2.4. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

Comprenderá las siguientes medidas:

- Reconocimientos médicos periódicos, de acuerdo con la legislación vigente.
- Asistencia a accidentados.
- En la caseta de control existirá un botiquín fijo con material de curas y dotación reglamentaria. Este material será revisado diariamente para la reposición de aquel que haya sido consumido.
- En caso de accidente grave o presuntamente grave, se evacuará con la máxima urgencia al accidentado al Centro Sanitario más próximo.
- En la obra existirá expuesta una relación de los Centros Sanitarios a los que evacuar a los accidentados en caso necesario, en los que, además del nombre del Centro, se indicará la dirección, teléfono y ruta de evacuación más rápida.



12.1.3. CONTROL

El representante del Contratista frente a la Dirección de Obra será el responsable del correcto cumplimiento de las obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales, así como de las observaciones e instrucciones que sobre ello le haga el director de Obra.

Así mismo, velará por la instrucción de los trabajadores presentes en la obra, y por su capacitación profesional y legal para los trabajos para los que sean designados, en particular y de modo especial aquellos que manejen grúas, vehículos u otro tipo de maquinaria.

12.1.4. CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE SEGURIDAD

Los medios de Seguridad, tanto individual como colectiva, se adaptarán a lo previsto en la legislación vigente y en particular a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Reglamento de Seguridad e Higiene, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y Normas Técnicas Reglamentarias en vigor. Así mismo, cuando sea posible, estarán homologados y dentro de su período de vida.

Cuando por cualquier circunstancia el material de seguridad sufra deterioro que menoscabe su eficacia, será sustituido independientemente de su vida útil prevista.

Aquellos elementos en los que legalmente sea exigible, así como aquellos de mayor responsabilidad como eslingas, andamios, escaleras, etc., serán particularmente revisados periódicamente y mantenidos en perfecto estado de uso.

Se velará especialmente porque los accesos a los puestos de trabajo reúnan también las adecuadas condiciones de seguridad.



12.1.5. HIGIENE

Tanto los lugares de trabajo como las áreas de servicio: comedores, vestuarios, aseos, etc., mantendrán unas condiciones adecuadas y dignas en salubridad e higiene, adaptándose a lo previsto en la legislación.

En particular, se mantendrá un adecuado servicio de limpieza y se instruirá al personal en el cumplimiento de las normas.

12.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LA OPERACIÓN DE INSTALACIÓN

12.2.1. RIESGOS Y ACTIVIDADES A CONSIDERAR

12.2.1.1. RIESGOS

En el presente capítulo se relacionan los diferentes riesgos durante la operación de la instalación, dadas sus características y las medidas preventivas adoptadas para evitarlos. Los clasificamos en los siguientes conceptos que pudieran afectar al personal:

- Caídas de operarios.
- Caídas de objetos.
- Contactos con órganos en movimiento.
- Electrocutión.
- Polvo.
- Ruido.
- Tráfico de vehículos.

En los aspectos de higiene, cabe también considerar en este sentido, el polvo y el nivel de ruido. A ello hay que agregar las instalaciones sanitarias y la existencia de un botiquín.



12.2.1.2. ACTIVIDADES Y OPERACIONES A CONSIDERAR

- Descarga de material sobre el alimentador.
- Arranque y paro de la instalación.
- Tráfico de palas, y camiones.
- Operaciones con pala cargadora.
- Operaciones de mantenimiento y limpieza.

Hay que destacar el funcionamiento prácticamente automático de la planta, lo que no exige la presencia de operarios en las diferentes secciones, tan solo en la zona de triaje cuando se trabaje con RCD. El control y mando se realiza desde el pupitre en la caseta del operador de la instalación.

Solo en caso de averías o en operaciones de mantenimiento será necesario el acceso de personal a los componentes y equipos de la instalación que lo requieran.

12.2.2. MEDIDAS DE SEGURIDAD

En cumplimiento de la ORDEN de 9 de marzo por la que se aprueba la Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el trabajo (B.O.E. de 16 y 17 de marzo de 1.971) y de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, se cumplirá las normas que a continuación se detallan.

Dado el carácter de las instalaciones utilizadas para la ejecución de las obras y tipo de operaciones que en ellas se realizan, en interpretación de la citada Ordenanza deberá exigirse el cumplimiento de los siguientes puntos.



12.2.2.1. DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

Durante el funcionamiento de la instalación no se permitirá tener los cuadros eléctricos abiertos, y como consecuencia de maniobrar los contactores o arrancadas de motores mediante elementos que no están especialmente dispuestos para ello, como son los pulsadores o interruptores.

Los gatos para elevar cargas se apoyarán sobre base firme y una vez elevada, se colocarán calzos que evitan el descenso de esta, y no serán retirados mientras se está trabajando en carga.

Las herramientas eléctricas portátiles provistas de motor, deberán tener las partes metálicas accesibles, conectadas a tierra mediante conductor de protección. Los cables de alimentación de estas estarán protegidos con material resistente que no se deteriore por roces o por torsiones. Se evitará una longitud excesiva en los mismos, instalando bases de conexión en lugares estratégicos montados en cuadros de intemperie que deberán disponer de relé diferencial.

Los conductores eléctricos empleados para cualquier uso auxiliar tendrán que estar perfectamente aislados respecto a tierra, no permitiendo por lo tanto empalmes, teniendo que efectuar las prolongaciones mediante conectores.

En las escaleras de mano se prohíbe el empalme de dos unidades, a no ser que su estructura disponga de dispositivo especialmente preparado para ello. Si no están reforzados en su centro no podrán salvar más de cinco metros y estándolo, la altura máxima permitida es de siete metros.

Para alturas superiores se deberán emplear escaleras especiales capaces de ser fijadas por su cabeza y base, siendo necesarios para su utilización el empleo de cinturones de seguridad.

Obligatoriamente se deberán tomar las siguientes precauciones:

- Deberán apoyarse sobre superficies planas de suficiente resistencia y fijeza.



- Estarán provistas de zapatas, puntas de hierro u otro mecanismo antideslizante en su pie o de ganchos de sujeción en la parte superior
- Para el acceso a los lugares elevados sobrepasarán en un metro los puntos superiores de apoyo.
- Cuando se apoyen en postes o perfiles metálicos se emplearán abrazaderas de sujeción
- No se permitirá la utilización simultánea por dos trabajadores.
- Se prohibirá sobre las mismas el transporte a brazo de pesos superiores a 25 kilogramos.

12.2.2.1.1. PROTECCIÓN PERSONAL

Será preceptiva la utilización de cascos protectores y botas de seguridad con suela antideslizante, plantillas de acero flexible y cubreempine.

En zonas especialmente polvorientas deberá usarse mascarilla reglamentaria.

En los grupos de machaqueo primarios (machacadora de mandíbulas y alimentador), el operario encargado de su funcionamiento y vigilancia, aun cuando la plataforma de trabajo esté protegida con barandilla reglamentaria, tendrá que estar sujeto con cinturón de seguridad que disponga de cuerda salvavidas lo más cerca posible para evitar, si se produce, el contacto con las partes móviles de la máquina. Deberá además estar equipado con gafas protectoras contra el impacto y elemento de protección auditiva. Esto último se hará extensivo a todas las zonas en que el nivel de ruidos sobrepase lo legislado.

No se permitirá realizar trabajos de soldadura u oxicorte sin la pantalla y gafas de cristal oscuro reglamentarios.

En todo trabajo de altura con peligro de caída eventual, será obligatorio el uso de cinturón de seguridad, que tendrá que estar homologado.



La longitud de la cuerda salvavidas será lo más corta posible y de material de nylon o cáñamo. Quedará prohibido el uso de cinturones que tengan corte, grietas o deshilachados que comprometan su resistencia homologada.

12.2.2.1.2. MAQUINARIA MÓVIL

La maquinaria móvil, palas y camiones dispondrán de:

- Alarma de marcha atrás, así como de los restantes dispositivos de seguridad en condiciones de utilización (luces, retrovisores, etc.)
- Cabinas que estarán dotadas de sistemas antivuelco.

Durante las distintas operaciones de trabajo:

- Las palas circularán con el cazo abatido.
- Se prohíbe el transporte de personas en el cazo de las palas o en cualquier otra parte de la máquina.
- La carga de camiones se realizará por la parte lateral o trasera de los mismos.
- El maquinista empleará los estribos para acceder y abandonar su puesto.

12.2.2.2. DURANTE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES

Las operaciones de mantenimiento o reparación a realizar en cualquier máquina que disponga de elementos en movimiento o en sus proximidades, deberá efectuarse con el parado, desconectado eléctricamente poniendo en posición de corte el interruptor correspondiente. Entendemos comprendidas en este grupo las siguientes máquinas:

- Machacadoras.
- Molinos.



- Cribas.
- Alimentadores de cualquier tipo.
- Cintas transportadoras.
- Compresores.

Así mismo, se considerarán incluidas aquellas que, no estando en la anterior relación, tenga similares características.

No se permitirá el acceso a través o sobre ningún elemento que tenga partes en movimiento, deberán hacerse por lugares, que estarán debidamente protegidas mediante barandillas.

Si fuera preciso acceder a algún lugar de los indicados se hará con el o los elementos parados, desconectados eléctricamente poniendo en posición de corte el interruptor correspondiente.

En el montaje y desmontaje de correas de transmisión, éstas deberán destensarse hasta que esta operación pueda efectuarse fácilmente con los medios necesarios alejando así todo peligro de accidentes. Igualmente se prohíbe el giro a mano de todo tipo de volantes de inercia o coronas con su elemento de transmisión montado.

Si por reparación o cualquier otra circunstancia fuese preciso desmontar la protección de una transmisión, ésta tendrá que ser colocada de nuevo antes de la puesta en marcha de la máquina.



12.2.3. ACTIVIDAD CONTAMINANTE

12.2.3.1. CONSIDERACIONES SOBRE LA POSIBLE ACTIVIDAD CONTAMINANTE

Como primera consideración a la posible actividad contaminante, se puede decir que, aunque este tipo de planta se considera como contaminante, también es cierto que dependerá de las características de cada planta para ser más o menos contaminante.

Es por esto por lo que podemos decir que la planta será de escasa actividad contaminante, pues no producirá ningún tipo de residuo orgánico o de tipo sulfuroso ya que su funcionamiento es eléctrico.

Por otra parte, en cuanto al almacenaje de los materiales, será la arena, tanto en su operación de descarga en el acopio, como en su almacenaje al aire libre, los únicos factores de contaminación a tener en cuenta.

Volviendo a incidir en el riesgo, que es muy variable en función del viento dominante, época del año, climatología y características de la arena (granulometría, humedad etc.).

12.2.3.2. SOLUCIONES PARA EL EFECTO CONTAMINANTE

Así pues, considerando a la arena, como único factor de contaminación, se apuntan las siguientes consideraciones para paliar su acción contaminante, en los momentos que lo requiera, ya que su acción no será continua.

- Se establecerá una manguera de riego, que domine toda la zona de acopios, para regar los mismos cuando sea necesario.
- Cuando la zona del año, o la climatología fuese de acción seca, se procurará mantener la zona de acceso y maniobra de acopio y tolva



perfectamente humedecida, para que la circulación de camiones y máquinas no levante el polvo existente.

- Se iniciarán los estudios pertinentes para que, en el plazo de tiempo más corto, y si ellos son positivos, se pueda instalar un sistema de riego por aspersión de acopios y zonas circundantes, totalmente automatizado y dirigido desde la cabina de maniobra.
- Se puede iniciar la posibilidad de que, en un plazo igualmente no muy lejano, se pueda pavimentar, bien con aglomerado asfáltico o con hormigón la zona de acopios y movimiento, de la planta. Incluso también la posibilidad de instalar un murete marquesina, para la zona de acopios de arena, en posición opuesta a la dirección de viento dominante.

12.2.3.3. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

12.2.3.3.1. EFECTO SOBRE EL SUELO

La actividad de la planta no actuará sobre el uso del suelo de la zona, ya que se ubicará en una zona permitida para este tipo de actividad

12.2.3.3.2. EFECTO SOBRE LA FLORA Y LA FAUNA

Los efectos sobre la flora y la fauna serán mínimos, dado que la planta se instalará en zonas donde no afecte a estos.

12.2.3.3.3. EFECTO SOBRE EL PAISAJE

El impacto sobre el paisaje será igualmente escaso, pues la planta se instalará en lugares un lugar donde el impacto sea mínimo.



12.2.3.3.4. EFECTO SOBRE LAS AGUAS

Totalmente nulo.

12.2.3.4. RUIDOS Y VIBRACIONES

12.2.3.4.1. RUIDOS

En cuanto al nivel de ruidos, la planta no será muy molesta en ese aspecto. Los puntos principales de emisión de ruido son:

- Palas cargadoras.
- Cribas.
- Machacadora.
- Molino.

El nivel de ruido máximo producido por el funcionamiento de las máquinas será de aproximadamente 70 dB.

La instalación deberá estar alejada de los núcleos urbano para evitar su afección, en cumplimiento de la normativa vigente.

12.2.3.4.2. VIBRACIONES

Las vibraciones se producirán en las plataformas donde se alojarán las cribas y alimentadores, debido a su movimiento giratorio excéntrico.

Dado que estas zonas tendrán restringido el paso en funcionamiento, el movimiento vibratorio no afectará a los trabajadores.



12.2.4. SEÑALIZACIÓN

Por lo que respecta a la señalización se cumplirá lo establecido en el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

12.2.5. MEDIDAS CONTRA INCENDIO

Se colocará un extintor adecuado, para la posible extinción de fuego, provocado por elementos sometidos a tensión eléctrica, con capacidad para 12 kg.

12.2.6. SERVICIOS DE HIGIENE

Tanto los lugares de trabajo como las áreas de servicio (comedores, vestuarios, aseos, etc.), mantendrán unas condiciones adecuadas y dignas en salubridad e higiene, adaptándose a lo previsto en la legislación.

En particular, se mantendrá un adecuado servicio de limpieza y se instruirá al personal en el cumplimiento de las normas.

12.2.7. INSTALACIÓN SANITARIA DE URGENCIA

Se dispondrá de un servicio sanitario de urgencia, para primeros auxilios.

El botiquín contendrá como mínimo:

- Agua oxigenada.
- Alcohol de 96°
- Tintura de yodo
- Mercuriocromo



- Amoniaco.
- Gasa estéril.
- Algodón hidrófilo,
- Vendas
- Esparadrapo
- Antiespasmódicos.
- Analgésicos
- Tónicos cardiacos de urgencia.
- Torniquetes.
- Bolsas de goma para agua o hielo.
- Guantes esterilizados.
- Jeringuillas.
- Termómetros clínicos.



13. VIABILIDAD ECONÓMICA.

La viabilidad económica de esta planta dependerá en gran medida de la situación final de la instalación. El precio de venta de los áridos varía mucho en función de su situación. Por ejemplo, un árido determinado en Murcia, con un precio de 3,5 €/Tn, unos kilómetros más allá, en la provincia de Alicante pueden costar 6 €/Tn.

Una planta de reciclaje de RCDs obtiene sus ingresos de varias partes diferenciadas: ingresos por gestión del material, ingresos por la venta de los productos y los ingresos por la venta de los subproductos, especialmente de los metales.

Al igual que el precio de los áridos, el precio por la gestión dependerá en gran medida de la situación de la planta. Por ejemplo, en Mallorca el precio por gestión de RCDs puede llegar hasta los 80 €/Tn, mientras que los precios en Almería son bastante más económicos, donde pueden llegar hasta los 20 €/Tn.

A continuación, se muestra una media del precio aproximado de la gestión de los RCDs en diferentes provincias:

Material de entrada	Albacete €/Tn	Madrid €/Tn	Córdoba €/Tn	Bilbao €/Tn
RCDs mezclados	16	10	8,5	16,5
RCDs hormigón armado	20	5	6,7	14
RCDs hormigón en masa	9	3,5	4	8,8
RCDs muy sucio	25	18	30,05	29

Tabla 21. Precio medio de la gestión de RCDs por provincias (CEDEX).



Para trabajar con datos unificados, se estima que la media nacional del precio por la gestión de los RCDs es de 12 €/Tn. Así mismo, el precio medio del árido reciclado se encuentra sobre los 3 €/Tn a nivel nacional, notablemente inferior que el precio del árido natural, situado sobre los 8€/Tn.

La planta en cuestión está diseñada para una producción de 80 Tn/h. Teniendo en cuenta 20 días laborables al mes, durante los 12 meses del año, dispondremos de una producción total de la planta de 153.600 Tn/año.

En el caso de los RCDs, no todo el material que llegará a la planta se convertirá en producto vendible, por lo que se estima que sobre el 20% se desechará y el otro 80% restante es el aprovechable. Este 80% de los RCDs tratados significarían 123.000 Tn/año.

Los ingresos finales medios correspondientes al tratamiento y venta de los RCDs serían de 15 €/Tn. En cuanto al árido natural serían de 8 €/Tn.

	RCDs - Mármol						
% material tratado	100-0	75-25	60-40	50-50	40-60	25-75	0-100
Ingresos Brutos (€/año)	1.845.000	1.690.950	1.598.520	1.536.900	1.475.280	1.382.850	1.228.800

Tabla 22. Ingresos estimados de la planta según el porcentaje de RCDs y mármol (Elaboración propia).

En la tabla anterior se muestra una aproximación de los ingresos de la planta en cada caso de funcionamiento: tanto las opciones más extremistas, cuando la planta trabaja únicamente un material, como las opciones intermedias.

A esos ingresos habría que sumarle la venta de los subproductos de los RCDs, como los metales, madera, etc.



Hay que destacar que los datos anteriores son estimaciones muy subjetivas puesto que no se ha planteado un emplazamiento en concreto, y como se comentó anteriormente el precio de los materiales es muy oscilante en función de la situación de la planta y otras variables.

Por otro lado, es importante mencionar que el funcionamiento de la planta con RCDs tendrá unos costes ligeramente superiores que la planta funcionando con mármol, debido a la necesidad de eliminar los residuos no deseables de la corriente, tanto en la primera limpieza antes de entrar en la planta como en el triaje. También presentará gastos de gestión de los materiales no valorizables.

Como se observa en la estimación realizada, los ingresos serían mayores tratando mayor porcentaje de residuos de la construcción y demolición, aunque, habría que considerar los costes de la planta adicionales cuando trabaja con estos materiales.

En cuanto a los costes de la instalación destacarán los costes de inversión y los costes de funcionamiento. Los costes de inversión serán principalmente los siguientes:

- Estudios de proyecto.
- Adquisición de terrenos.
- Planta de tratamiento (vial de acceso, obra civil, equipos de proceso, maquinaria auxiliar).
- Otros (puesta en marcha, oficinas, etc.).

Se estima que la inversión total para la construcción de la planta de tratamiento será en torno a 1.500.000 €. Esta estimación es resultado de una comparativa con instalaciones reales de características, capacidad y potencia semejantes.

Durante el funcionamiento de la planta existirán gastos que se pueden clasificar en costes variables y fijos. Dentro de los costes variables destacarán los siguientes.



- Agua.
- Electricidad.
- Combustible.
- Gestión de los residuos no valorizables (vertedero).

Dentro de los costes fijos de la planta durante su funcionamiento destacarán los siguientes:

- Costes de personal.
- Costes de mantenimiento.
- Seguros (vehículos, planta, de responsabilidad civil, etc.).
- Teléfono.
- Limpieza.
- Agua potable.
- Costes financieros.



14. CONCLUSIÓN

Desde su planteamiento, el objetivo de este trabajo ha sido la creación de un prototipo de planta de tratamiento que pudiera trabajar tanto con los residuos del mármol ornamental como con residuos de la construcción y demolición.

La planta diseñada en cuestión podría ser la instalación de una empresa de tratamiento de RCDs, o bien, de una empresa que posea una cantera de mármol ornamental y quiera aprovechar el residuo. Así mismo, otra opción podría ser una mezcla de ambas, es decir, una empresa que trabaje con el residuo del mármol y quiera abrir una rama de negocio con los RCDs. En este último caso, la planta debería trabajar intercaladamente con cada material: mientras se procesa un material, por ejemplo, el mármol, los RCDs se almacenan y gestionan para tener un determinado stock y procesarlo posteriormente, y viceversa.

El motivo por el cual se ha realizado este trabajo ha sido la problemática espacial y medioambiental que generan ambos materiales, tanto los residuos del mármol ornamental, que como se comentó inicialmente genera alrededor del 80% sobre el total extraído de residuos, como los residuos de construcción y demolición.

A su vez, además de eliminar las problemáticas espacial y medioambiental, los RCDs suponen un mercado en crecimiento y con mucho futuro, sobre todo en países con escasos productores y grandes tasas de vertido.

Para la elección del proceso y de la maquinaria se ha consultado diferentes plantas de tratamiento para recolectar toda la información necesaria para el diseño de esta instalación. Además, se ha contado con el asesoramiento de profesionales del sector como es Guerrero Maquinaria de Obras Públicas y Trituración S.L.

La instalación ha sido diseñada para tratar entre 60-80 toneladas a la hora, aunque si se busca una capacidad de tratamiento superior, bastaría con cambiar los equipos por otros con unas dimensiones y potencia mayor, siguiendo el mismo esquema de proceso.



15. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Nacional de Fabricantes de Áridos (ANEFA). *El sector de los áridos como sector clave de la economía circular.*

https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/8CC787B5-044E-4923-981C-D58521C8FEA3/414002/EcoCircularAridos_AEMINA.pdf

IGME. Instituto Geológico y Minero de España. *Panorama Minero.*
<http://www.igme.es/PanoramaMinero/PMLin.htm>

UEPG. *Estimaciones de la producción de áridos de la Unión Europea.*
<https://uepg.eu/pages/figures>

RETEMA (2015). Proyecto HISER: buscando soluciones para un reciclado más eficiente de los residuos de construcción. *Revista Técnica de Medio Ambiente.*
<https://www.retema.es/noticia/proyecto-hiser-buscando-soluciones-para-un-reciclado-mas-eficiente-de-los-residuos-de-o1sBY>

AGICO. *Vibrating Feeder Design.*
<http://www.cementplantequipment.com/products/conveying-equipment/vibrating-feeders/>

SOLLAU. *Separador magnético autolimpiable de banda DND-AC.*
<https://www.sollau.es/separador-magnetico-autolimpiable-de-banda-dnd-ac>

Tempus Next Generation Steel. *Impact Crusher Wear Parts.*
<https://tempussteel.com/product/impact-crusher-wear-parts/>

Yeco Machinery Co., Ltd. *Wear & Spare Parts For Jaw Crusher.*
<http://www.yecomachinery.com/products/wear-spare-parts/wear-spare-parts-for-jaw-crusher/>

SPINOZZI (2020). *La última guía sobre cintas transportadoras.*
<https://www.spinozziargentina.com/post/guia-fundamental-de-cintas-transportadoras>



HAZEMAG. Products. *Secondary Impact Crusher (HSI)*.
<https://www.hazemag.com/es/products/impactor-secundario-hsi/>

Kunming Heavy Mining Machinery Co., Ltd. *Centro de productos*.
<http://m.0871jixie.com/pro-8/62.html>

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. *Residuos de la construcción y demolición. Catálogo*. <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>

Eurostat Statistics Explained. *Generación de residuos*.
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics

European Environment Agency. *Residuos de la construcción y demolición, economía circular*. <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges/construction-and-demolition-waste-challenges>

Laforga, A. (2019). *La gran problemática de los vertederos de RCD ilegales*. Comunidad ism. <http://www.comunidadism.es/blogs/la-gran-problematica-de-los-vertederos-de-rcd-ilegales>

EUR-Lex. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32008L0098>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Estadística minera de España.
<https://energia.gob.es/mineria/Estadistica/DatosBibliotecaConsumer/2019/estadistica-minera-anual-2019.pdf>

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agencia Urbana. Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales.
<https://www.mitma.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/17-pliegos-de-prescripciones-tecnicas-generales>

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agencia Urbana. EHE 08 versión en castellano. <https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/mas-organos->



[colegiados/comision-permanente-del-hormigon/cph/instrucciones/ehe-08-
version-en-castellano](#)

El Parlamento Europeo, 2008. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo del Consejo del 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas directivas.

Orden de 9 de marzo por la que se aprueba la Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el trabajo (B.O.E. de 16 y 17 de marzo de 1.971)

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Catálogo de Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera, incluido en el Real Decreto 100/2011, de 28 de enero.

Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE-2009).

Otros materiales:

Material proporcionado por Guerrero Maquinarias de Obras Públicas y Trituración, S.L. <http://www.guerreromaquinaria.com/>

Material proporcionado por Grupo FEM, sistemas de control industrial. <https://grupofem.es/>

Material obtenido de la asignatura Tecnología Mineralúrgica.



16.PLANOS.

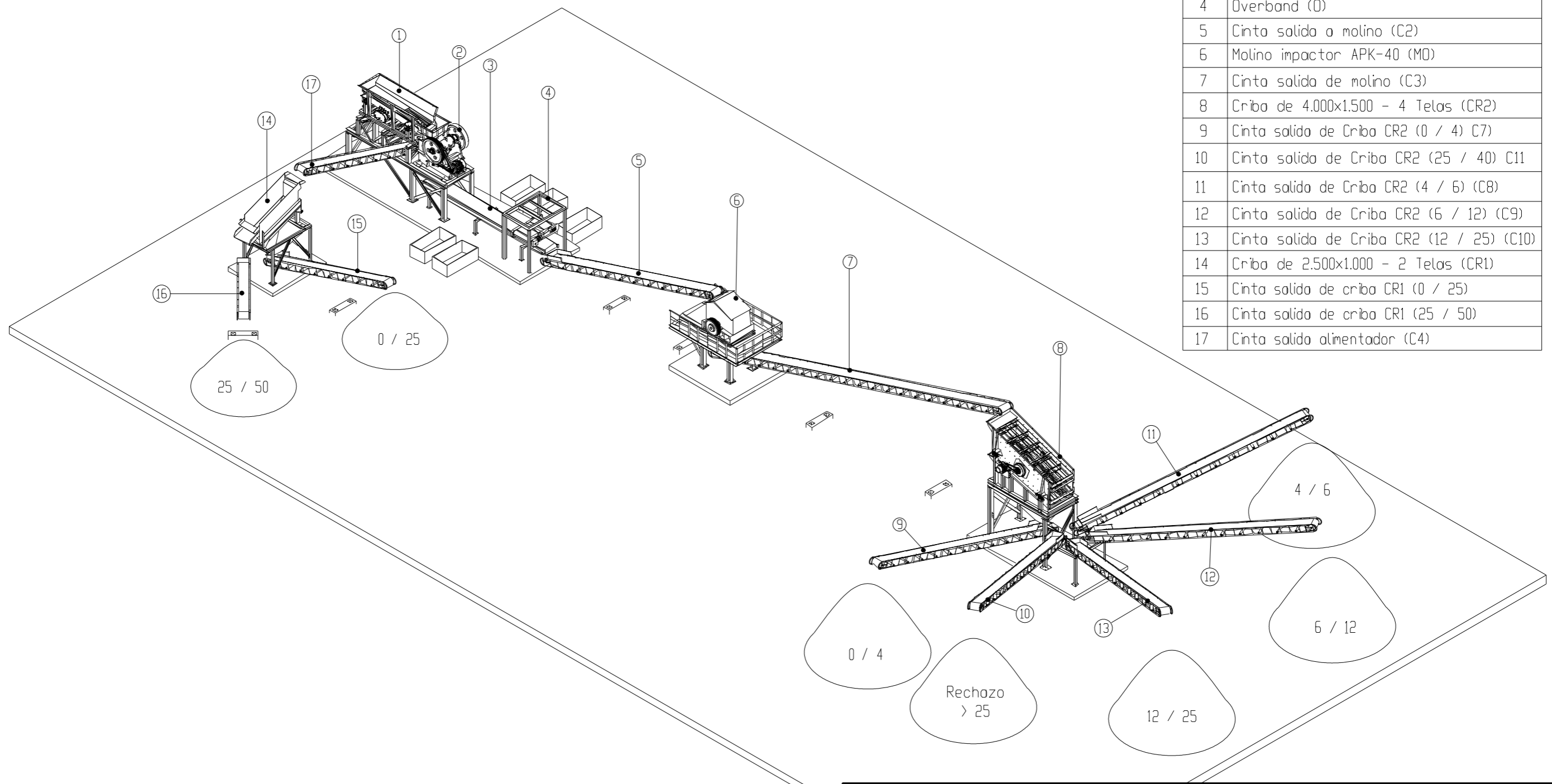
16.1. PLANO Nº 1. ESQUEMA.

16.2. PLANO Nº 2. PLANTA.

16.3. PLANO Nº 3. ALZADOS.

16.4. PLANO Nº 4. DIAGRAMA DE PROCESO.

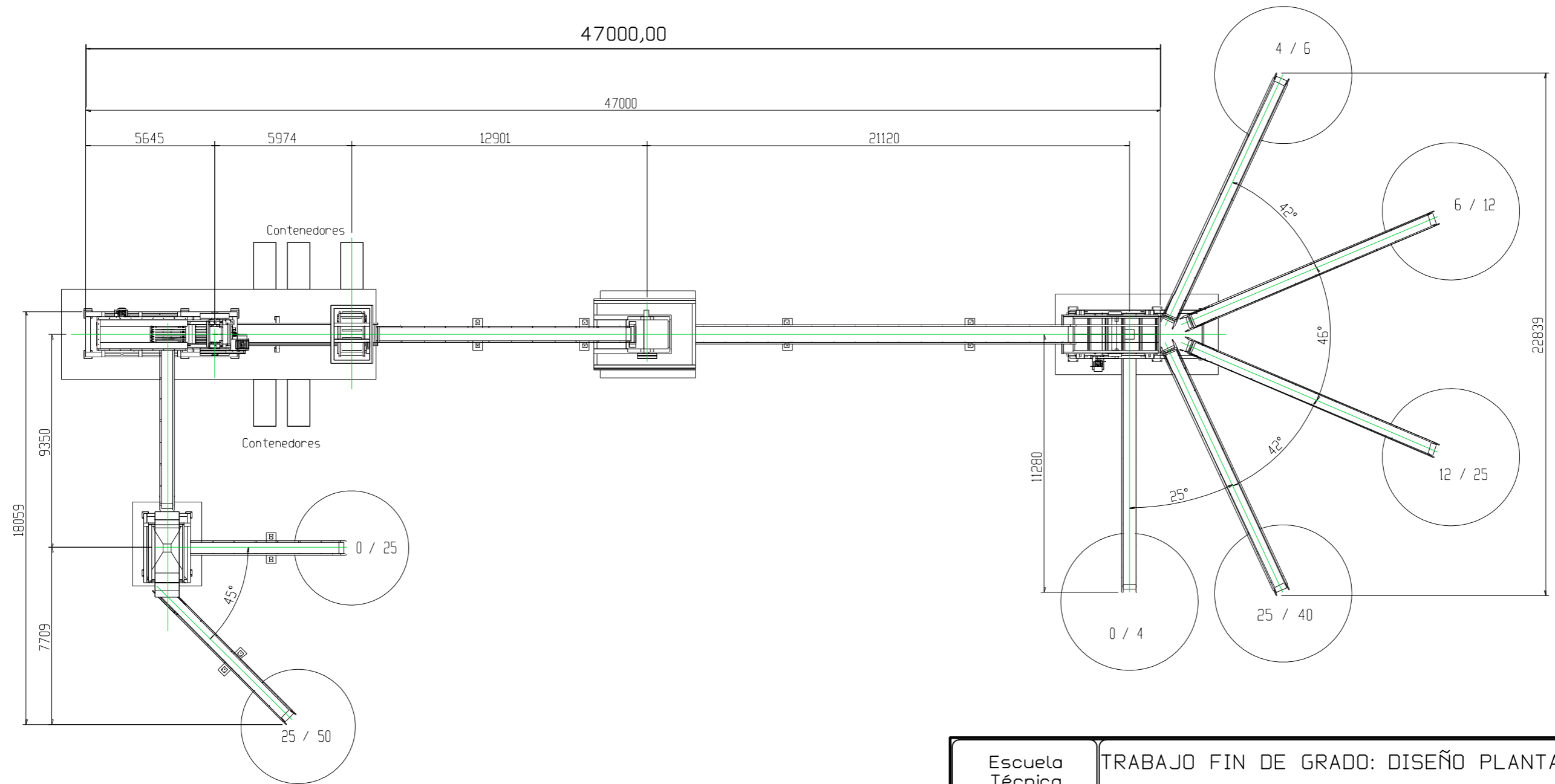
Nº	Descripción
1	Alimentador vibrante (AL)
2	Machacadora (MA)
3	Cinto de triaje (C1)
4	Overband (O)
5	Cinto salida a molino (C2)
6	Molino impactor APK-40 (MO)
7	Cinto salida de molino (C3)
8	Criba de 4.000x1.500 - 4 Telas (CR2)
9	Cinto salida de Criba CR2 (0 / 4) C7
10	Cinto salida de Criba CR2 (25 / 40) C11
11	Cinto salida de Criba CR2 (4 / 6) (C8)
12	Cinto salida de Criba CR2 (6 / 12) (C9)
13	Cinto salida de Criba CR2 (12 / 25) (C10)
14	Criba de 2.500x1.000 - 2 Telas (CR1)
15	Cinto salida de criba CR1 (0 / 25)
16	Cinto salida de criba CR1 (25 / 50)
17	Cinto salida alimentador (C4)



Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas	TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SUBPRODUCTO DE MARMOL ORNAMENTAL Y RCDs PARA FABRICACIÓN DE ÁRIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN
	Alumno: GINES ALACID CARRILLO



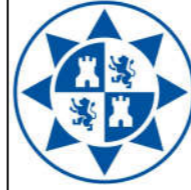
PLANO DE:	ESQUEMA
Escala	Fecha: Septiembre-2021
1:200	Plano Nº 1



Escuela
Técnica
Superior de
Ingeniería de
Caminos,
Canales y
Puertos y de
Ingeniería de
Minas

TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO
DEL SUBPRODUCTO DE MARMOL ORNAMENTAL Y RCDs PARA
FABRICACIÓN DE ÁRIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Alumno: GINES ALACID CARRILLO

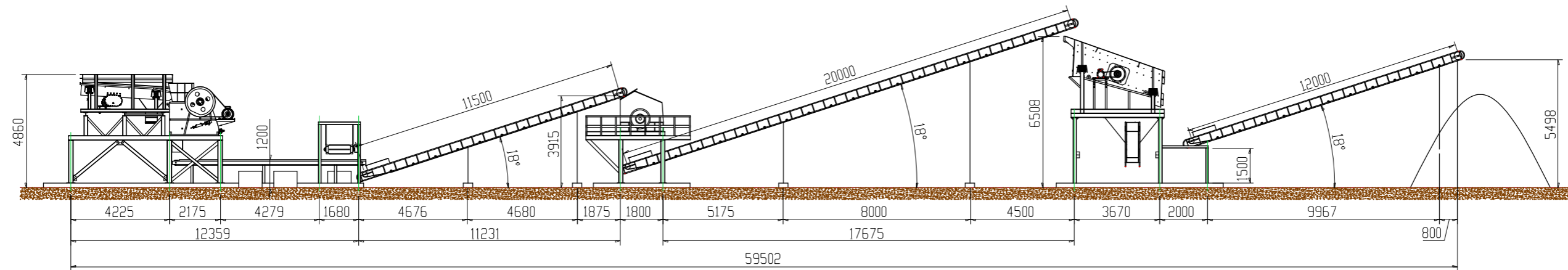


Universidad
Politécnica
de Cartagena

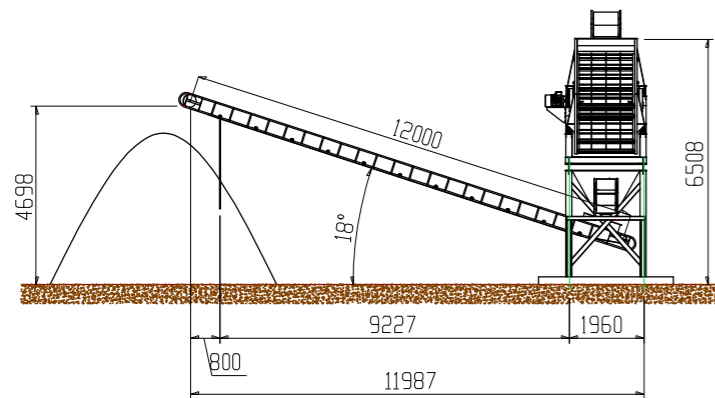
PLANO DE: PLANTA

Escala
1:200

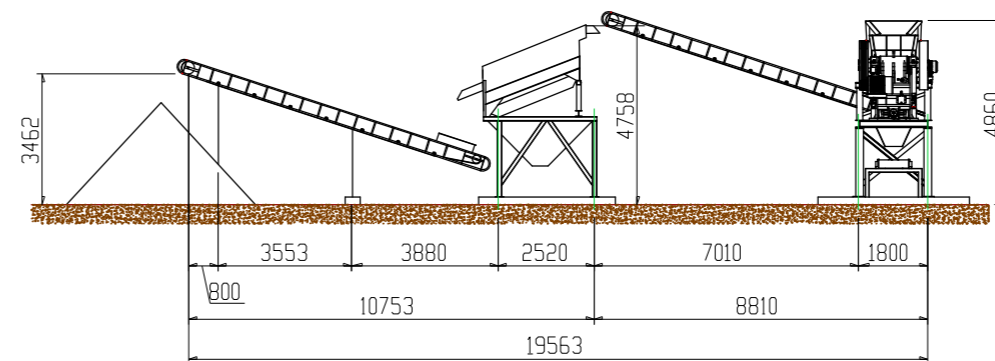
Fecha: Septiembre-2021
Plano Nº 2



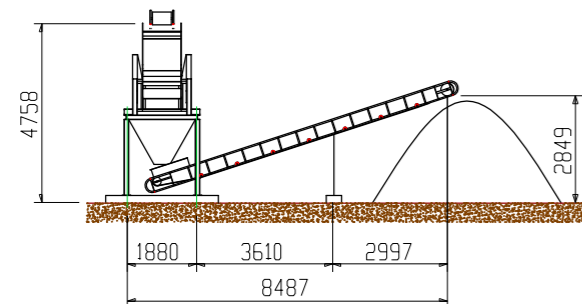
Visto salido - 0 / 4



Visto salido - 8 / 50



Vista salida - 0 / 8



Escuela
Técnica
Superior de
Ingeniería de
Caminos,
Canales y
Puertos y de
Ingeniería de
Minas

TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO
DEL SUBPRODUCTO DE MARMOL ORNAMENTAL Y RCDs PARA
FABRICACIÓN DE ÁRIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Alumno: GINES ALACID CARRILLO



Universidad
Politécnica
de Cartagena

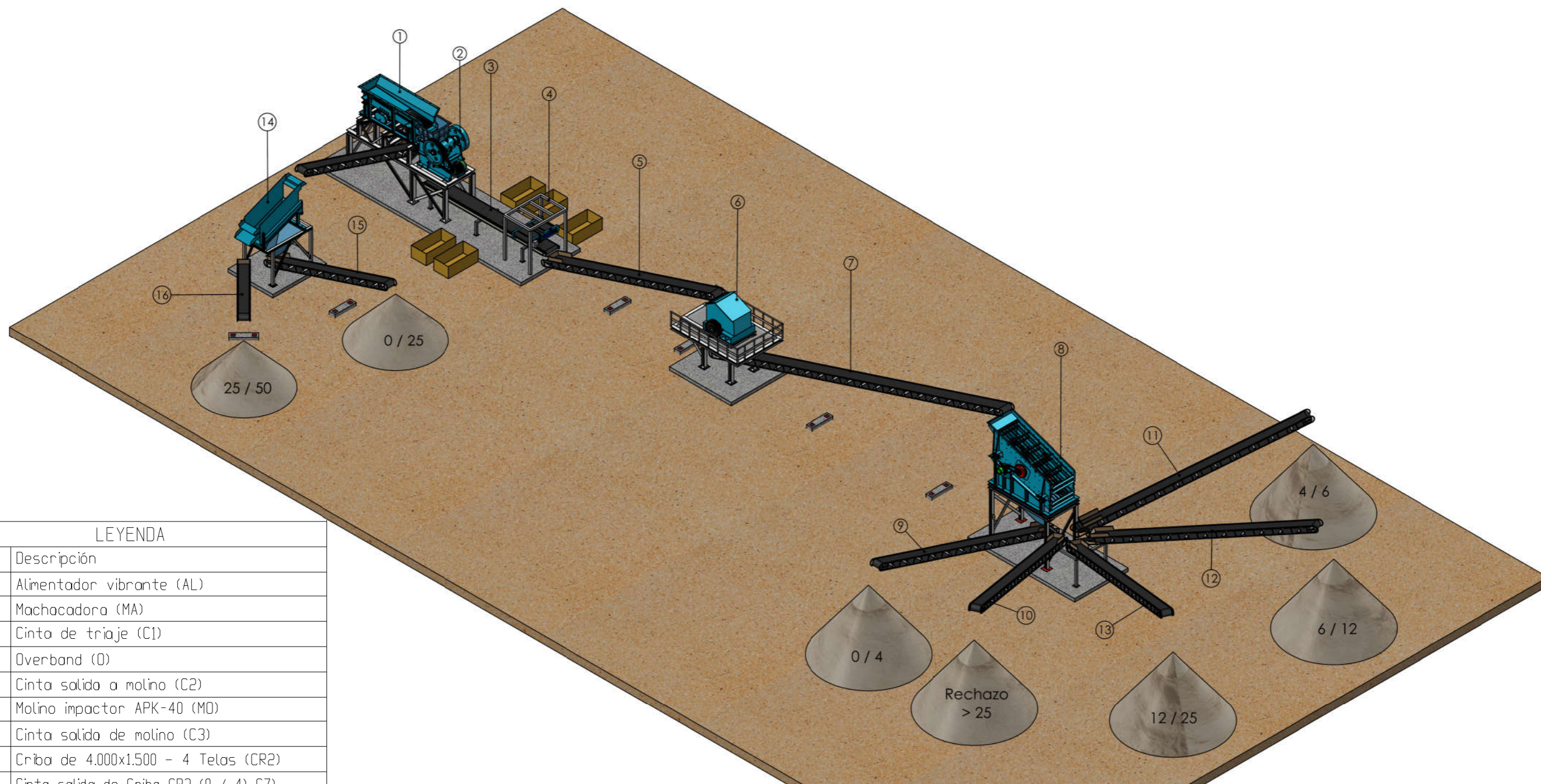
PLANO DE: ALZADOS

Escala

1:200

Fecha: Septiembre-2021

Plano N° 3



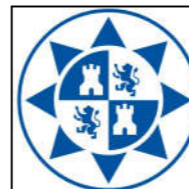
LEYENDA

Nº	Descripción
1	Alimentador vibrante (AL)
2	Machacadora (MA)
3	Cinta de triaje (C1)
4	Overband (O)
5	Cinta salida a molino (C2)
6	Molino impactor APK-40 (MO)
7	Cinta salida de molino (C3)
8	Criba de 4.000x1.500 - 4 Telas (CR2)
9	Cinta salida de Criba CR2 (0 / 4) C7
10	Cinta salida de Criba CR2 (25 / 40) C11
11	Cinta salida de Criba CR2 (4 / 6) (C8)
12	Cinta salida de Criba CR2 (6 / 12) (C9)
13	Cinta salida de Criba CR2 (12 / 25) (C10)
14	Criba de 2.500x1.000 - 2 Telas (CR1)
15	Cinta salida de criba CR1 (0 / 25)
16	Cinta salida de criba CR1 (25 / 50)
17	Cinta salida alimentador (C4)

Escuela
Técnica
Superior de
Ingeniería de
Caminos,
Canales y
Puertos y de
Ingeniería de
Minas

TRABAJO FIN DE GRADO: DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO
DEL SUBPRODUCTO DE MARMOL ORNAMENTAL Y RCDs PARA
FABRICACIÓN DE ÁRIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Alumno: GINES ALACID CARRILLO



Universidad
Politécnica
de Cartagena

PLANO DE: DIAGRAMA DE PROCESO

Escala

Fecha: Septiembre-2021

1:200

Plano Nº 4