



# **Diseño, simulación y estudio económico de una planta de tratamiento de áridos**



**Universidad de Cantabria  
Escuela politécnica  
de  
ingeniería de minas  
y energía**

**TRABAJO FIN DE GRADO  
INGENIERIA DE LOS  
RECURSOS MINEROS**

**Autor  
Pablo Iriondo  
Cagigas**

**Director  
Carlos Sierra  
Fernandez**

**Junio 2018**





# Agradecimientos

1

A mi familia, a mis padres y hermana por suponer un apoyo en todo momento, en los días fáciles, pero especialmente en los más complicados de esta experiencia universitaria que estos días toca a su fin.

A mis amigos, tan necesarios en los momentos de mayor duda.

A mis más que compañeros de clase, compañeros de batalla, sin los cuales esta experiencia universitaria se hubiera hecho aún más difícil.

A mi tutor Carlos Sierra, por tener esa paciencia y ese buen hacer que le caracterizan.

A mi coordinador Raul Husillos, por la atención y la ayuda recibida.

Al cuerpo docente de la Universidad de Cantabria, especialmente al de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía.

Gracias a todos ellos, porque sin su ayuda no me hubiera convertido en lo que soy hoy.



## Índice

1	RESUMEN .....	5
2	ABSTRACT .....	5
3	OBJETIVO.....	6
4	ÁRIDOS .....	7
4.1	Definición .....	7
4.2	Usos.....	7
4.3	Propiedades y Características .....	8
4.4	Clasificación.....	9
4.5	Importancia del Sector .....	12
4.6	Los Áridos en España.....	13
4.7	Obtención de Áridos.....	15
5	PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE ÁRIDOS .....	17
5.1	Introducción .....	17
5.2	Procesos en las Instalaciones .....	20
5.2.1	Trituración .....	20
5.2.2	Clasificación.....	22
5.2.3	Lavado .....	22
5.2.4	Almacenamiento .....	23
5.3	Maquinaria .....	25
5.3.1	Equipos de arranque y carga: se trata de herramientas móviles.....	26
5.3.2	Equipos de transporte.....	30
5.3.3	Equipos de tratamiento.....	32
6	Equipos de Protección Medioambiental .....	33
7	Simulación de Plantas de Tratamiento de Minerales .....	34
7.1	Introducción .....	34
7.2	Aplicaciones Informáticas para el Tratamiento de los Datos de Sondeos y Cubicación de Reservas .....	36
7.2.1	GEOEAS.....	36
7.2.2	ROCKWORK .....	37
7.2.3	DH LOGGER .....	38
7.2.4	MINEMAPPER.....	39
7.2.5	GÉNESIS .....	40



7.3	Aplicaciones Informáticas para el Tratamiento Integral de Explotaciones Mineras...	41
7.3.1	SERMINE .....	41
7.3.2	SURPAC.....	41
7.3.3	WHITTLE FOUR – X .....	42
7.3.4	MINEMAX PLANNER .....	43
7.3.5	MAXIPIT y NPVSCHEDULER .....	44
7.4	Aplicaciones Informáticas para el Diseño Minero y Simulación de Operaciones .....	45
7.4.1	DISVOL.....	45
7.4.2	JKSIMBLAST .....	46
7.4.3	VIBRAVOL .....	47
7.4.4	AIRVOL.....	48
7.4.5	TRANSMIN .....	49
7.4.6	TALUDMIN.....	50
7.4.7	MINESCOM .....	51
7.4.8	SWEDGE.....	52
7.4.9	SLIDE.....	53
8	MODSIM.....	54
8.1	Antecedentes .....	54
8.2	Uso MODSIM.....	55
9	CALCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA.....	59
9.1	Diagrama de Flujo .....	59
9.2	Distribución Granulométrica .....	61
9.3	Parámetros de Convergencia .....	62
9.4	Características de los Elementos Constituyentes del Sistema .....	63
9.4.1	Alimentador.....	63
9.4.2	Triturador de mandíbulas.....	64
9.4.3	Cribas.....	66
9.4.4	Trituradora giratoria.....	69
9.4.5	Mezclador.....	70
9.4.6	Molino de bolas.....	72
9.4.7	Separador de corrientes.....	73
9.4.8	Trituradora de cono .....	74
10	SIMULACIÓN.....	76



11	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	83
11.1	Introducción .....	83
11.2	Gastos.....	84
11.3	Ingresos .....	90
11.4	Financiación.....	95
11.5	Índices Económicos .....	96
12	CONCLUSIONES .....	98
13	REFERENCIAS .....	101
13.1	Libros .....	101
13.2	Páginas Web .....	102
14	ANEXOS .....	103
14.1	Tablas de Capcost para el Cálculo de Precio de la Maquinaria .....	103
14.2	Tablas de Tipo de Retención IRPF .....	105
14.3	Normas UNE .....	106
14.3.1	Norma UNE en ISO 9001-2015 .....	106
14.3.2	Norma UNE-EN 932-5:2012.....	106
14.3.3	Norma UNE-EN 932-5:2012/AC.....	106
14.3.4	Norma UNE 146901:2008.....	106



## 1 RESUMEN

Las cada vez mayores exigencias de calidad establecidas para los áridos de construcción y obra pública obligan a la mejora de los procesos de obtención de los productos derivados de las calizas. Además, estos productos deben hacer frente a unas condiciones de mercado cada vez más exigentes, surgiendo en las plantas de tratamiento la necesidad de obtener mayores rendimientos a precios más competitivos. El presente Trabajo de Fin de Grado trata de hacer frente a estas necesidades. Para la realización del mismo se ha efectuado una modelización matemática con el apoyo del software MODSIM analizando la viabilidad técnica de distintas alternativas. Los resultados obtenidos permiten cuantificar flujos en diversos esquemas de planta facilitando la toma de decisiones técnicas.

5

## 2 ABSTRACT

The increase of the quality in the demand of aggregates, forces to optimize limestones processing to face the more demanding conditions of the market. The present End of Degree Project entitled: "Design, optimization and investment analysis of an aggregates plant", tries to face this challenge. The calculations have been performed by means of MODSIM software and Excel spreadsheets. The obtained results allow a better plant design thus optimizing the process.



### 3 OBJETIVO

En este Trabajo de Fin de Grado se persigue efectuar la simulación de una planta de tratamiento de áridos. El simulador usado es el MODSIM, el cual permite realizar un estudio previo a la construcción y elección de equipos de la planta.

Este simulador entrega unos resultados muy fieles a la realidad, óptimos para la estimación de los resultados, aunque de una manera aproximada, de los parámetros de la planta a pleno funcionamiento y permite la realización de comparaciones de las distintas configuraciones de los elementos de la planta.

Debido a que estos datos obtenidos son de carácter previo, no pueden sustituir a una planta piloto.

Una vez elegidos todos los componentes de la planta (alimentadores, machacadoras, molinos, cribas, cintas transportadoras, mezcladores...), es el momento de comprobar la viabilidad económica del proyecto. En este punto se comprobarán valores de inversiones y rentabilidad sujetas a las hipótesis realizadas en primer término, pudiéndose variar para conseguir los valores más óptimos posibles en términos económicos.



## 4 ÁRIDOS

### 4.1 Definición

La industria de los áridos se posiciona como uno de los pilares básicos de la minería española y mundial. Se entiende áridos a la industria que produce arena o rocas fragmentadas. Esto se debe a que normalmente cuentan con centros de explotación cercano a los lugares de consumo, reduciendo así los costes de transporte, ya que son materias abundantes y baratos, convirtiéndose en indispensables para la sociedad.

Según la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA), los áridos se definen como una serie de rocas que, tras sufrir un proceso de tratamiento industrial, se emplean en la industria de la construcción, del mismo modo, ANEFA explica que “[los áridos] son la segunda materia prima más consumida por el hombre después del agua y cada español ha consumido, en 2016, unos 2.070 kilogramos anuales, es decir 5,7 kilogramos diarios (en 2007 se consumieron cerca de 33 kilogramos diarios)”.

De una forma más amplia, se pueden definir como materiales minerales, sólidos inertes, que después de adecuar su granulometría, se usan para la creación de otros subproductos más resistentes. Esto se consigue con la mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica, entre los que se encuentran las cales o los cementos entre otros, o también con ligantes bituminosos.

### 4.2 Usos

“Sin los áridos no sería posible la construcción de viviendas, oficinas, aeropuertos, hospitales, calles, carreteras, autopistas, vías de ferrocarril y puertos, ni se podría disponer de muchos productos industriales de uso cotidiano” (Luacas, 2007).



Debido a sus características tienen un amplio abanico de usos, siendo los principales:

- Elaboración de hormigones, morteros y aglomerados asfálticos
- Firmes de carretera (bases y sub-bases)
- Balasto de vías de ferrocarril
- Escollera de protección hidráulica (puertos marinos)

### 4.3 Propiedades y Características

Dependiendo del uso a lo que se les vaya a someter, los áridos tienen que tener, según normativa, unas determinadas características dependientes bien de su naturaleza petrográfica o de los diferentes procesos usados en su producción.

Las características más importantes que deben presentar son las siguientes (Luacas, 2007):

- Propiedades geométricas: tamaño, forma de las partículas, caras de fractura, calidad de los finos, etc.
- Propiedades mecánicas y físicas: resistencia al desgaste, resistencia a la fragmentación, resistencia al pulimento, densidad, porosidad, contenido en agua, etc.
- Propiedades térmicas y de alteración: resistencia a los ciclos de hielo y deshielo, etc.
- Propiedades químicas: contenido en azufre, cloruros, materia orgánica, contaminantes ligeros, reactividad potencial, etc.

Para la conformación de una uniformidad de las diferentes características técnicas, se han desarrollado una serie de normas y ensayos normalizados y comunes en los países miembros de la Unión Europea, proporcionando el mercado CE de forma obligatoria desde el año 2004, fecha de su implantación, y que da la garantía de haber cumplido con los requisitos de calidad exigidos y actualmente se rigen por la norma UNE en ISO 9001-2015.



Por otro lado, existe una norma reguladora de los ensayos para garantizar dicha calidad, así como las propiedades de los áridos. Esta norma es titulada “Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos; Parte 5: Equipo común y calibración”, siendo la norma actual UNE-EN 932-5:2012, que cuenta con el *erratum* UNE-EN 932-5:2012/AC de 2014. Dicha norma sustituyó a la norma original, datada en el año 2000 y denominada UNE-EN 932-5:2000.

Ambas normas, así como el *erratum* se pueden encontrar en los anexos de este Trabajo Fin de Grado, clasificándose de la siguiente manera:

- Anexo 14.3.1: UNE en ISO 9001-2015.
- Anexo 14.3.2: UNE-EN 932-5:2012
- Anexo 14.3.3: UNE-EN 932-5:2012/AC

#### 4.4 Clasificación

Los criterios usados para su clasificación son diversos, debido a que, dentro de un mismo tipo de árido, las variaciones con las que pueden contar con infinitas, llegando a encontrarse diferentes tipos en una misma cantera, e incluso en un mismo frente.

Por lo que, de una forma genérica y atendiendo a criterio de procedencia y de su proceso de obtención, se clasifica de la siguiente manera:

- Áridos naturales. Son aquellos que se obtienen sin la adición de otros elementos. Dentro de este grupo se pueden diferenciar dos grupos.

*Áridos granulares:* Producidos en graveras. Sufren un proceso de lavado y clasificación posterior a la explotación de depósitos granulares

*Áridos de machaqueo:* Producidos en canteras. Sufren un proceso de trituración, molienda y clasificación posterior al arranque de macizos rocosos.



- Áridos artificiales: Son aquellos que presentan elementos de procesos industrial, entre los que encontramos cenizas de la combustión de carbón, escorias siderúrgicas o estériles mineros, entre otros posibles elementos
- Áridos reciclados: Son aquellos que proceden de antiguos usos tales como carreteras antiguas, derribos de edificaciones, etc.

Debido a la complejidad anteriormente citada para su clasificación y para unificar su denominación, se aprobó la Norma UNE 146901: 2002 “Áridos. Designación”, elaborada entre el Comité Técnico de Normalización de AENOR CTN-146 “Áridos”, junto con la ANEFA, sustituida posteriormente por la Norma UNE 146901:2008, que se muestra en el anexo 14.3.4.

Esta norma busca identificar los áridos de una manera unificada y exclusiva, mejorar la calidad de los servicios a los clientes y presentar una mayor información de los mismos con relación a los siguientes campos: Grupo, Forma de Presentación, Fracción granulométrica, Naturaleza y lavado, siendo este último de forma opcional.

Se adjuntan a continuación tablas de cada término:

GRUPO	FORMA DE PRESENTACIÓN	FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA	NATURALEZA	LAVADO (OPCIONAL)
GR	F	d/D	N	L

*Tabla 1. Nomenclaturas identificación*

GR	
Conjunto de áridos procedentes de un Centro de Producción con la misma naturaleza geológica y con diferente granulometría	
Filler	PM
Polvo Mineral	
Finos	FN
Árido Fino	AF
Árido Grueso	AG

*Tabla 2. Grupo*



F	
Rodado	R
Triturado	T
Mezcla	M

*Tabla 3. Forma de presentación*

Tamaños nominales		
Fracción de un árido que pasa por el mayor de dos tamices (Di) y es retenida por el más pequeño (di). El límite inferior puede ser cero.		
Serie Básica (*1) (mm)	Serie Básica + Serie 1 (mm)	Serie Básica + Serie 2 (mm)
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
	5,6	
		6,3
8	8	8
		10
	11,2	
		12,5
		14
16	16	16
		20
	22,4	
		25 (*2)
31,5	31,5	31,5
		40
	45	50 (*2)
63	63	63
	90	80 (*2)

*Tabla 4. Fracción granulométrica*

Notas:

\*1: Tamaños nominales entre 0 y 1 mm: 0,063 mm; 0,125 mm; 0,250 mm; 0.5 mm.

\*2: Tamaño nominal añadido a la serie 2.



N	
Calizo	C
Silíceo	S
Granito	G
Ofita	O
Basalto	B
Dolomítico	D
Varios (*2)	V
Artificial (*3)	A
Reciclado (*3)	R

*Tabla 5. Naturaleza*

Notas:

- \*1: En el caso de áridos poligénicos, la naturaleza se podrá designar por más de un carácter.
- \*2: Otras naturalezas de áridos no habituales.
- \*3: Cuando sea posible, indicar su procedencia.

L	
Lavado	L
No Lavado	(en blanco)

*Tabla 6. Lavado*

## 4.5 Importancia del Sector

El árido están muy ligadas con el avance socioeconómico de un país, tanto es así, que es el elemento de mayor consumo en la sociedad, solo por detrás del agua, haciéndose indispensable para el desarrollo de las diferentes regiones a lo largo del planeta, y al ser una parte indispensable en la construcción de infraestructuras, es un excelente indicador del índice de actividad económica en cada momento.

Esto supone que actualmente más de la mitad de las materias primas minerales usadas son áridos, hasta el punto de que existe una demanda creciente que hace aumentar este porcentaje.



## 4.6 Los Áridos en España

Al igual que otros sectores en España, el sector de los áridos ha sufrido una grave y profunda caída en el año 2008, fecha en la que se produjo el desplome económico debido a la importante crisis sufrida, llegando a los niveles más bajos de producción desde que se poseen referencias al respecto. Hasta ese momento, el nivel de mercado del producto no paraba de crecer año tras año, llegando a su cota máxima en el año 2006, y empezando a dar señales en el 2007, con una caída del 1,3% respecto al año anterior.

Esta caída es tan pronunciada, que los últimos datos muestran que ha sido del 80,1% desde el 2006, fecha en la que se alcanzó el máximo histórico con un consumo de 486 millones de toneladas, hasta la actualidad con un consumo de 96,6 millones de toneladas en la finalización del año 2016, en un periodo en el que solamente se ha producido una excepción en el año 2015, año en el que se mostró una leve mejoría.

En el gráfico siguiente se puede observar la evolución del consumo de áridos para la construcción desde 1980 hasta el 2016, e incluyéndose la previsión para el 2017.



Gráfico 1. Evolución del consumo de áridos para la construcción en España.



A estos datos de consumo hay que sumar los datos de los áridos reciclados y los usados para otros sectores que han supuesto un incremento del 4,3%, aumentando el consumo desde los 96,6 millones de toneladas citadas anteriormente hasta los 120,6 millones de toneladas.

Tomando datos del consumo por comunidades autónomas nos encontramos un retroceso del 10% total, aunque de diferente manera, situándose en cabeza de las pérdidas Extremadura (23,7%), Cantabria (22,2%), Galicia (19,7%), Navarra (13,3%) y La Rioja (12,8%), y, por otro lado, las comunidades que más han aumentado su consumo han sido Islas Canarias (19,0%), la Comunidad Valenciana (13,0%) y la región de Murcia (12,3%).



Gráfico 2. Variación del consumo de áridos para la construcción por Comunidades Autónomas



Gráfico 3. Consumo de áridos para la construcción por habitante y año.



Desde 2006, cuando el consumo de áridos por habitante en España era uno de los más importantes de Europa, con cerca de 12 toneladas / habitante / año, esta cifra ha sufrido una reducción considerable.

Aunque, en 2016, el consumo de áridos para la construcción se mantiene en algo más de 2 toneladas / habitante / año (en concreto 2,07), sigue netamente por debajo de la media europea (5,0 toneladas / habitante / año). Estos valores son más propios de países subdesarrollados del tercer mundo que de una economía occidental integrada en la UE como la española.

Destacan por lo negativo de los valores que presentan, la Comunidad Valenciana (1,14 t/hab./año), la Comunidad de Madrid (1,15 t/hab./año) y Canarias (1,24 t/hab./año). Navarra (5,71 t/hab./año) es la única Comunidad Autónoma con consumos superiores a la media europea.

Actualmente, España (que se encontraba en segunda posición en 2006) ocupa el noveno lugar de Europa en producción total de áridos, por detrás de Alemania, Rusia, Turquía, Francia, Polonia, Reino Unido, Italia y Austria, casi a la par que Rumanía.

## 4.7 Obtención de Áridos

Habitualmente la obtención de los áridos se produce en explotaciones a cielo abierto, concretamente en canteras o graveras, presentando diferentes configuraciones en función de si están consolidados o no (roca masiva), o si extraen por vía húmeda o seca.

El primer paso que debemos de dar a la hora del desarrollo de una explotación de áridos es el proceso de investigación.

Estas operaciones se llevan a cabo con el fin de conocer si realmente nos encontramos con un yacimiento de áridos y conocer, en la medida de lo posible, sus características y la viabilidad de su puesta en marcha.



En España se consideran que las reservas de áridos son prácticamente ilimitadas, encontrándose la limitación únicamente en factores como la inaccesibilidad del yacimiento, su situación (zonas urbanas), costes de explotación y transporte, ubicación en lugares protegidos, impacto ambiental, etc.

16

En segundo lugar, se debe de proceder a realizar el denominado proyecto de investigación, debido a que es obligatorio que cualquier explotación de áridos cuente con uno aprobado por la administración competente correspondiente.

Este proyecto debe de contar con los detalles del diseño de la explotación, del diseño de la planta de tratamiento, así como con la superación del proceso de evaluación ambiental e impacto, así como los aspectos de seguridad, salud e higiene de los trabajadores.

## 5 PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE ÁRIDOS

### 5.1 Introducción

Las plantas de tratamiento de áridos tienen la función de procesar los áridos que vienen de los frentes de explotación de las canteras o graveras y producir diferentes fracciones granulométricas en función de la demanda o del sector de destino final de las mismas, siendo la mayor parte de la producción destinado a la producción de hormigón, y en menor medida para firmes de carreteras, balastos, morteros, etc, pero básicamente al sector de la obra civil y la construcción.

17

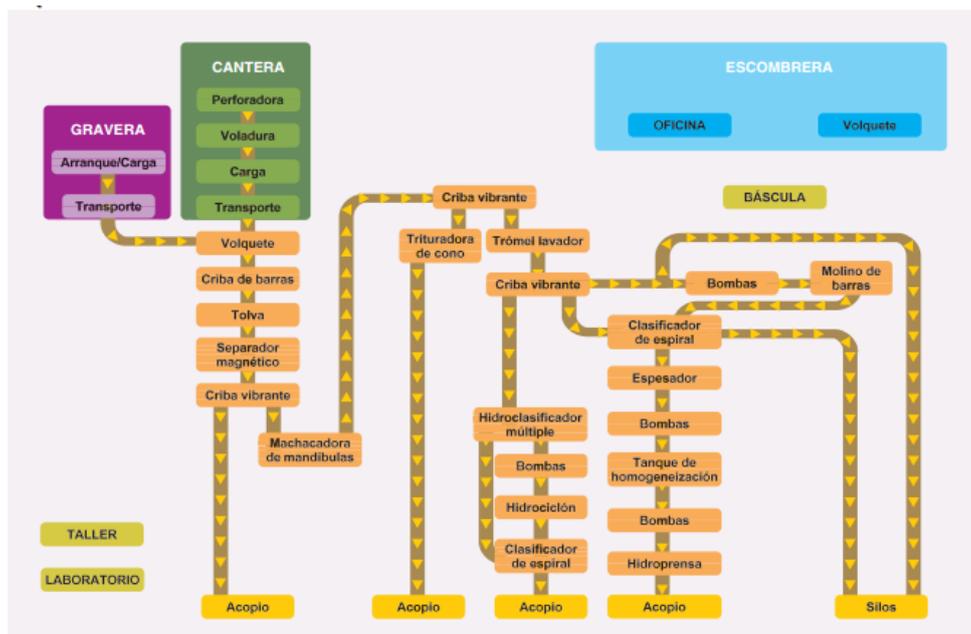


Imagen 1. Etapas del proceso de tratamiento de áridos, Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

Las franjas granulométricas más comunes de salida de la planta son los siguientes:

- +5 mm para hormigones en masa o armado
- +2,5 mm para aglomerados asfálticos
- 0,4 – 0,6 mm para revestimientos
- 0,1 – 0,8 mm (en arenas) para vidrio, cerámica, refractarios, etc



Los criterios que han de seguirse en la selección de los elementos constituyentes de la planta tienen en cuenta el tipo y características de la alimentación de la planta, las reservas minerales, la flexibilidad y versatilidad, adecuación medioambiental y de seguridad y la calidad final de los productos procesados.

- Material de entrada: Factor clave en el diseño de la planta, ya que es muy importante seleccionar la maquinaria más adecuada para las características de los elementos de alimentación. Para conocer estas características es necesario realizar una serie de estudios previos, tanto físicos como químicos, para conocer todas sus propiedades.
- Reservas minerales: Este punto es importante desde el punto de vista de la amortización del equipo, ya que, una vez conocido el tamaño de las reservas, se calcula el tiempo de disponibilidad, teniendo en cuenta también la demanda del mercado, debido a que el periodo de amortización no puede ser superior a este tiempo de disponibilidad salvo en casos puntuales como la posibilidad de ampliación de la reserva con trabajos de investigación o por traslados de planta. Estos supuestos se pueden ver acortados por los plazos de autorización de explotación.
- Flexibilidad y versatilidad de la planta: Este es otro de los factores importantes en el diseño de la planta, ya que las instalaciones deben de poder adaptarse a las variaciones de del sector. Esto es debido principalmente a:
  - Frecuentes y rápidas variaciones en los sectores receptores de los áridos, que en muchos casos están asociados a grandes proyectos con plazos determinados, por lo que es vital que la planta tenga la capacidad de adaptación de los flujos de caudal con instalaciones modulares, por ejemplo.



- Posibles variaciones de demanda de determinado tipo de granulometría, por lo que debe de poder adaptarse a las variables demandas de cada granulometría.
- Movilidad en el punto de ejecución, por lo que hace necesario el cambio de la ubicación de la planta. Esto hace que las estructuras de obra civil y calderería tengan que ser de fácil montaje y desmontaje.
- Adecuación medioambiental y de seguridad: En el diseño de la planta es fundamental la adecuación a las normativas cada vez más restrictivas en materias medioambientales y de seguridad. Estas medidas sirven para proteger tanto a los trabajadores de la planta como a los ciudadanos residentes en la zona cercana a la planta. En este punto se pueden diferenciar dos tipos diferentes de emisión:
  - Instalaciones en vía seca: En este tipo de instalaciones hay que controlar y reducir las emisiones de polvo (tanto en operaciones de descarga del material como en las operaciones de machaqueo y cribado). Esto se reduce con equipos captadores de polvo, inyección de agua e instalación de carenados. Gracias a los sistemas de captación de polvo produce una mejora en la calidad de las arenas debido a la reducción de la presencia de humos en las mismas.
  - Instalaciones en vía húmeda: En las instalaciones en vía húmeda el problema es debido a la producción de lodos y su posible vertido a cauces públicos. Esto se evita con la instalación de espesadores y de filtros prensa deshidratadores. Estos equipos se están convirtiendo en elementos de obligada instalación en las declaraciones de impacto ambiental y consiguen recuperar parte del agua del proceso, producen arcillas para restauración y se gana espacio.

- En cualquiera de las dos instalaciones se ha de reducir los problemas producidos por el laboreo, como por ejemplo el ruido, lo que ayuda a mejorar las condiciones de salud e higiene en el trabajo, de los habitantes cercanos a la planta y de la flora y fauna del lugar. Esto se consigue con carenados en las descargas, forrado de canaletas y tolvas con goma y con las instalaciones de trituración de trituración y clasificación dentro de naves industriales.

En el caso de este trabajo, la planta de tratamiento objeto será por vía húmeda.

## 5.2 Procesos en las Instalaciones

### 5.2.1 Trituración

Este proceso consiste en la reducción de los tamaños de los materiales que entran por el alimentador. Pueden usar diferentes mecanismos de rotura, como son la compresión, el impacto o percusión y la abrasión o atricción.

Las más comunes son las siguientes:

- Trituradora de mandíbulas

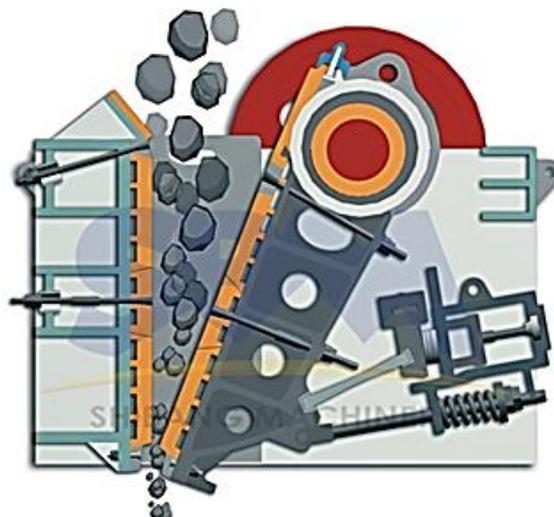
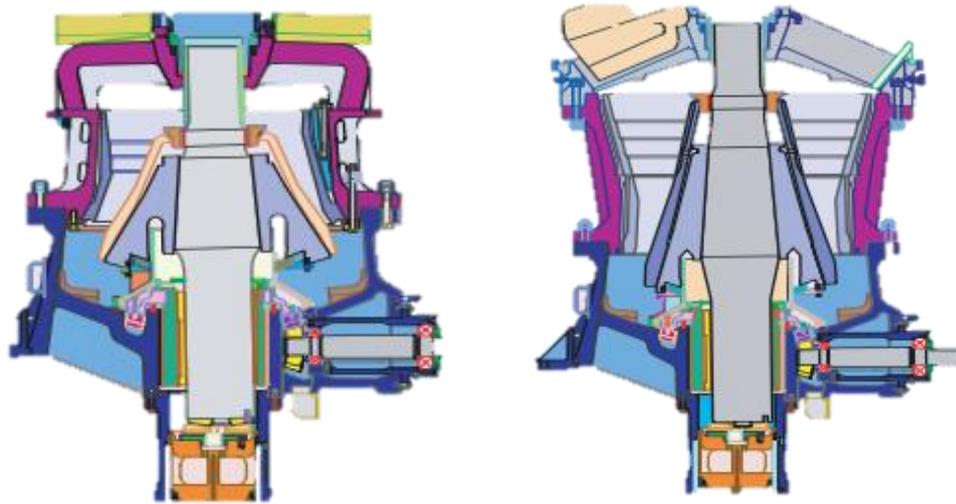


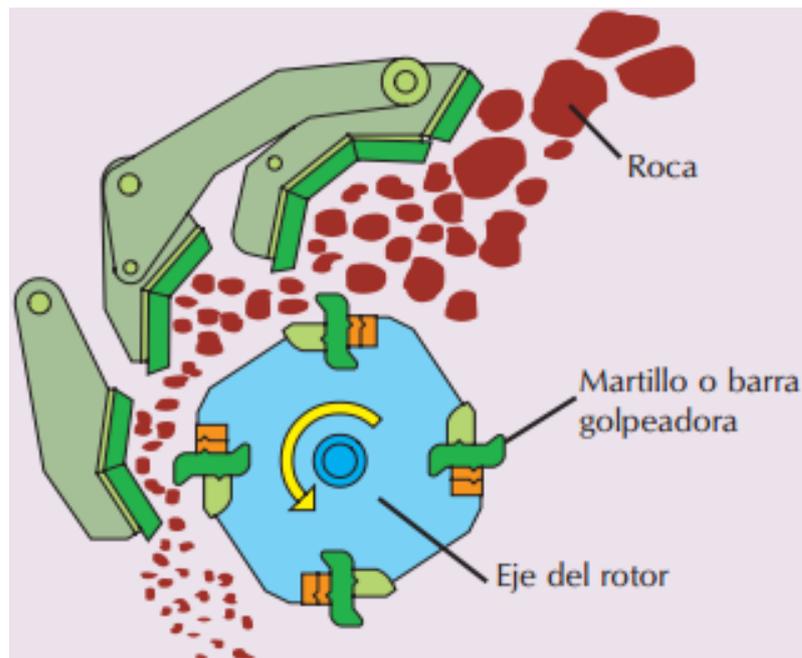
Imagen 2. Corte transversal de trituradora de mandíbulas

- Trituradora giratoria (de cono)



*Imágenes 3 y 4. Corte transversal de trituradora giratoria de cono.*

- Trituradora de impacto (de eje horizontal)

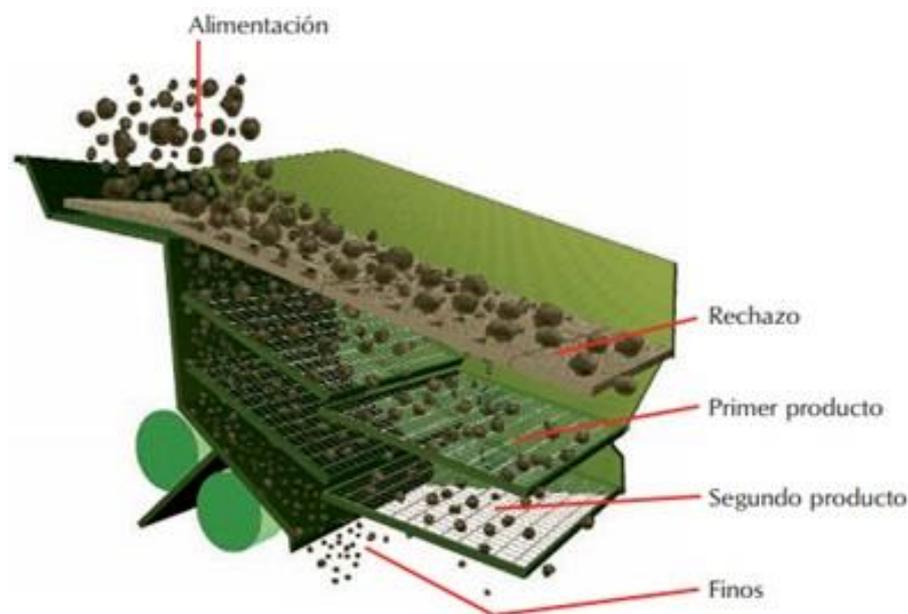


*Imagen 5. Esquema de funcionamiento de trituradora de impacto de eje horizontal.*

## 5.2.2 Clasificación

Este proceso consiste en la separación por tamaños, mediante cribado en este trabajo, de los áridos procedentes de la trituración o molienda, con el fin de clasificarlos como productos finales, enviarlos de nuevo a los procesos de reducción de tamaños o para eliminarlos.

- Criba vibradora (de tres telas)



*Imagen 6. Esquema de una criba de tres telas, Cesar Luaces.*

## 5.2.3 Lavado

El lavado de los áridos se realiza con el objetivo de limpiar la superficie exterior para la eliminación de impurezas que pueda presentar, como lodos o arcillas, que pueden rebajar la calidad de los áridos. También se persigue aumentar la calidad de los mismos haciendo un producto mucho más homogéneo.

Es importante conocer que este proceso se puede realizar al mismo tiempo que la clasificación.

- Equipo lavado de lodos



*Imagen 7. Equipo de lavado de lodos.*

#### 5.2.4 Almacenamiento

Una planta de tratamiento de áridos tiene que contar con equipos que almacenen por diversas razones: protección frente a la climatología, comerciales (como forma de asegurar el suministro), y técnicas (necesario para el cumplimiento de normativas).

Los productos almacenados pueden ser de cuatro tipos:

- Todo-uno: Material transportado desde el frente de la instalación hasta la tolva primaria.
- Productos intermedios o semielaborados: Materiales más fáciles de manipular ya que han sido triturados.
- Estériles de planta: Finos eliminados. Almacenados en un acopio.
- Productos finales: Materiales almacenados en montones, tolvas o silos.

Los sistemas de almacenamiento son los siguientes:

- Acopios en el suelo: Básicamente se trata de montones de material depositados en el suelo por medio de una cinta transportadora
- Silos: Los silos son depósitos cilíndricos, cuadrados o rectangulares de chapa de acero u hormigón armado y con cimentación capacidad con una de hasta  $3000 \text{ m}^3$ .
- Tolvas: Las tolvas son depósitos abiertos por arriba y por abajo, lo que facilita la carga en camiones. Tienen una capacidad de entre 30 y  $300 \text{ m}^3$ . Están fabricadas en hormigón o en chapa de acero y se pueden cubrir para proporcionar protección ambiental.



*Imagen 8. Cantera de áridos.*



*Imagen 9. Silos de almacenaje de áridos.*

### 5.3 Maquinaria

En el proceso de extracción y procesamiento de áridos, y como en cualquier explotación minera, la maquinaria empleada debe de tener unas características concretas, como la son la durabilidad, la robustez, dureza y resistencia entre otros.

Dentro de la maquinaria empleada, se pueden dividir varios grupos:

- Equipos de arranque y carga
- Equipos de transporte
- Equipos de tratamiento
- Equipos de protección ambiental

Se procede a numerar cada grupo, explicando los componentes más relevantes para el caso que nos atañe, la explotación de áridos, tratándose de minas de cielo abierto.

### 5.3.1 Equipos de arranque y carga: se trata de herramientas móviles.

- Dragalina: básicamente se trata de una excavadora de grandes dimensiones (parten de unas 2000tn hasta superar las 13000tn en los casos más extremos), lo que motiva que se construyen en el mismo lugar de la explotación. Sus características permiten extraer minerales por debajo del nivel del agua y en grandes volúmenes.

26

Sus componentes son un cazo colgado por cables a una pluma, que permiten lanzar el mismo al aire, permitiendo recogerlo escurrido.



*Imagen 10. Dragalina Caterpillar en funcionamiento.*

- Pala excavadora: en la explotación de áridos, se tratan de equipos hidráulicos. Pueden moverse utilizando un sistema de ruedas o sobre orugas y, dependiendo de la posición del cazo, se tratan de retroexcavadoras (extracción trasera), o de palas frontales. Se utilizan para la excavación de tierras, arranque de materiales y en la carga del material en los equipos de transporte.



*Imagen 11. Pala excavadora.*

- Pala cargadora: este equipamiento se caracteriza por tener una gran maniobrabilidad, versatilidad y movilidad, lo que hace que sean unas maquinarias ideales para las operaciones de del movimiento de tierras, sea cual sea su naturaleza, carga en el frente y para la carga del material ya procesado.



*Imagen 12. Pala cargadora Caterpillar*

- Perforadora: o jumbo de perforación, es el equipo usado para la realización de los barrenos usados para la colocación del explosivo en el frente y la realización de la posterior voladura. Ha sustituido en la gran mayoría de explotaciones a las antiguas perforadoras manuales, debido a la eficiencia y a la rapidez que presentan.



*Imagen 13. Equipo de perforación.*

- Bulldozer: también denominado tractor, es usado para la apertura, limpieza, nivelación y demás y demás labores auxiliares necesarias, pero su principal función es la de arrancar, empujar y apilar el material. El movimiento de tierras lo realiza por arrastre, a pesar de que cuenta con movimiento vertical en su cuchilla frontal.



*Imagen 14. Bulldozer*

### 5.3.2 Equipos de transporte

- Dumper: también denominado camión volquete, son equipos que pueden presentarse en formatos rígidos o articulados y cuya principal misión es la del movimiento (sobre ruedas) de los áridos dentro de la explotación, principalmente desde el frente hasta la planta de tratamiento, el almacenaje o las escombreras.

30



*Imagen 15. Dumper*

- Camión: el camión cumple con las mismas funciones que el dúmper o camión volquete, pero además del transporte por el interior de la instalación, lo puede realizar por carretera abierta, siendo usado para la distribución a los clientes de la explotación. Esto es posible porque cuenta con unas dimensiones menores a los elementos vistos anteriormente.



*Imagen 16. Camión minero*

- Cintas transportadoras: Cuando las distancias y la granulometría del material lo permiten, se recurre al uso de cintas transportadoras debido a que son capaces de mover grandes cantidades de toneladas de áridos.



32

*Imagen 17. Cinta transportadora en planta tratamiento de áridos*

### 5.3.3 Equipos de tratamiento

Son aquellos vistos anteriormente usados para la trituración, clasificación, molienda, etc, a lo que hay que sumar las instalaciones eléctricas de la planta, cintas transportadoras, los alimentadores, sistemas de motores y bombas y los sistemas de control.



## 6 Equipos de Protección Medioambiental

Debido al aumento de las restricciones medioambientales por parte de los organismos competentes estos equipos han aumentado su presencia en estas plantas. Estas medidas no se limitan al tiempo en que la explotación está en funcionamiento, si no que van más allá, garantizando de esta manera que la huella dejada sea lo más mínima posible. Antes de empezar la explotación, esta debe de contar con una serie de documentos que garanticen la calidad medioambiental de la instalación:

- Proyecto de Restauración de los Terrenos (aprobado por la autoridad competente)
- Aval que garantice que dicho proyecto de Restauración se pueda llevar a cabo.

Por otro lado, los equipos con más presencia son del tipo in situ, utilizados para la reducción del impacto medioambiental. Son muy variados y dependen de las condiciones de ubicación de la planta y de diversos factores propios de cada instalación. Los más usados son los siguientes:

- Sistemas de control de polvo
- Sistemas de protección frente al ruido
- Gestión selectiva de residuos
- Depuración del agua de lavado
- Reducción del impacto visual (apantallamientos)



# 7 Simulación de Plantas de Tratamiento de Minerales

## 7.1 Introducción

34

En primer lugar, es importante definir lo que es la simulación. Simulación se considera a los procedimientos usados para el modelado de un proceso, pero sin llegar a ejecutarlo, así como la modificación de procesos existentes, sin realizar cambios en estas plantas.

Las operaciones de una planta de tratamiento se remontan a la década de los 60, fecha desde la que contamos con referencias de diseño y análisis hechas a ordenador, aunque en un primer momento ya se realizaban simulaciones sin necesidad de equipos informáticos, con las limitaciones de manejo y realización de cálculos que esto supone, realizándose operaciones de simulación mucho más sencillas de las actuales.

El objetivo perseguido es el de la imitación del comportamiento real de la planta de tratamiento, conociendo las posibles actuaciones si es sometida al trabajo bajo unas determinadas condiciones, con lo que permite conocer datos del rendimiento a diferentes regímenes de trabajo sin producir el posible deterioro de los elementos constituyentes de la planta, con el consiguiente perjuicio económico, así como posibles fallos de diseño.

La extensión del uso del ordenador para el funcionamiento de estos simuladores se debe básicamente a las complejas operaciones unitarias requeridas para un diseño realista, así como para el gran número de interacciones entre las unidades, los cuales tienen que resolverse con balances de materias o energías, ya que no se trata de sistemas lineales.



Debido a la naturaleza de los simuladores, necesitan que sean introducidos una serie de parámetros para su correcto funcionamiento:

- Información exacta del mineral con el que se trabaja.
- Descripción del diagrama de flujo que representa el proceso.
- Descripción detallada del funcionamiento de los equipos utilizados.

35

Para el diseño de una planta de tratamiento de áridos se debe de tener en cuenta una serie de aspectos que son vitales para su funcionamiento:

- Los diferentes equipos presentes en el diagrama de flujo están conectados entre ellos, por lo que el mineral que es tratado por un equipo es recibido por el equipo siguiente recogido en el diagrama.
- Cada equipo tiene una función concreta previamente asignada dentro de la planta.
- Las especificaciones de los diferentes equipos usados, así como las características del mineral tratado influyen en el comportamiento de la planta.

Debido al tamaño de esta industria, en el mercado existen un gran número de simuladores, entre los que se encuentran:

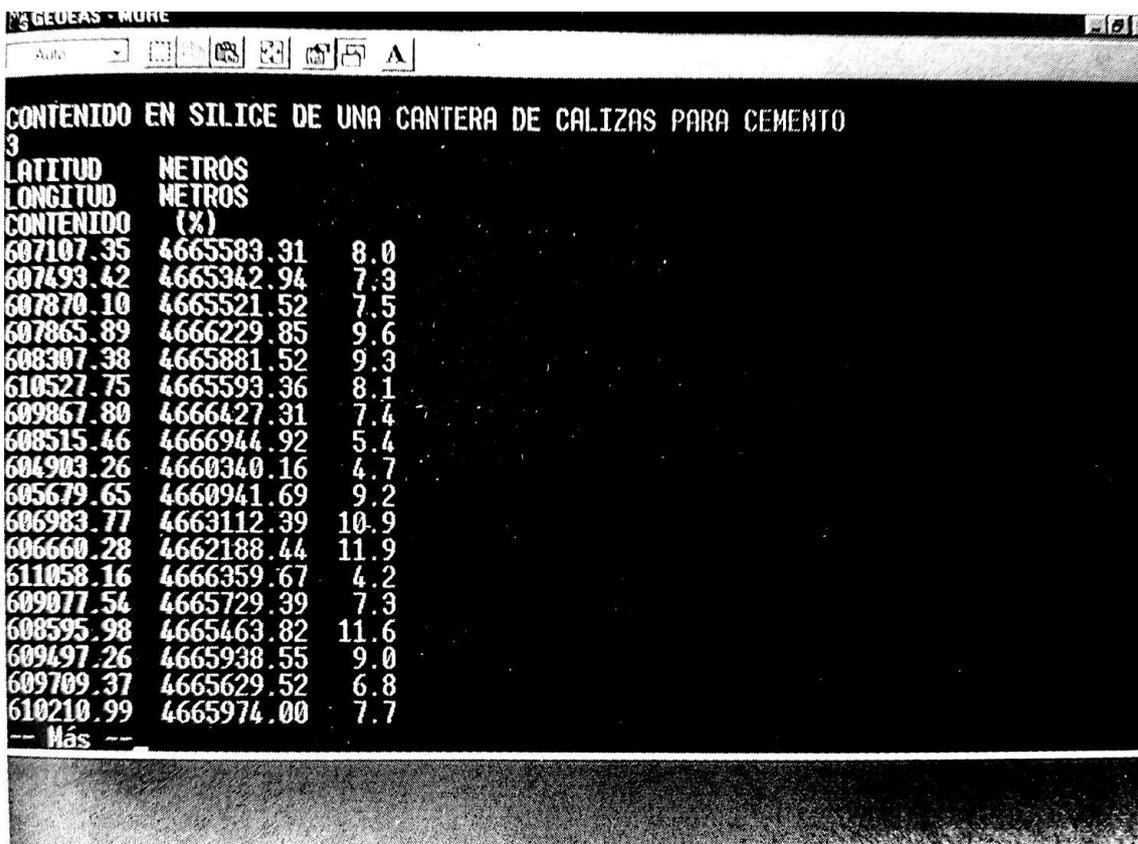
- Modsim
- JKSimMet
- SIMULA
- MinProSim
- SmartPlant Materials
- Mimic (diseñado para las industrias de proceso)
- ProModel

Pero concretando en las aplicaciones propias de la minería, existen tres tipos claramente diferenciados de softwares.

## 7.2 Aplicaciones Informáticas para el Tratamiento de los Datos de Sondeos y Cubicación de Reservas

### 7.2.1 GEOEAS

Geostatistical Environmental Assesment Software. Se trata de un software de dominio público, creado en 1991 por la Agencia de Protección medioambiental de Estados Unidos, el cual se centra en el estudio estadístico y geoestadístico en dos dimensiones, aspecto éste que lo limite si se quieren hacer estudios tridimensionales, haciendo necesario la utilización de softwares auxiliares (por ejemplo, el Geostatistical Toolbox) o la división del yacimiento en bancos horizontales.



CONTENIDO EN SILICE DE UNA CANTERA DE CALIZAS PARA CEMENTO

LATITUD	NETROS	LONGITUD	NETROS	CONTENIDO (%)
607107.35	4665583.31	8.0		
607493.42	4665342.94	7.3		
607870.10	4665521.52	7.5		
607865.89	4666229.85	9.6		
608307.38	4665881.52	9.3		
610527.75	4665593.36	8.1		
609867.80	4666427.31	7.4		
608515.46	4666944.92	5.4		
604903.26	4660340.16	4.7		
605679.65	4660941.69	9.2		
606983.77	4663112.39	10.9		
606660.28	4662188.44	11.9		
611058.16	4666359.67	4.2		
609077.54	4665729.39	7.3		
608595.98	4665463.82	11.6		
609497.26	4665938.55	9.0		
609709.37	4665629.52	6.8		
610210.99	4665974.00	7.7		
-- Más --				

Imagen 18. Vista de hoja GEOEAS

## 7.2.2 ROCKWORK

Este programa, perteneciente a la empresa Rockware, tiene un enfoque aplicado a la geología que permite obtener columnas, sondeos, ubicar yacimientos y hacer estudios hidrogeológicos.

La versión más actual de dicho software es ROCKWORK 17.

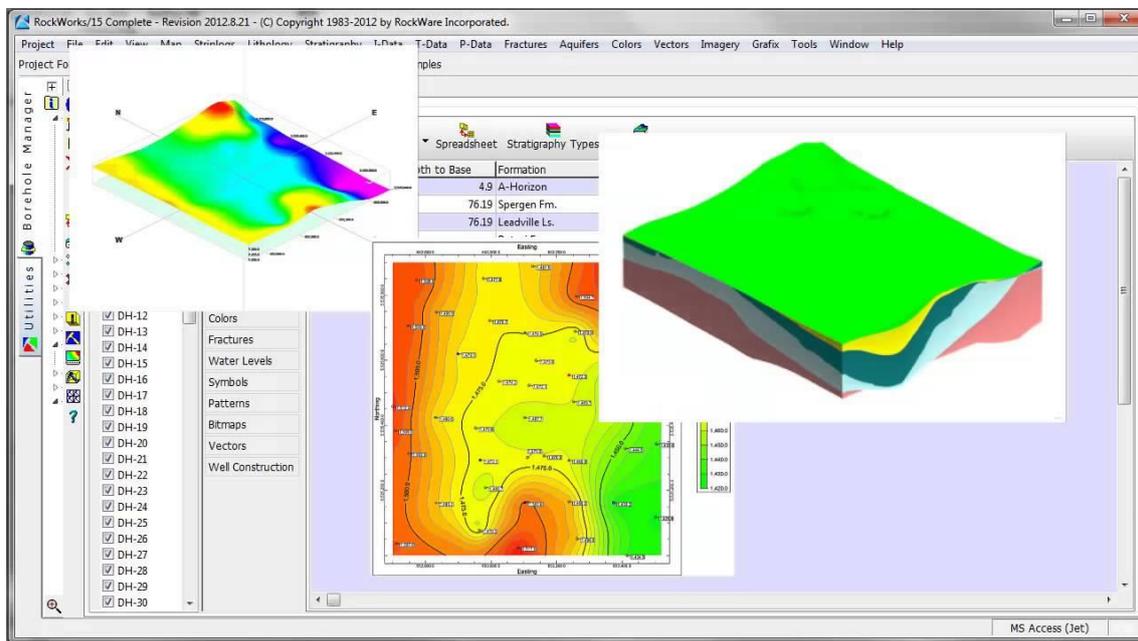
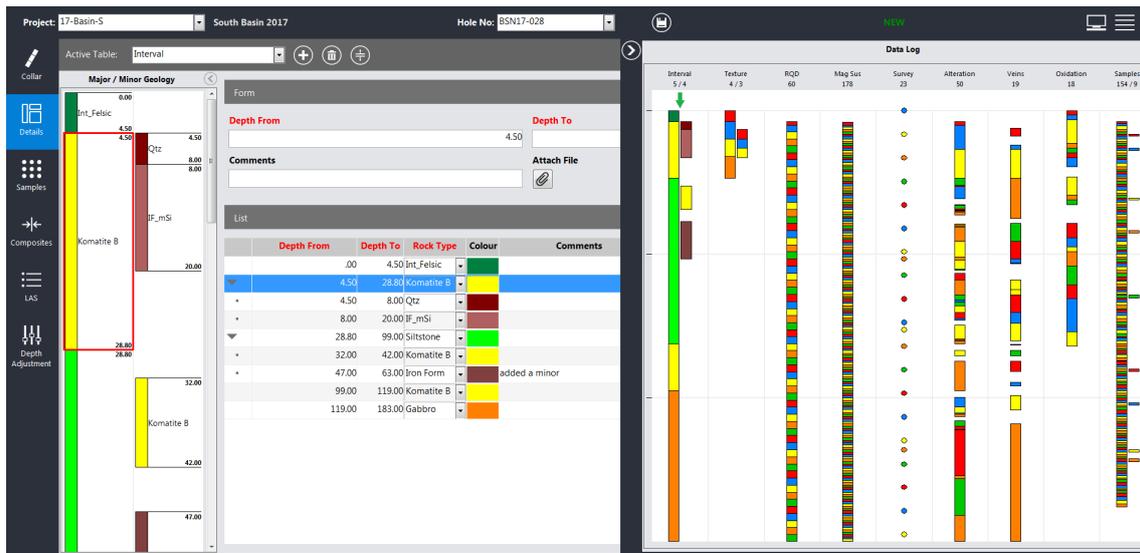


Imagen 19. Vista ROCKWORK

### 7.2.3 DH LOGGER

Se trata de un software comercializado por la empresa DATAMINE. Este programa tiene la función del desarrollo y administración de datos provenientes de los sondeos realizados.



*Imagen 20. DH Logger*

## 7.2.4 MINEMAPPER

Este software también está desarrollado por la empresa DATAMINE y su función es el mapeo en 3D de explotaciones mineras, tanto aquellas que son a cielo abierto como las subterráneas.

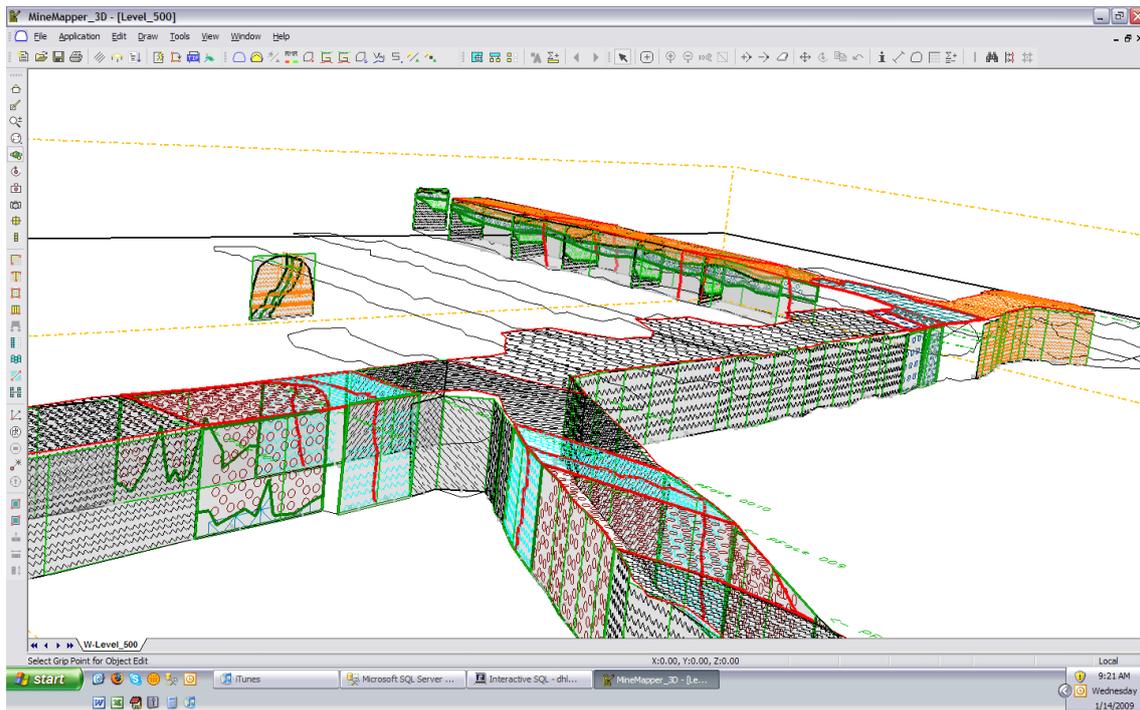


Imagen 21. MineMapper

## 7.2.5 GÉNESIS

El anteriormente conocido como SETCAD Y BLKCAD es un programa de la empresa SGS es una herramienta para la estimación de los recursos minerales y para el modelado geológico.

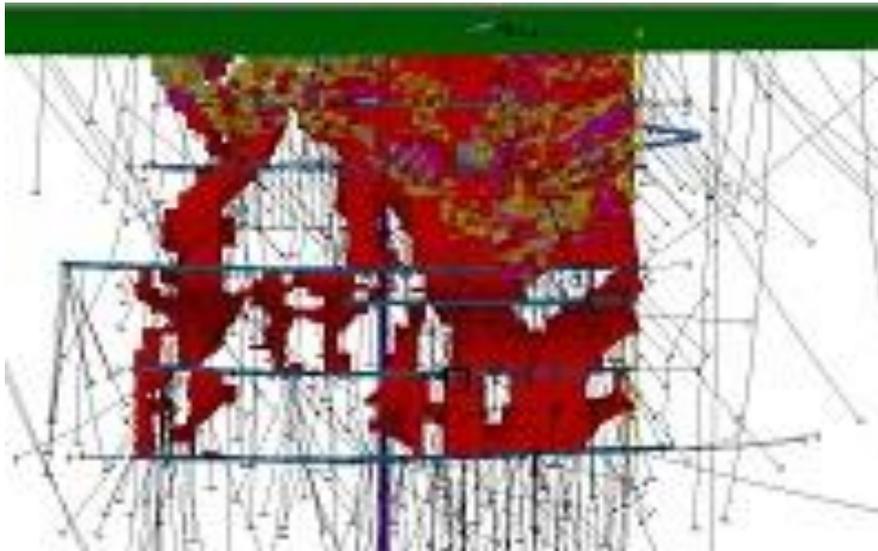


Imagen 22. Génesis

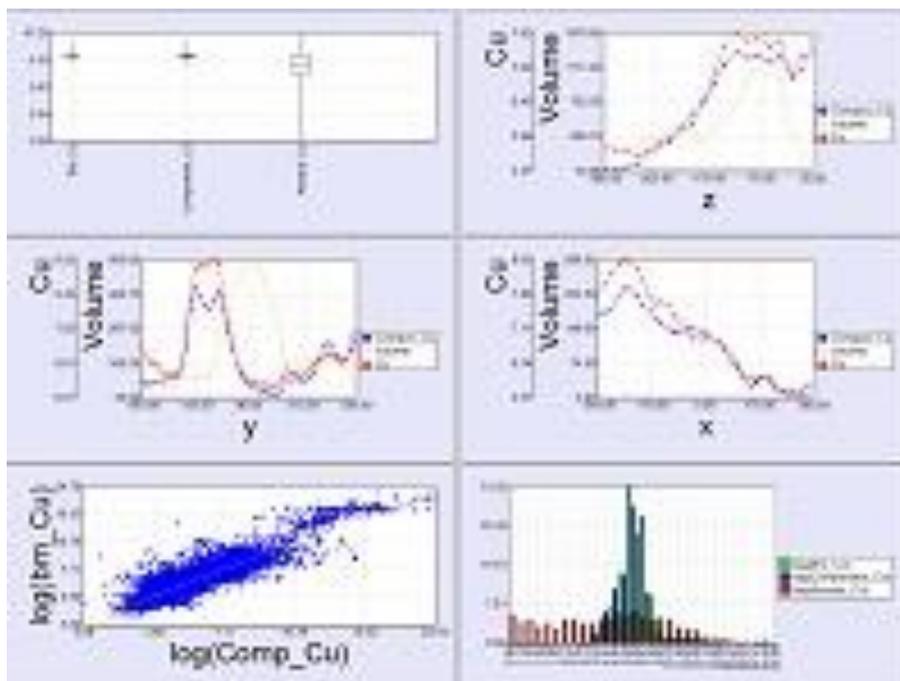


Imagen 23. Génesis

## 7.3 Aplicaciones Informáticas para el Tratamiento Integral de Explotaciones Mineras

### 7.3.1 SERMINE

Se trataba de un software desarrollado por la empresa COGEMA (COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES) originariamente desarrollada para la exploración e investigación del uranio, pero que se extendió para el resto de minería, fundamentalmente para la estimación de recursos. Actualmente este software está descatalogado.

### 7.3.2 SURPAC

Este software desarrollado por la empresa GEOVIA presenta recursos para profesionales de la geología, minería y topografía, ya que desarrolla recursos mineros enfocados a la planificación de operaciones a cielo abierto, subterráneas e incluso de exploración.

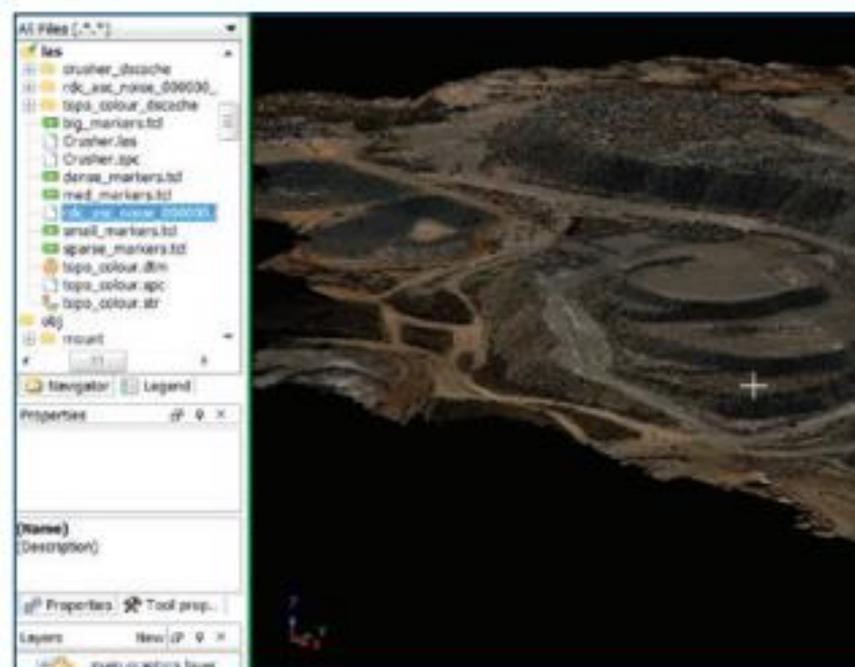


Imagen 24. SURPAC

### 7.3.3 WHITTLE FOUR – X

Desarrollado por la compañía australiana Whittle Programming Pty Ltd, es un programa para la planificación estratégica minera en operaciones a cielo abierto, basándose para ello en la utilización de numerosos datos de origen geológico y parámetros económicos.

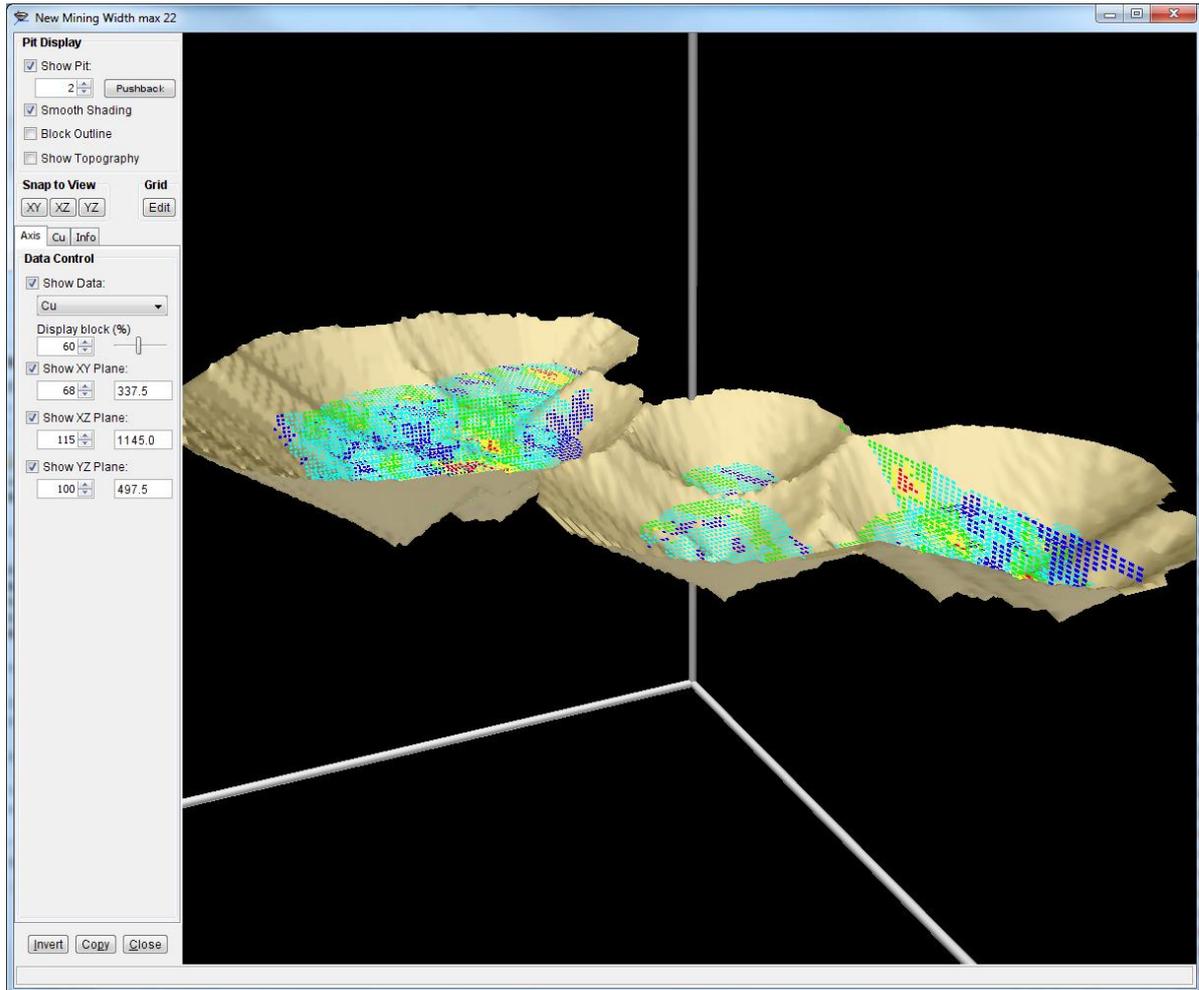


Imagen 25. WHITTLE FOUR – X.

### 7.3.4 MINEMAX PLANNER

MineMAX Pty. Ltd creó y desarrolló el programa MINEMAX PLANNER, el cual se trata de un software de optimización y desarrollo de minas de cielo abierto.

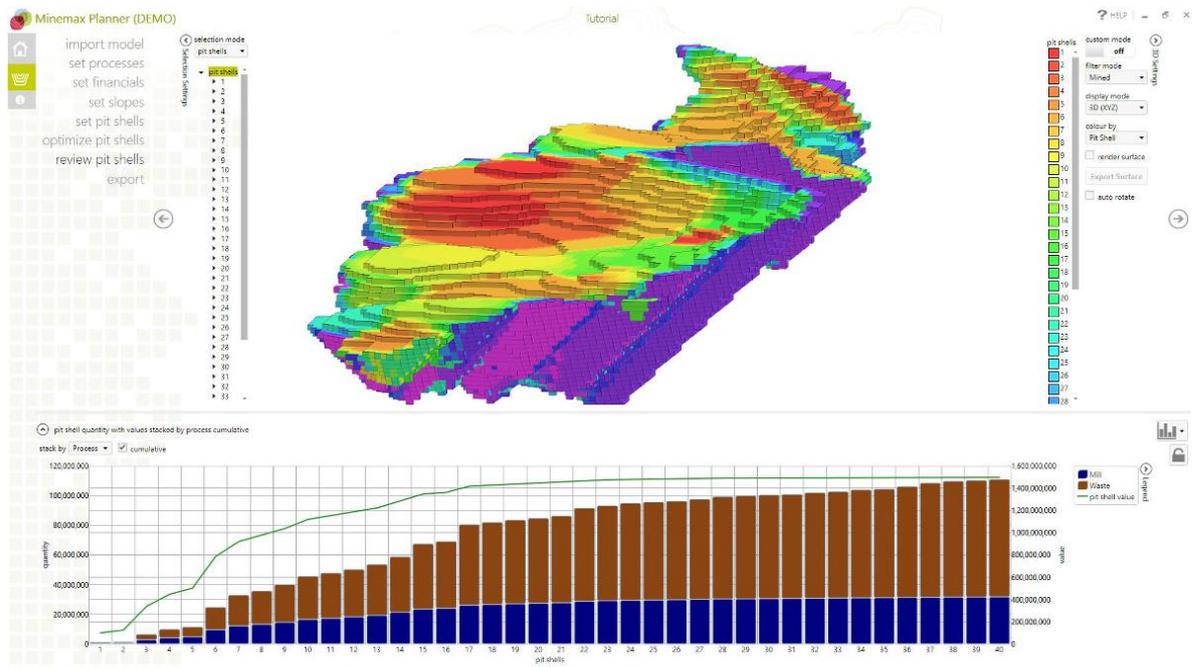
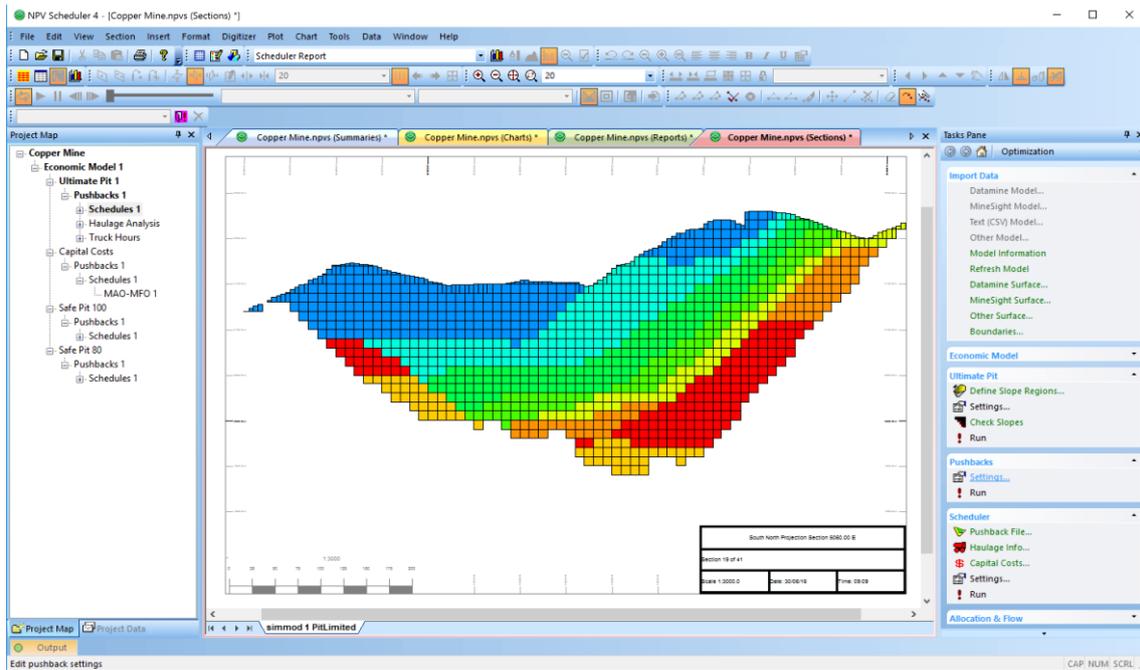


Imagen 26. MINEMAX PLANNER

### 7.3.5 MAXIPIT y NPVSCHEDULER

Propiedad ambos de la empresa DATAMINE y con el objetivo de competir directamente con el producto WHITTLE, son softwares de optimización para minería a cielo abierto a gran escala.



*Imagen 27. MAXIPIT y NPVSCHEDULER*

## 7.4 Aplicaciones Informáticas para el Diseño Minero y Simulación de Operaciones

### 7.4.1 DISVOL

Se trata de un software desarrollado para el cálculo y diseño de voladuras en canteras y minas, caracterizando para ello los macizos rocosos mediante el índice de volabilidad, así como el cálculo de la resistencia eléctrica total del circuito y sección del explosor y la predicción de la fragmentación de la roca. Actualmente responde al nombre de JKSimBlast y pertenece a JK Tech de Brisbane, Australia.

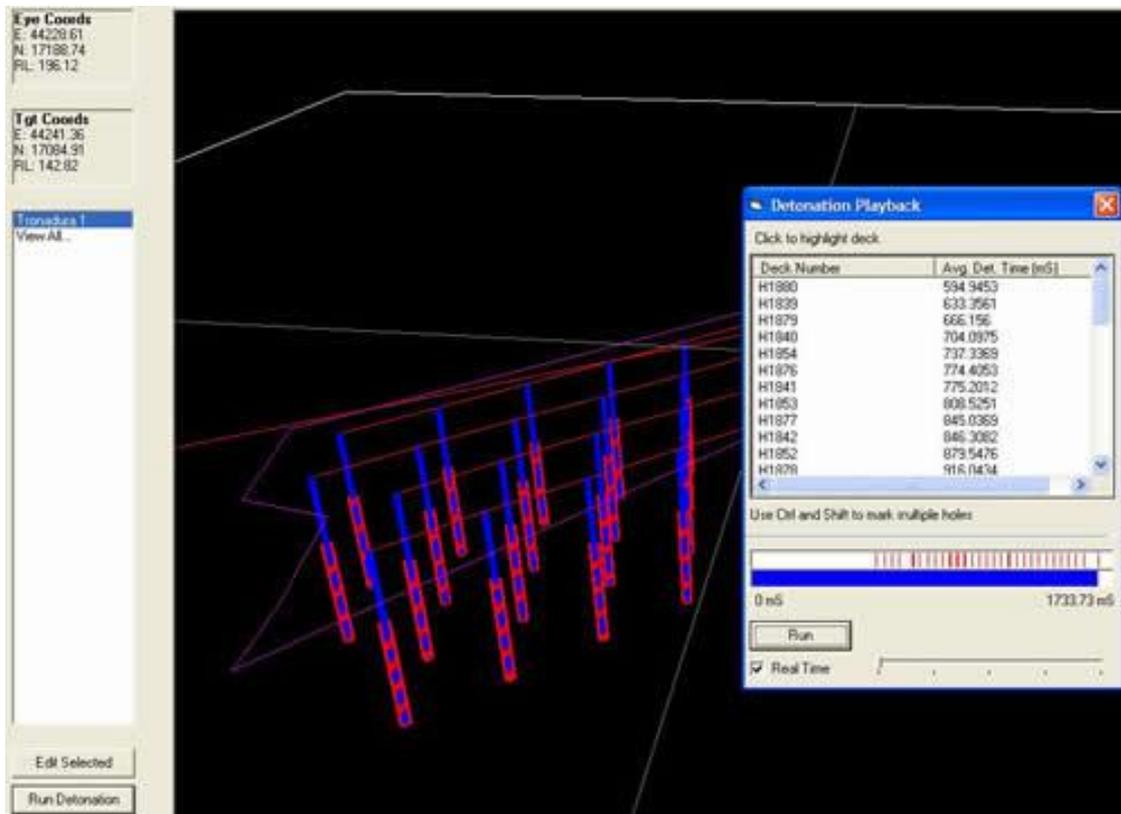
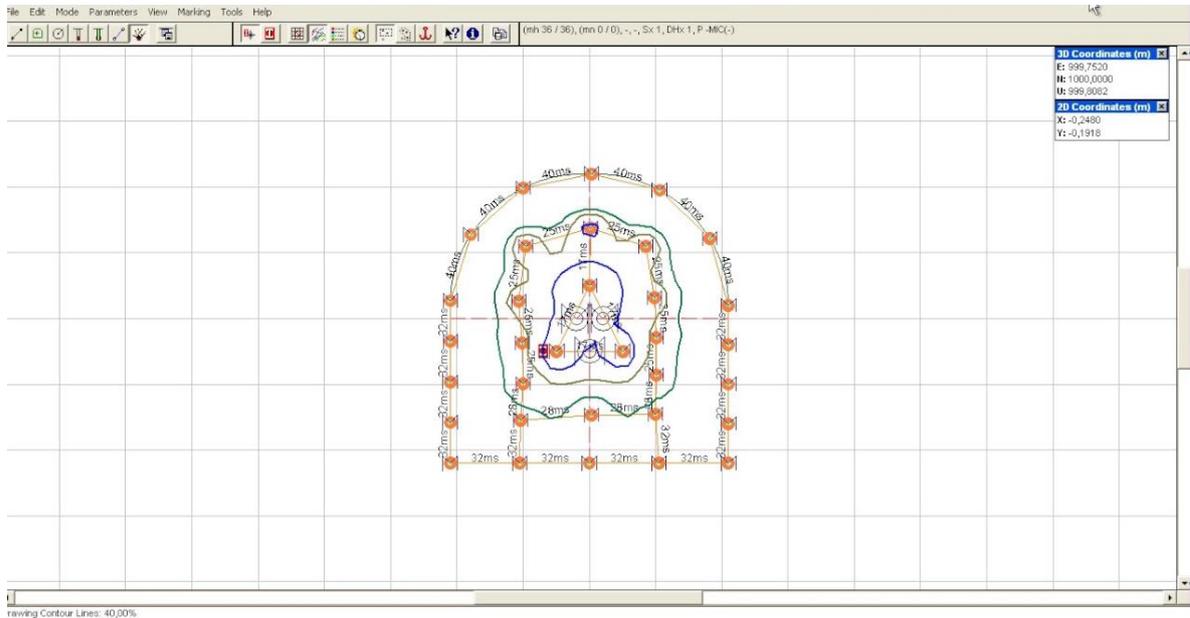


Imagen 28. Disvol

## 7.4.2 JKSIMBLAST

Desarrollado también por JKTECH, es otro software de simulación de voladuras, así como su análisis, optimización y diseño.



*Imagen 29. JKSimBlast*

### 7.4.3 VIBRAVOL

Este es un software desarrollado para la realización del estudio de vibraciones, así como la prevención de daños que se debe aplicar para la proteger una determinada estructura, instalación industrial, equipo mecánico, hormigón, molestias a personas y demás parámetros que pueden presentarse en las inmediaciones de la voladura.

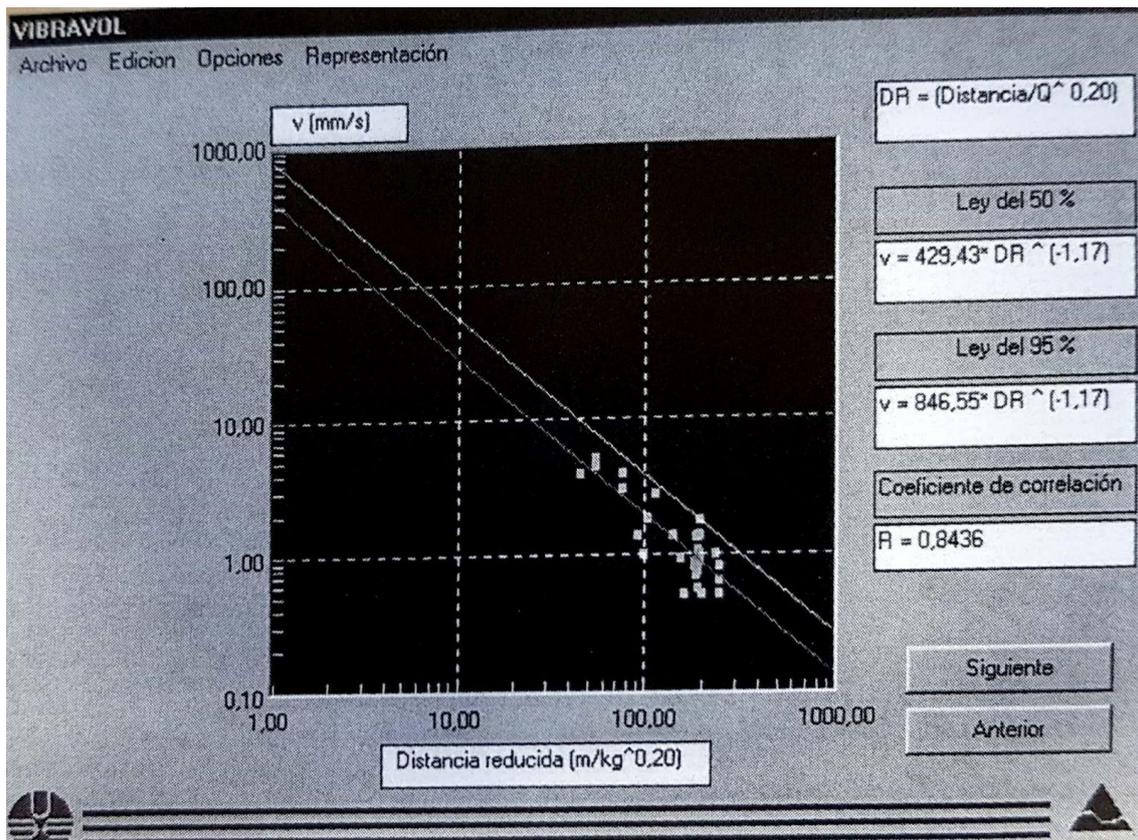


Imagen 30. VibraVol

### 7.4.4 AIRVOL

Software utilizado en la estima de del alcance de las proyecciones generadas en la voladura, el nivel de onda aérea, y el polvo generado en los trabajos a cielo abierto y en su deposición en el entorno.

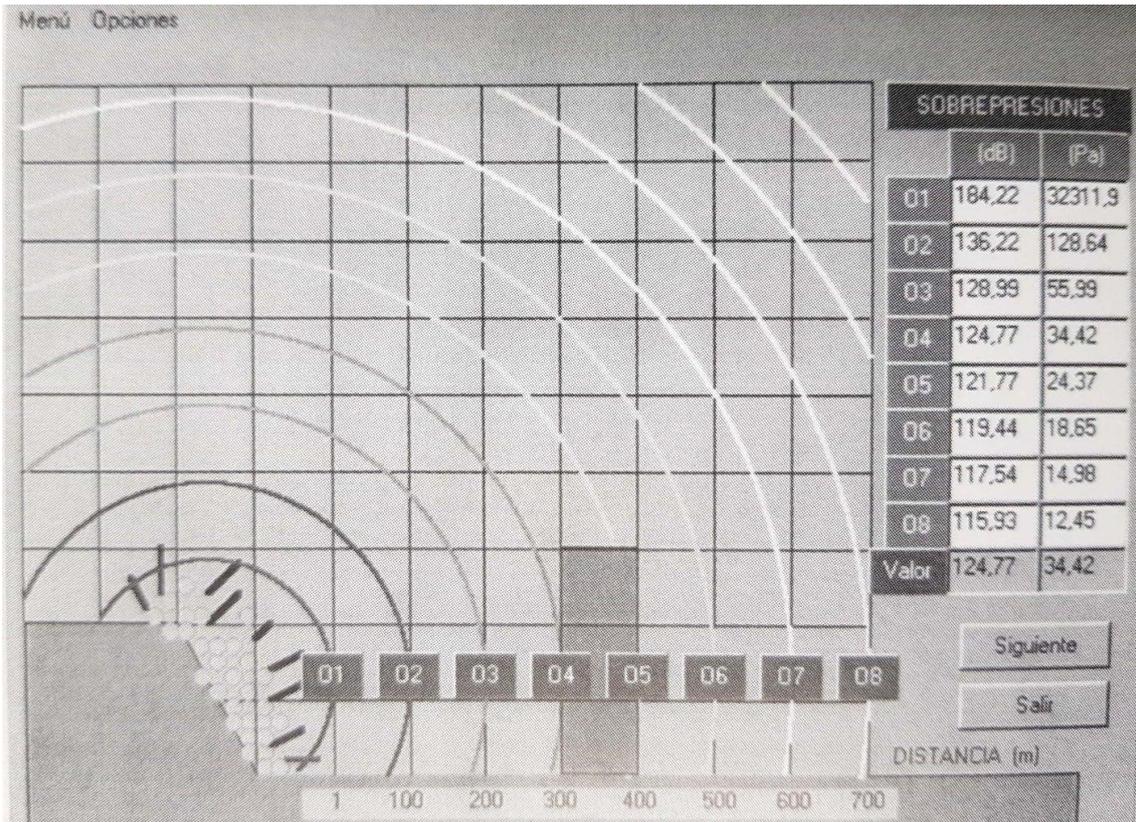


Imagen 31. AirVol

### 7.4.5 TRANSMIN

Desarrollado por la empresa de la que toma su nombre, este software ha sido desarrollado para el cálculo del transporte dentro de la explotación, gracias al que se consigue unas cifras de tiempo de ciclo mucho más reales que con las estimaciones imprecisas obtenidas manualmente.

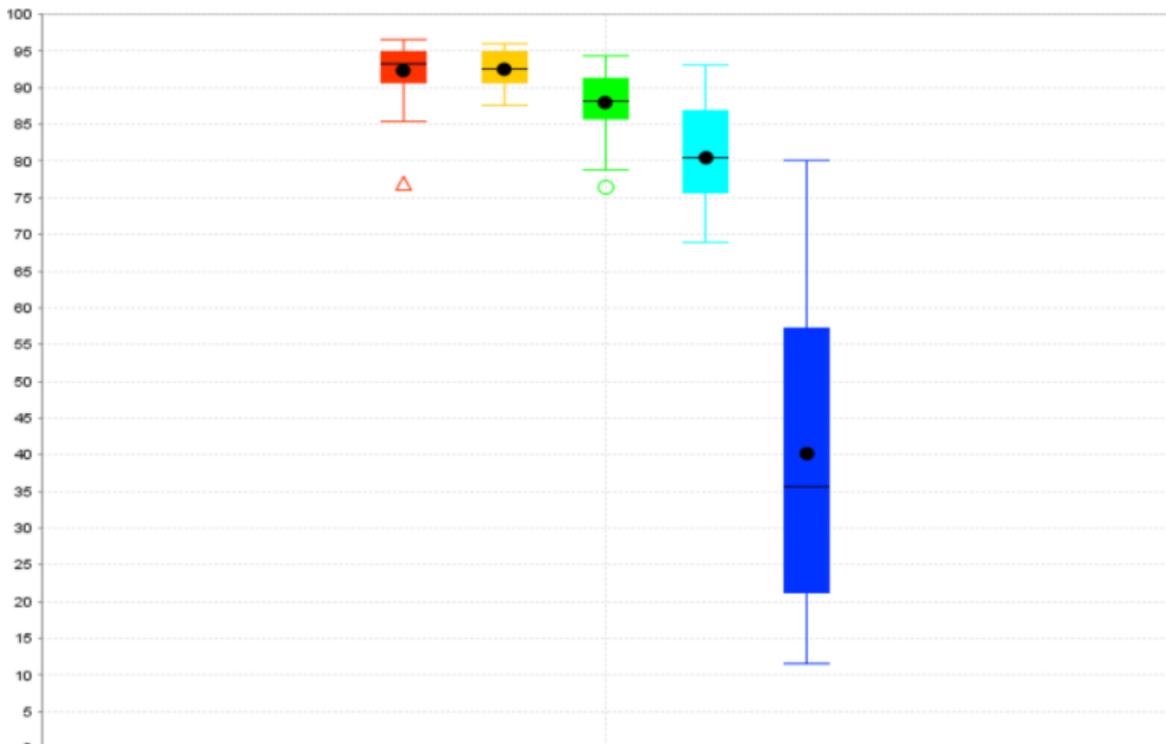


Imagen 32. Transmin

### 7.4.6 TALUDMIN

En el caso de este software, el desarrollo ha sido llevado a cabo por una universidad, concretamente por la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid. Esta herramienta permite calcular las calidades de los taludes mediante la clasificación SMR, habiendo clasificado geomecánica el macizo rocoso mediante la clasificación de Beniawski RMR, minimizando errores de cálculo.

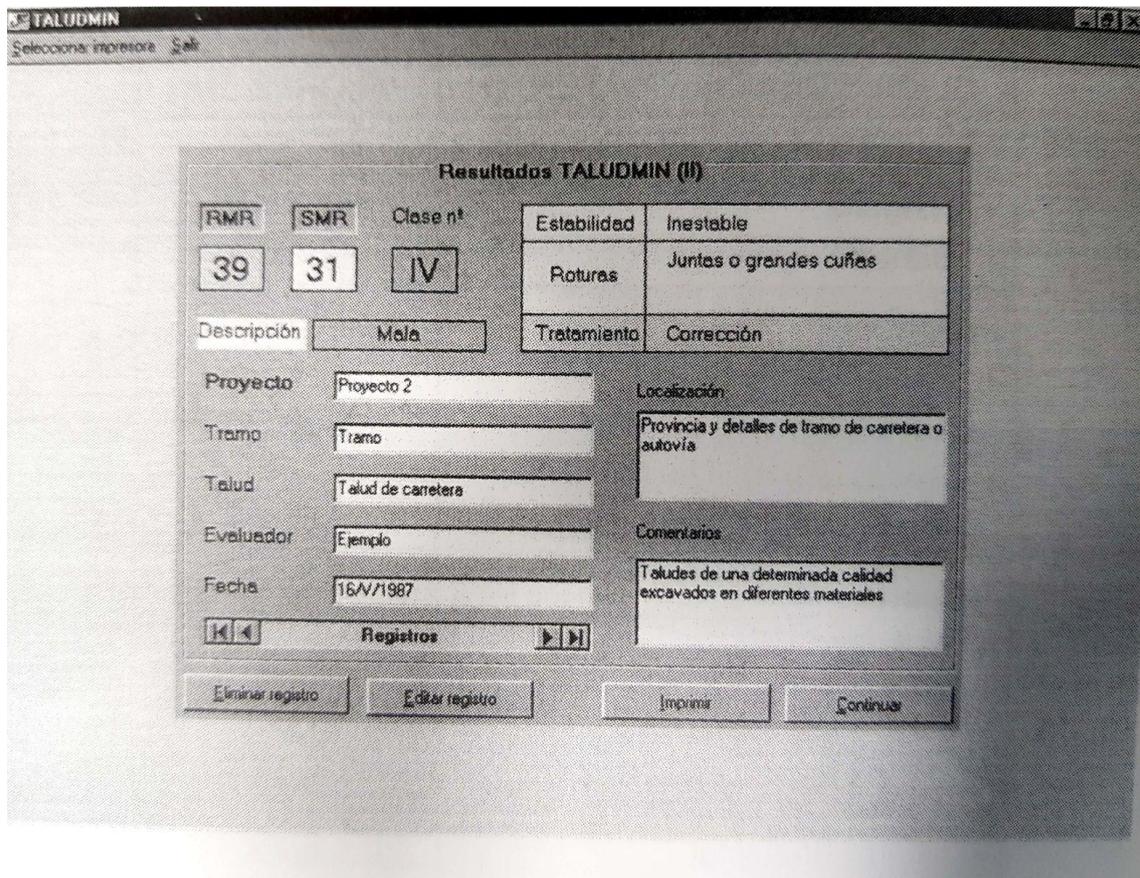


Imagen 33. TaludMin

### 7.4.7 MINESCOM

Software usado para el cálculo de escombreras, pudiendo evaluar su estabilidad. Para ello coge valores de los cimientos de apoyo, materiales que lo componen, etc.

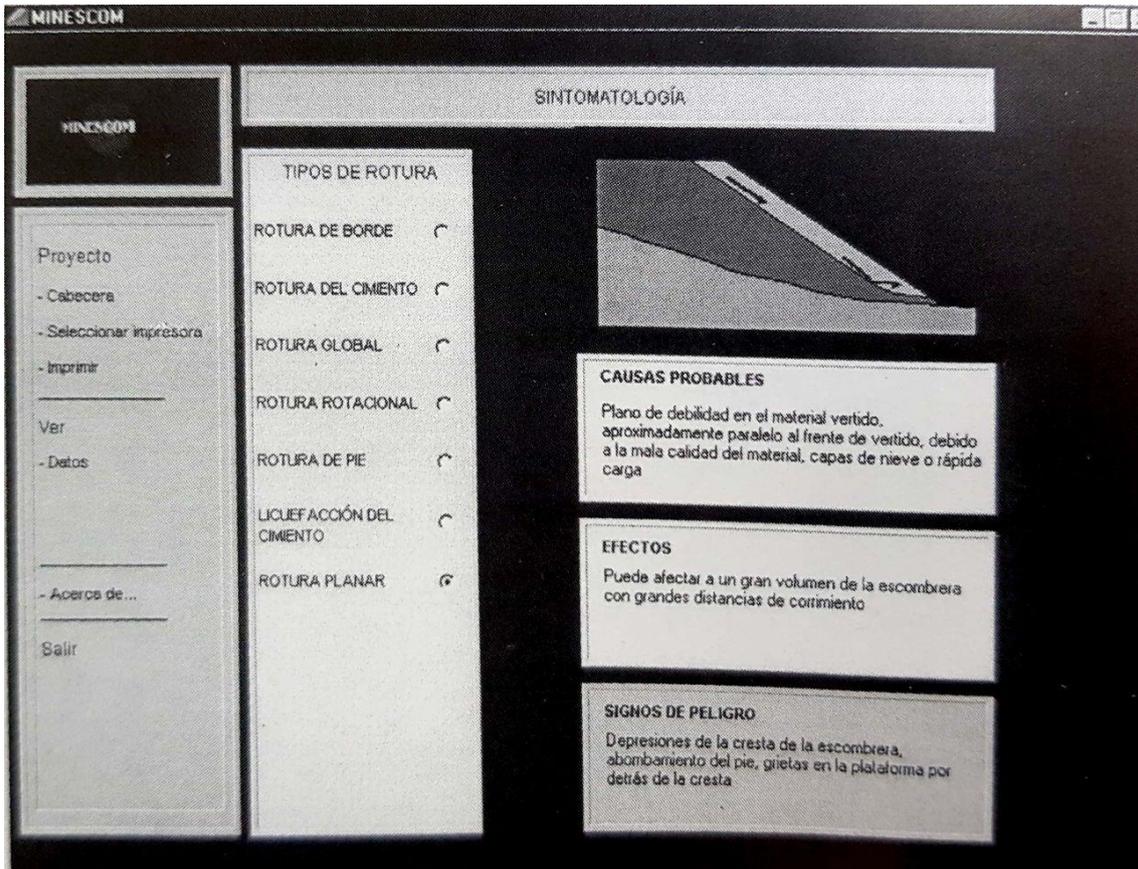


Imagen 34. MinesCom

### 7.4.8 SWEDGE

Programa desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Rocas de la Universidad de Toronto, y derivó en la empresa ROCSCIENE Inc., siendo la actual propietaria, como apoyo a la alta demanda y su trabajo es el de calcular el factor de seguridad en cuñas, lo que permite definir elementos de sujeción.

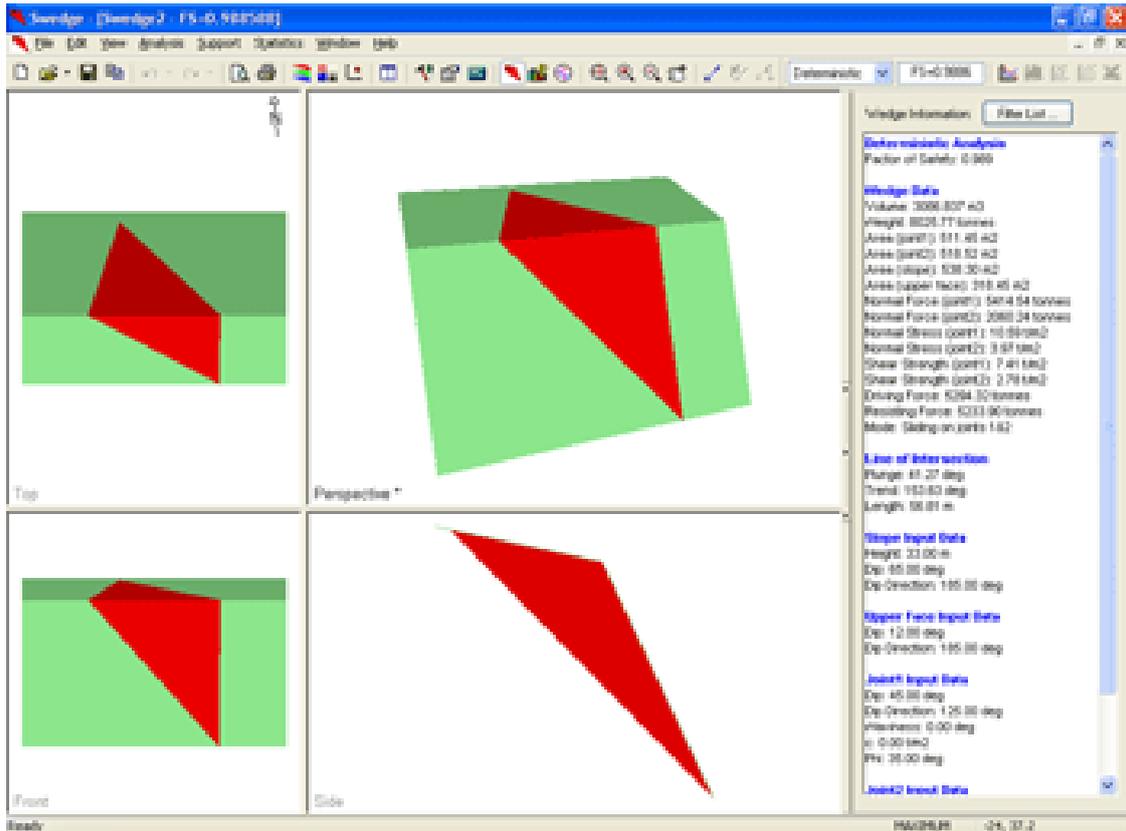


Imagen 35. Swedge

### 7.4.9 SLIDE

Al igual que pasa con el software SWEDGE, Slide fue desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Rocas de la Universidad de Toronto y ahora es distribuido y mejorado por la empresa ROCSCIENCE. Gracias a esta herramienta se puede calcular la estabilidad de taludes basándose en las leyes de la estática, así como el grado de seguridad de los mismos.

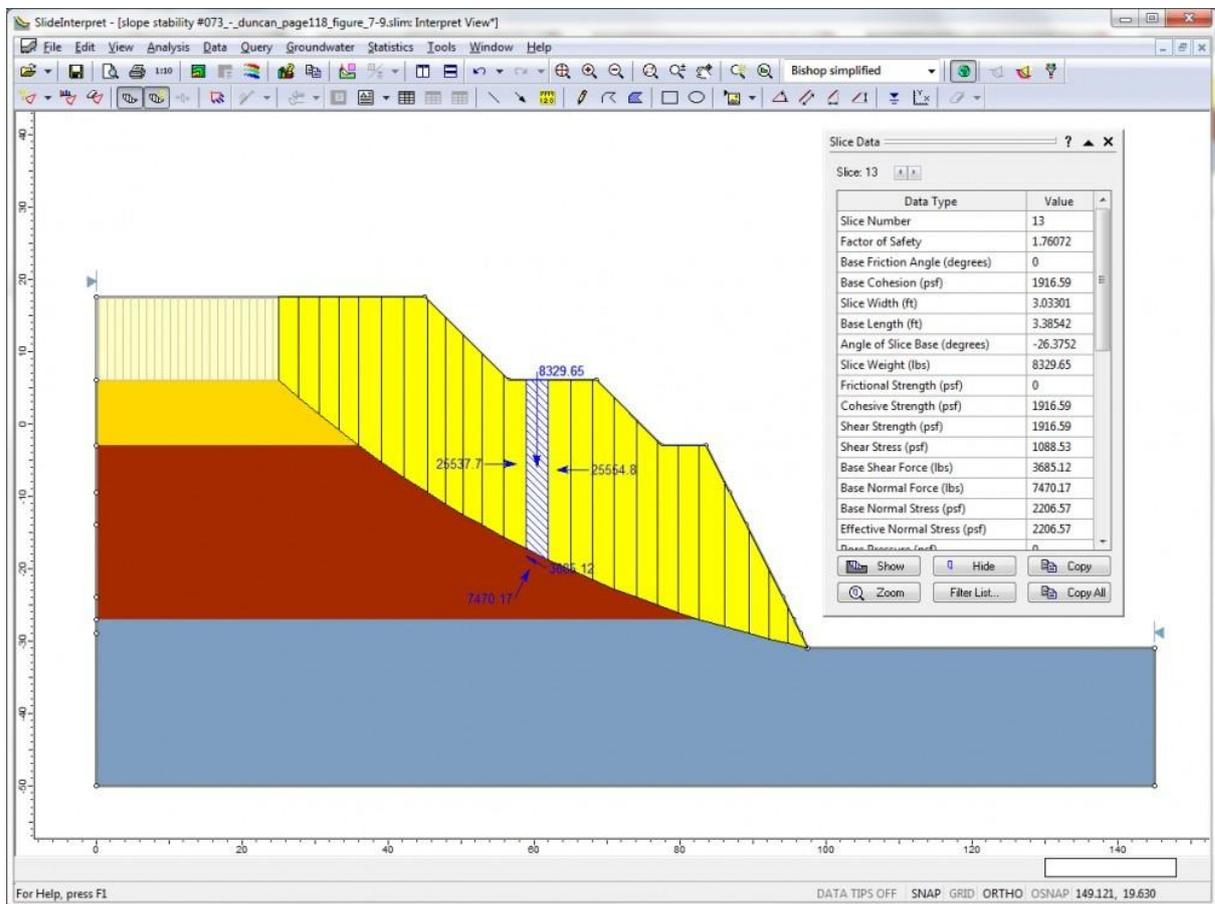


Imagen 36. Slide



## 8 MODSIM

### 8.1 Antecedentes

Modular Simulator for Ore Dressing Plants, más conocido en el entorno de la minería como MODSIM, es el software más utilizado para hacer simulaciones de plantas de procesamiento de minerales.

Dicho programa fue desarrollado tras la cosecha de éxitos después de aplicarlo a la industria del simulador de plantas de flotación de la Universidad de Natal (Durban-Sudáfrica), más concretamente por el programa de investigación del Mintel's Chemical Engineering Research Group, de su Departamento de Ingeniería Química y su presentación tuvo lugar en la 13ª Conferencia de CMMI de Johannesburgo en el año 1982.

El núcleo del software utiliza el código FORTRAN y fue desarrollado por M. A. Ford. Este código es usado para los bucles de búsqueda, la descomposición de circuitos y los cálculos secuenciales. Desde que Ford introdujo este código en 1979 no ha sufrido ninguna variación, únicamente pequeñas variaciones necesarias para adaptarlo a los nuevos ordenadores, así como otros requerimientos de mantenimiento.

Por otro lado, debido a que los modelos usados para las operaciones necesarias no dependen del núcleo central, los modelos pueden evolucionar a los avances de la tecnología y de la investigación, por lo que continuamente se añaden nuevos modelos a ModSim, garantizando la mejora de los existentes y presentándose siempre actualizados.

Del mismo modo que se actualizan los modelos para adaptarse al mercado, la interfaz gráfica lo ha hecho, para presentar un diseño más funcional de cara a trabajar con él en ordenadores de oficina, debido a que es el método más usado para trabajar con él, a pesar de que su desarrollo inicial fue pensado para trabajar en grandes ordenadores.



Por otro lado, para que los resultados obtenidos sean lo más útiles y extrapolables a la situación real de uso, se tienen que tener en cuenta una serie de datos:

- La estructura del diagrama de flujo tiene que contar con todas las operaciones unitarias presentes y la forma en la que se conectan.
- La composición mineralógica y estructura del mineral a procesar, así como su granulometría y tamaño.
- Las características paramétricas de cada elemento del diagrama de flujo.

55

## 8.2 Uso MODSIM

El uso de los simuladores es tan importante y de uso extendido en la actualidad debido a que, como se había comentado con anterioridad, permite replicar las condiciones de uso de la planta bajo diversas condiciones, sin poner en riesgo capital económico para la empresa, ya sea por el deterioro de los equipos o debido al parón producido para cambiar los parámetros de funcionamiento por los nuevos.

Las simulaciones se pueden dividir en dos tipos diferentes: aquellas que pertenecen a la etapa de diseño de una planta de nueva construcción o aquellas usadas en plantas ya construidas, pero en las que se quieren plantear cambios en las labores de operación.

Por un lado, en las simulaciones con el fin de diseñar una planta de nueva construcción, el software proporciona una serie de datos que sirven para:

- Encontrar el de flujo ideal para las condiciones presentes
- Elección de los equipos más adecuados
- Correcto dimensionado de los diferentes elementos constituyentes
- Identificación y corrección de los posibles cuellos de botella producidos
- Comparación de los diferentes equipos del mercado de diferentes fabricantes
- Definir los problemas posibles si no se cumplen los rendimientos de la planta.

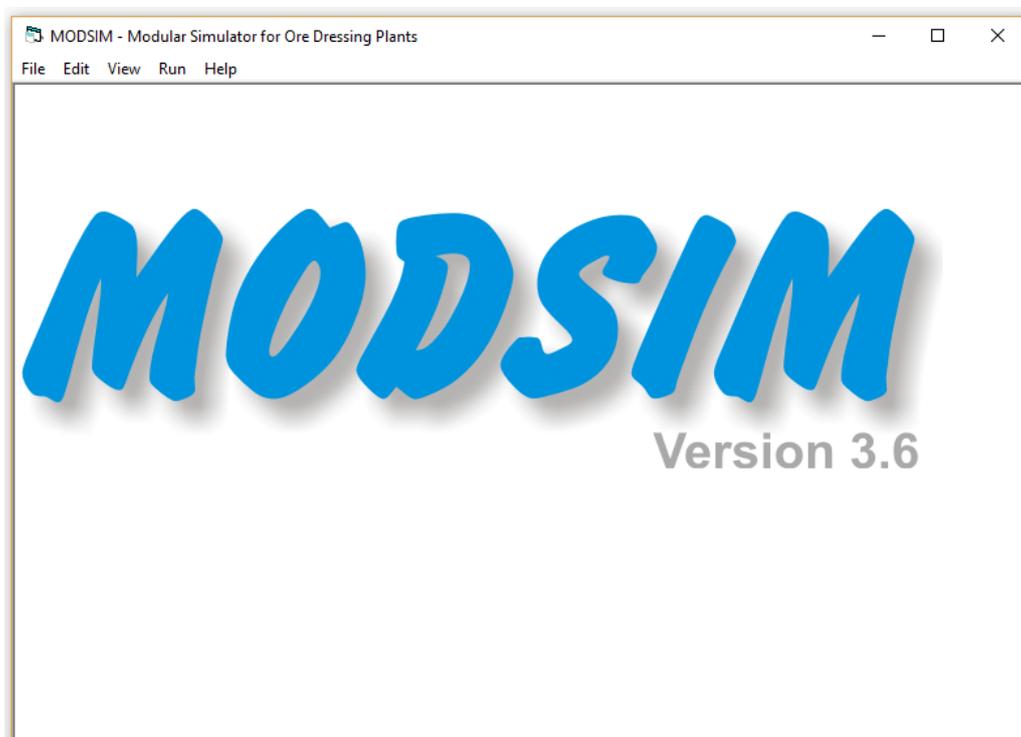
En cuanto al otro tipo de simulación posible, aquella referida a las plantas en funcionamiento, el simulador aporta los datos usados para:

- Calcular el rendimiento óptimo de la planta
- Localizar cuellos de botellas presentes
- Ajustar parámetros para adaptarse a las variaciones de las condiciones de alimentación
- Mejorar operaciones en régimen de funcionamiento

En el caso de este Trabajo de Fin de Grado, se iba va a realizar la simulación para el caso de una posible planta de nueva construcción o incluso de la ampliación de unas existente de un importante grupo de mineras y canteras de Cantabria, pero que finalmente no se pudo llevar a cabo.

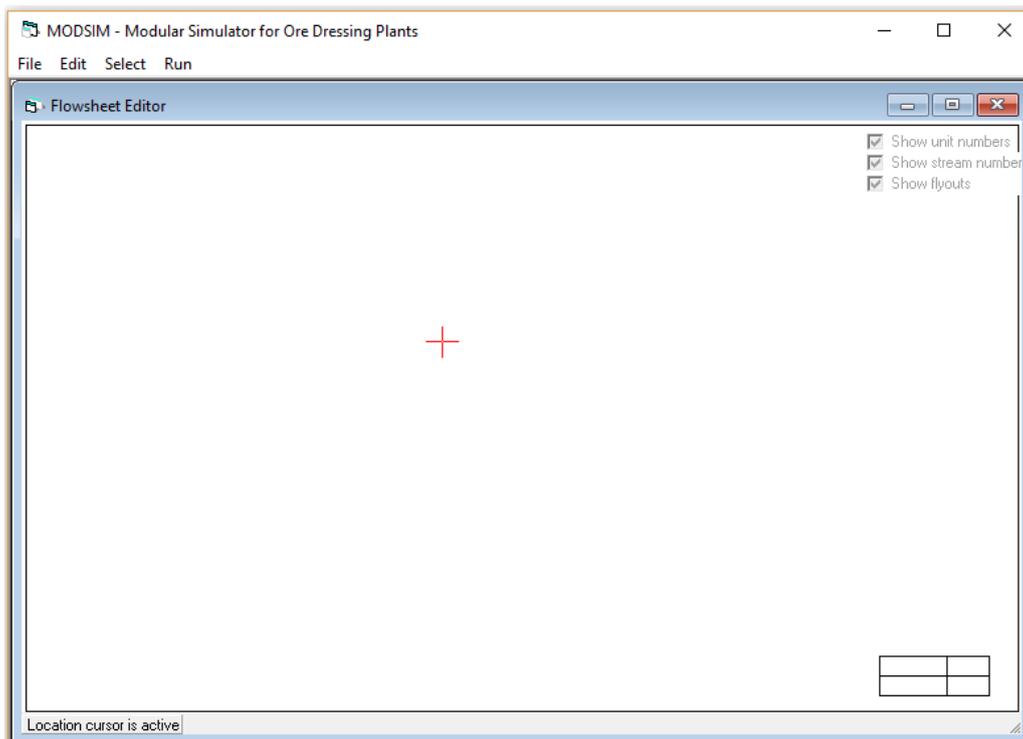
En la pantalla de inicio de Modsim se encuentran 5 pestañas, cada una con una función específica que detallaran a continuación.

Las diferentes pestañas son: File, Edit, View, Run y Help.



*Imagen 37. Vista general MODSIM*

1. “File”: esta pestaña sirve para crear nuevos archivos, abrir los existentes o guardar los que se encuentran abiertos.
  - Dentro de “File”, para comenzar el diseño de una planta, se usa la opción de “Start a New Job” o bien, en caso de que se desee trabajar con un diseño previamente realizado “Open a existing job” es la opción adecuada.



*Imagen 38. Vista al seleccionar Start a new job*

2. Edit: en esta opción se pueden realizar las tareas de creación de las líneas de conexión entre equipos, así como el cambio de ubicación de las mismas. Del mismo modo se pueden escribir anotaciones en el diagrama de flujo, variar los parámetros de los equipos, entre otras labores.
  - Dentro de este menú se desplazan las pestañas de “Edit flowsheet”, “Edit system data”, “Edit model parameters”, “Edit output parameters” y “change job name”.



3. View: en esta pestaña se pueden ver todos los datos de simulacion, las difentes gráficas...
  - Las opciones disponibles en este menú son “Flowsheet”, “Simulation results”, “Data output file”, “Report file”, “Stream properties”, “Size distribution graphs”, y “Liberation distribution graphs”.
  
4. Run: en este apartado se realiza la simulación con todos los datos y cálculos introducidos.
  - En este apartado nos encontramos las opciones de “Run simulation”, “View DLL diagnostic file”, “Show local path for temporary files”, “View data echo file”, “Review calculation order” y “View tear streams”.
  
5. Help: proporciona acceso a las opciones ade ayuda del sistema.
  - Nos encontramos con “Help” y “About”.

## 9 CALCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA

### 9.1 Diagrama de Flujo

Para empezar con el diseño de la planta de tratamiento, el punto de partida es la configuración de los diferentes elementos del sistema.

En esta simulación, el flowsheet que presenta será el siguiente:

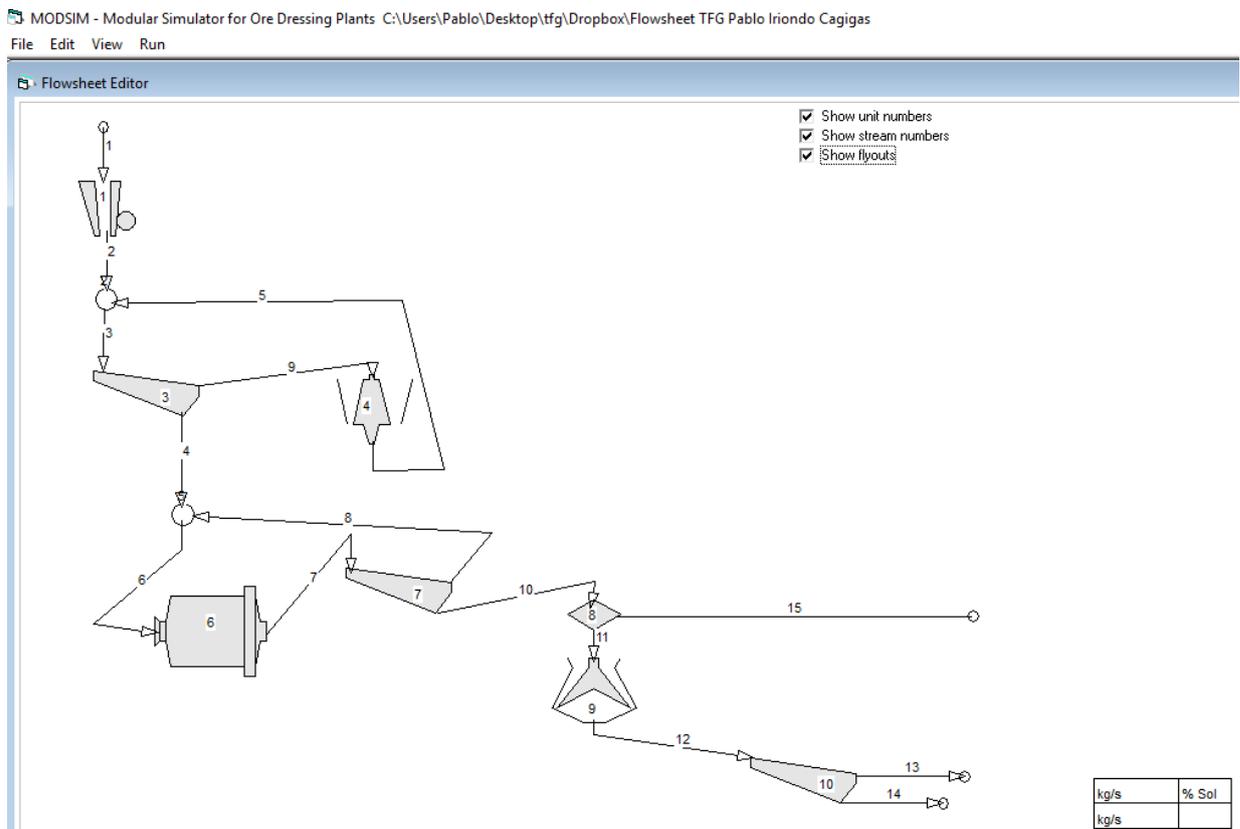


Imagen 39. Diagrama de flujo



Los elementos de los que dispone el sistema a simular son los siguientes:

1. Triturador de mandíbulas
2. Mezclador
3. Machacadora giratoria
4. Criba de una tela
5. Mezclador
6. Molino de bolas
7. Separador de corrientes
8. Mezclador de corrientes
9. Triturador de cono
10. Criba de una tela

60

Para la selección de los diferentes parámetros de los elementos del presente sistema, hay que conocer las características de la mena y de alimentación.

En esta plante, debido a que solamente trabajaremos con áridos, se debe de tener en cuenta que la gravedad aproximada es de  $2,6 \text{ g/cm}^3$  y el mayor tamaño de partícula supuesto es de 850mm.

## 9.2 Distribución Granulométrica

En cuanto a la alimentación, se presenta la distribución granulométrica y curva:

Tamaño (mm)	Pasante acumulado (%)
802	99.79
723	97.97
578	94.24
461	89.36
312	82.51
196	73.41
132	60.46
102	51.26
83	42.44
64	34.21
47	26.56
22	11.2
11.6	6.07
6.61	3.79
1.37	1.82
0.916	0.72
0.789	0.52
0.476	0.1
0.262	0.04

Tabla 8. Distribución granulométrica.

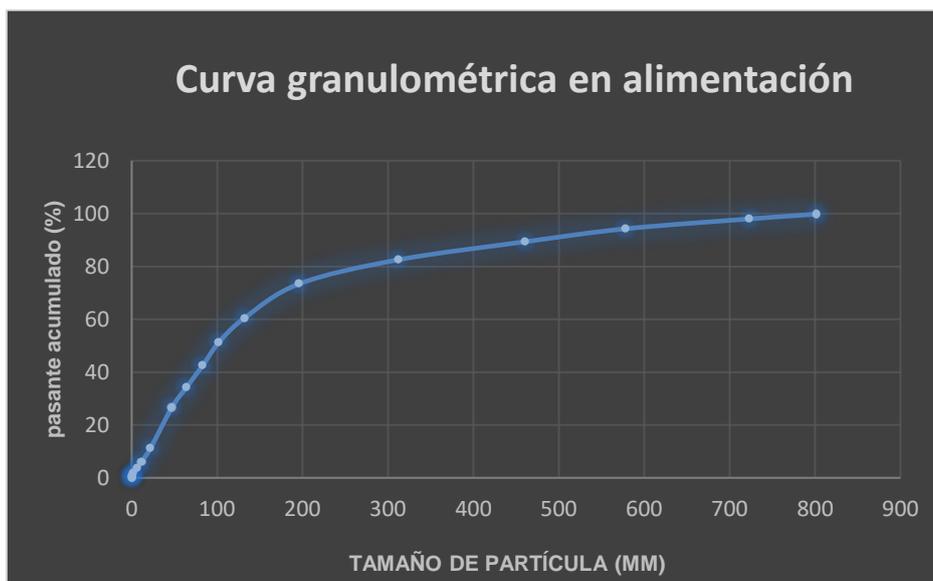


Gráfico 4. Curva granulométrica en la alimentación

### 9.3 Parámetros de Convergencia

Para la elección de los parámetros de convergencia se ha optado por el método de Newton Modificado ya que se trata del más usado y rápido. Para acceder a este menú, debemos de entrar por Edit>Edit system data>

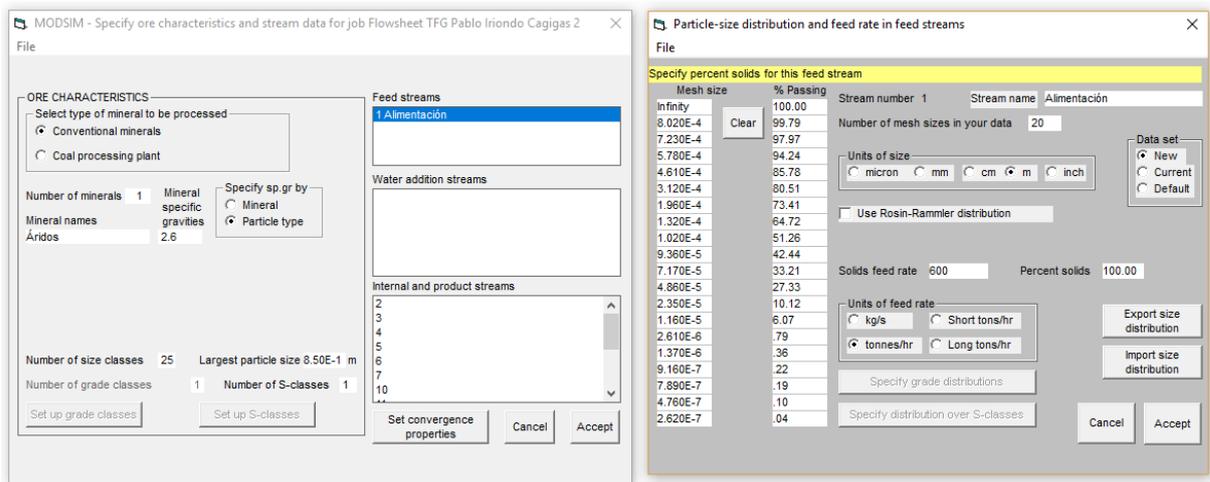


Imagen 40. Entrada de parámetro de la mena

Una vez en este menú se selecciona Set Convergence Properties.

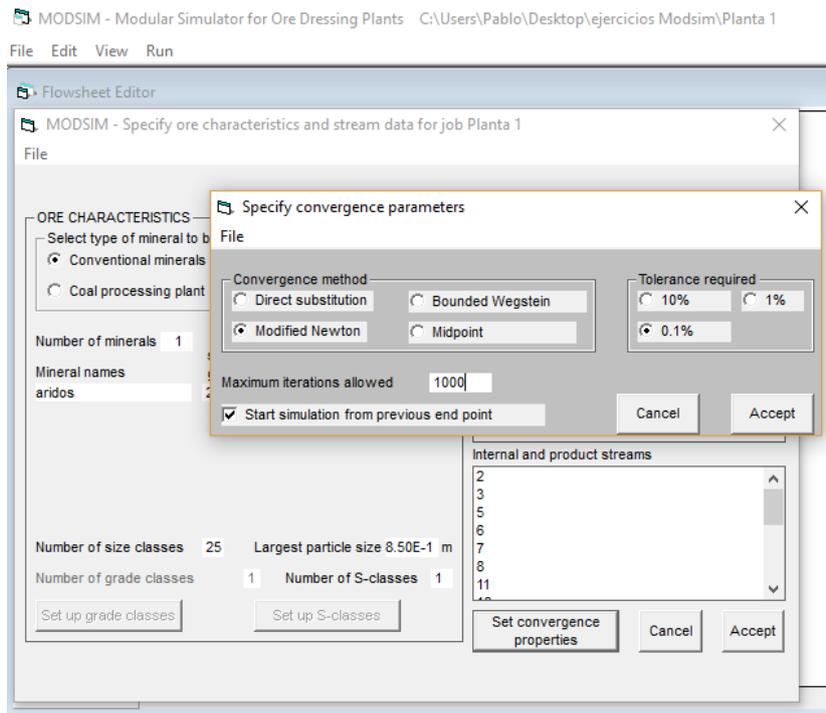


Imagen 41. Elección de los parámetros de convergencia

Como se especificó anteriormente, se ha seleccionado el método de Newton Modificado y un valor de 1000 iteraciones con una tolerancia del 0,1%.

## 9.4 Características de los Elementos Constituyentes del Sistema

### 9.4.1 Alimentador

Es el primer elemento que aparece en nuestro diagrama y el que proporciona la alimentación al sistema.

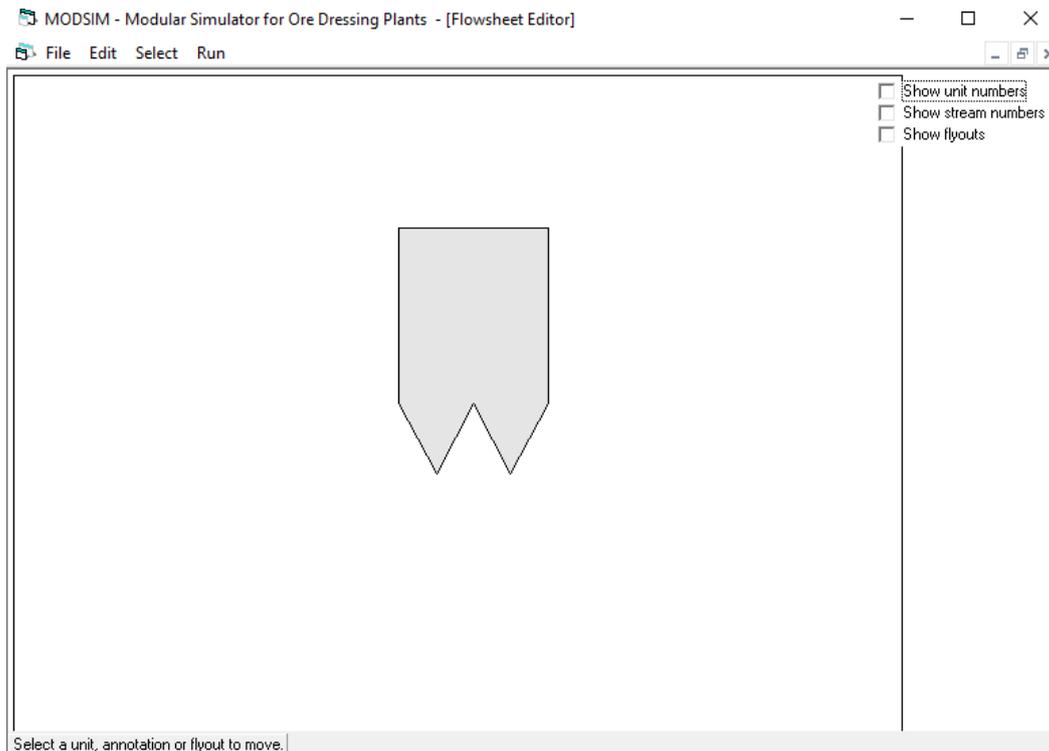


Imagen 42. Figura de alimentador en ModSim

## 9.4.2 Triturador de mandíbulas

El triturador de mandíbulas es realmente el primer elemento que aparece, ya que el alimentador no deja de ser una tolva o silo y los mezcladores se definen conjuntamente al finalizar el resto de elementos.

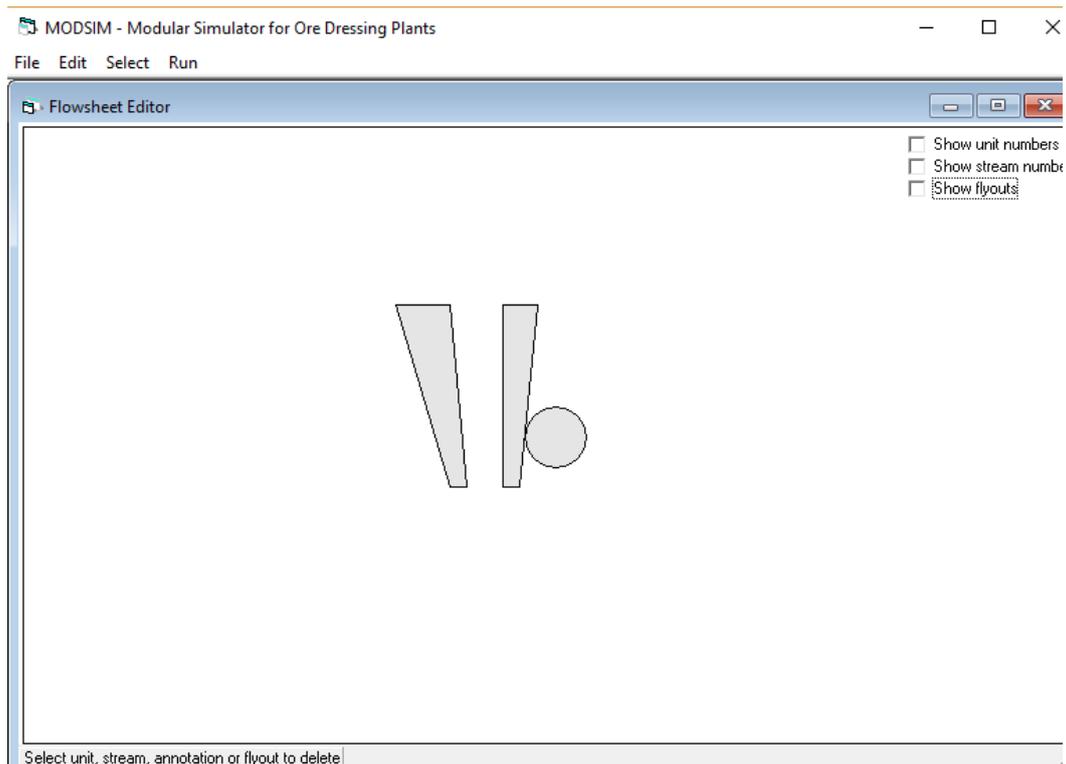
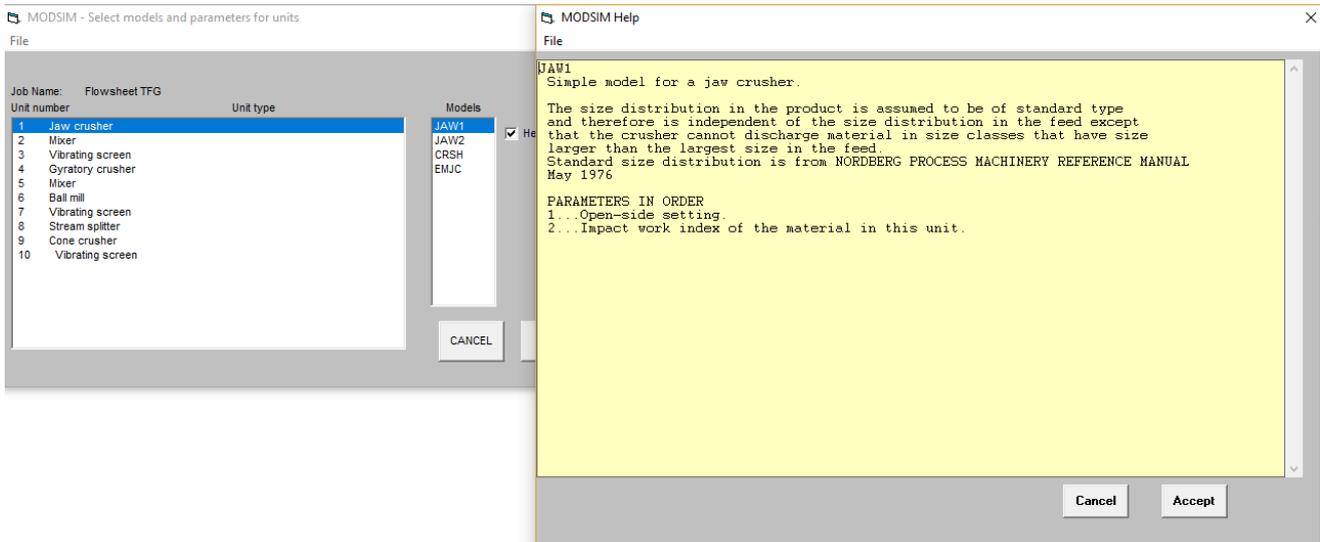


Imagen 43. Figura de triturador de mandíbulas en ModSim

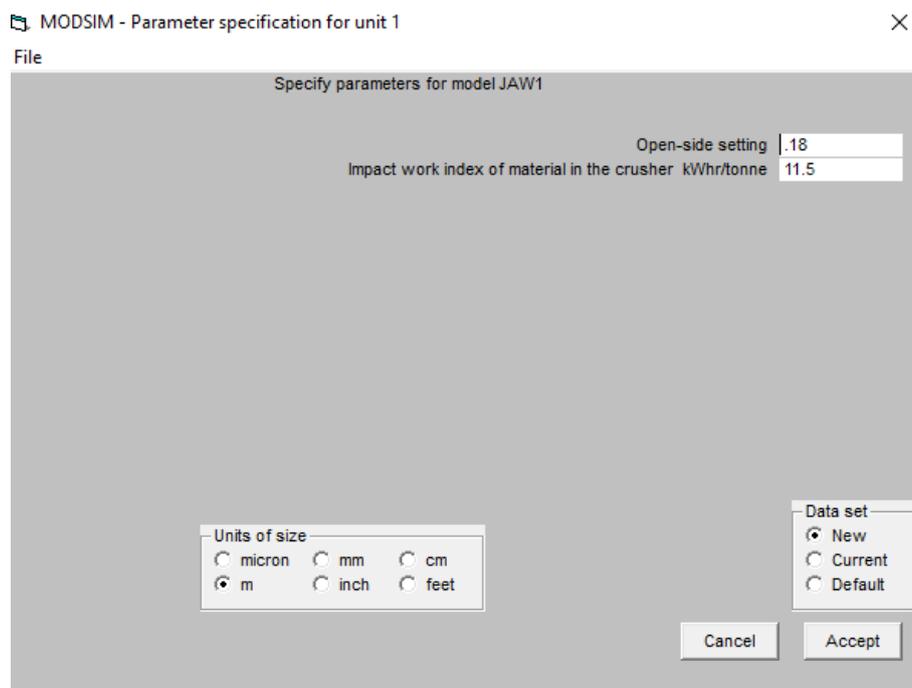
Esta unidad tiene la función de trituración en primera instancia o trituración primaria y para este flowsheet se ha elegido el modelo denominado JAW1 debido a su sencillez:



*Imagen 44. Parámetro de modelo de triturador JAW1*

Cuenta con los siguientes parámetros:

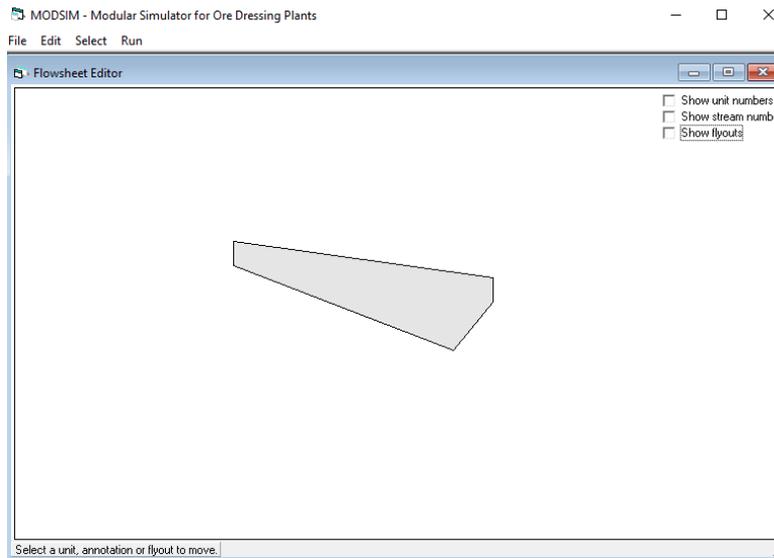
- Alimentación: 600 t/h.
- Reglaje inicial: 1800mm.
- Salida: 600 t/h.
- Recirculación: 0 t/h.



*Imagen 45. Parámetros trituradora JAW1 (1)*

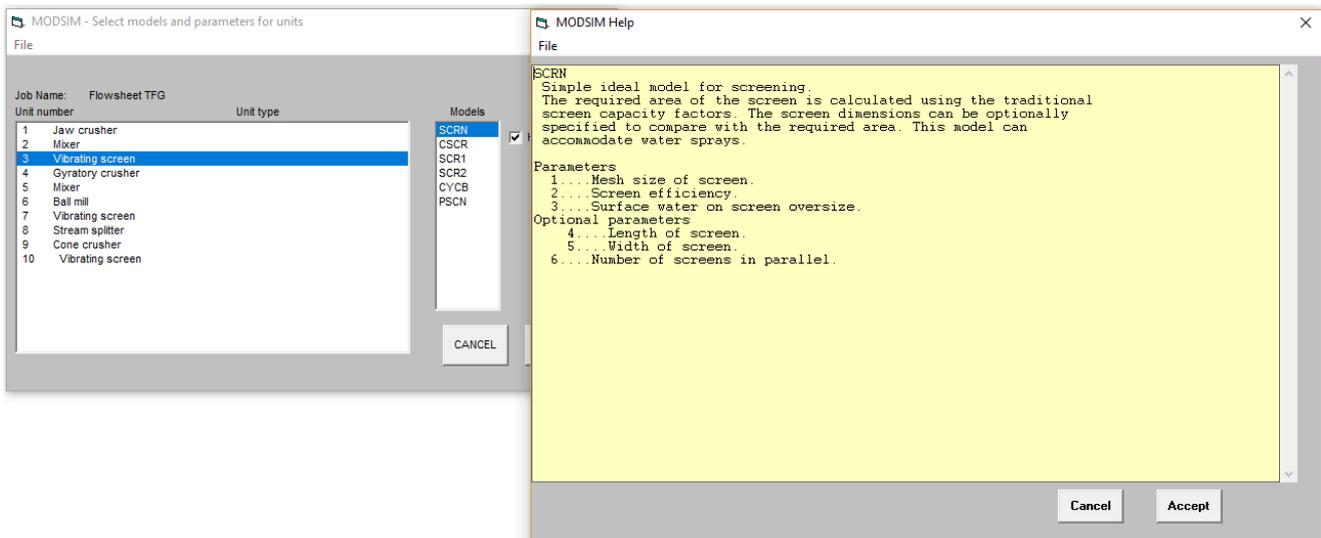
### 9.4.3 Cribas

Una criba es el siguiente elemento existiendo siguiendo la dirección del diagrama de flujo. Debido a que aparecen con dos cribas, se explican a continuación los parámetros de las dos.



*Imagen 46. Representación de criba de una tela*

En primer lugar se encuentra la una criba de una tela y, con el mismo criterio que con el elemento anterior, está seleccionado un modelo sencillo, en este caso DSC1



*Imagen 47. Descripción criba SCRN*

Los parámetros que se pueden seleccionar en las cribas son las siguientes:

- Luz de malla (Mesh size)
- Eficiencia de la transmisión (Transmission efficiency %)
- Superficie de agua sobre las pantallas (Surface water on screen oversize %)
- Dimension de la pantalla (Specify screen dimensions). Este parámetro no vamos a modificarlo.

Los parámetros seleccionados para la primera criba son los siguientes:

- Luz de malla: 50mm
- Eficiencia de la transmisión: 90%
- Superficie de agua: 0%

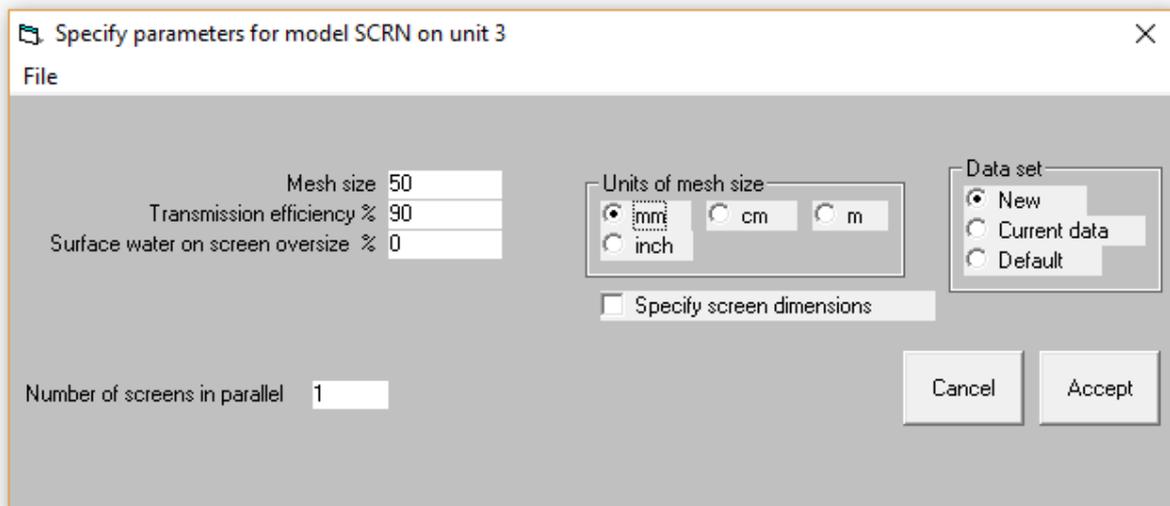


Imagen 48. Parámetros primera criba (3)

Los parámetros seleccionados para la segunda criba son los siguientes:

- Luz de malla: 5 mm
- Eficiencia de la transmisión: 90%
- Superficie de agua: 0%

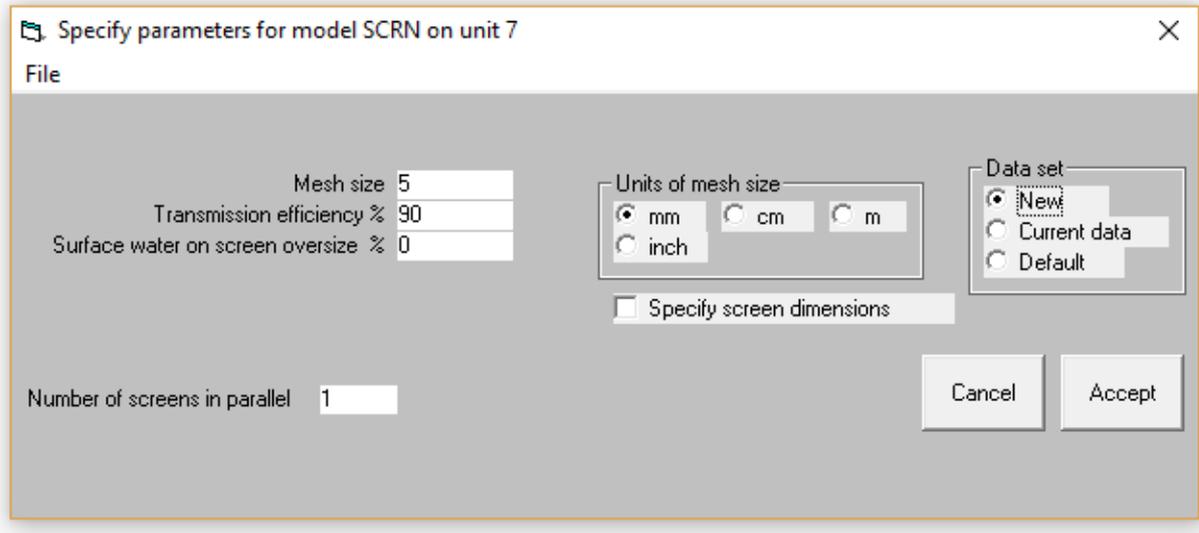


Imagen 49. Parámetros segunda criba (7)

Los parámetros seleccionados para la tercera y última criba son los siguientes:

- Luz de malla: 2.5 mm
- Eficiencia de la transmisión: 90%
- Superficie de agua: 0%

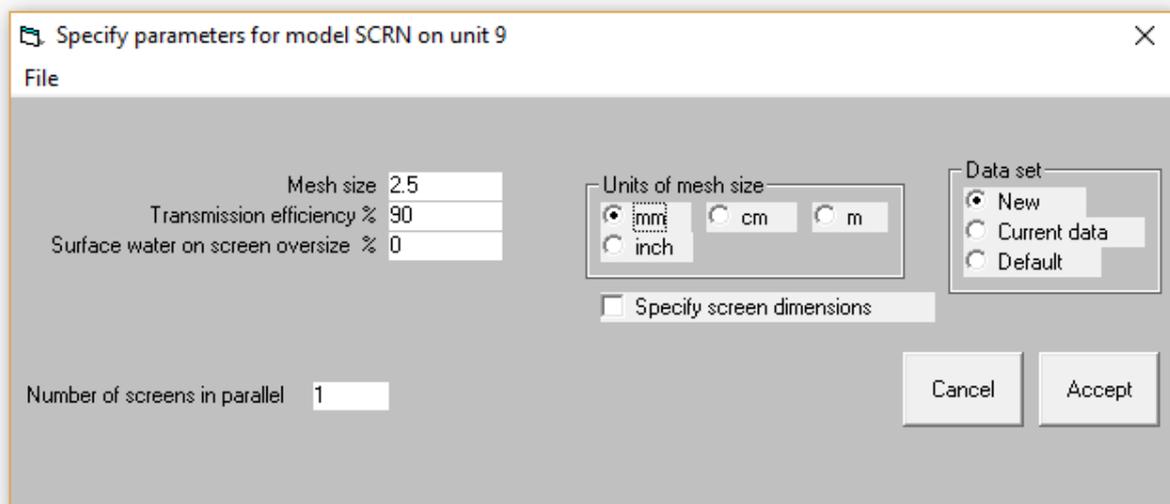


Imagen 50. Parámetros tercera criba (9)

### 9.4.4 Trituradora giratoria

El triturador de giratorio es el siguiente elemento que aparece en nuestro diagrama de flujo.

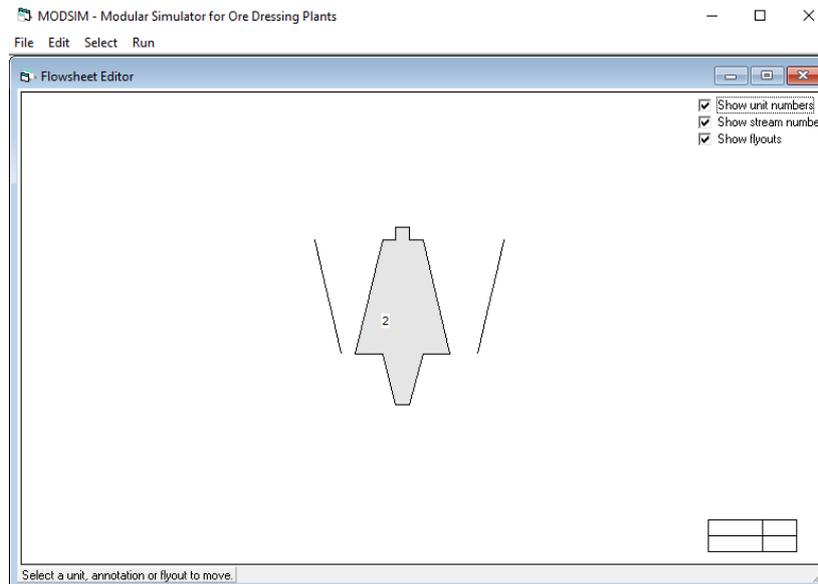


Imagen 51. Representación trituradora giratoria

Esta unidad tiene es el primero en cumplir la función de trituración en segunda instancia o trituración secundaria, ya que el material previamente ha pasado por el triturador de mandíbulas y para este flowsheet se ha elegido el modelo denominado GYRA debido a su sencillez:

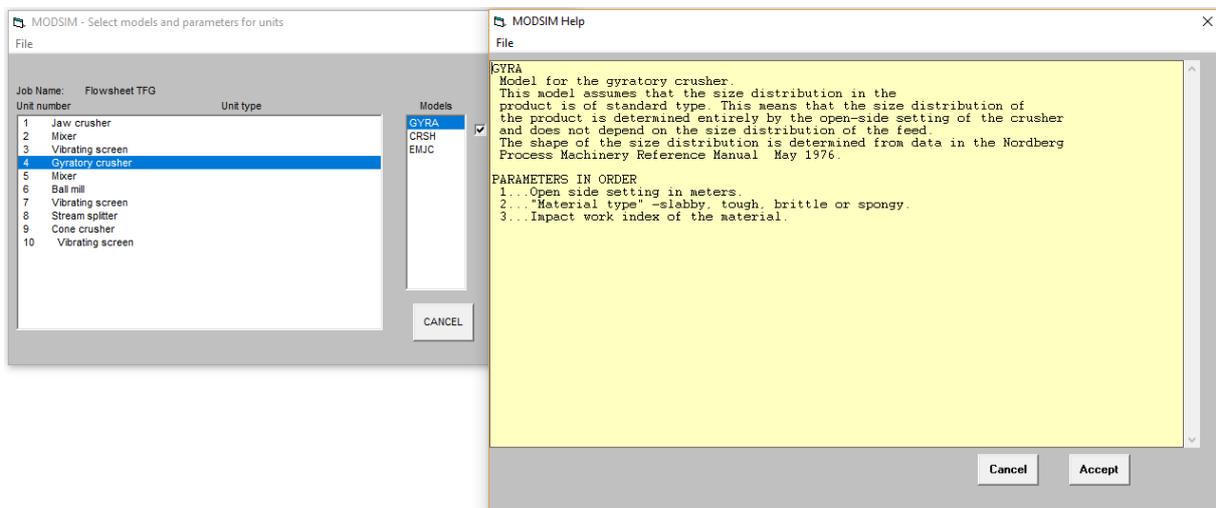


Imagen 52. Descripción trituradora giratoria

Los parámetros que podemos seleccionar en el triturador giratorio son el tamaño de apertura, el índice de trabajo y el tipo de mena. En esta simulación los parámetros son los siguientes:

- Apertura: 0.12 m
- Índice de trabajo: 10.88 kWh/tn
- Tipo de mena: media.

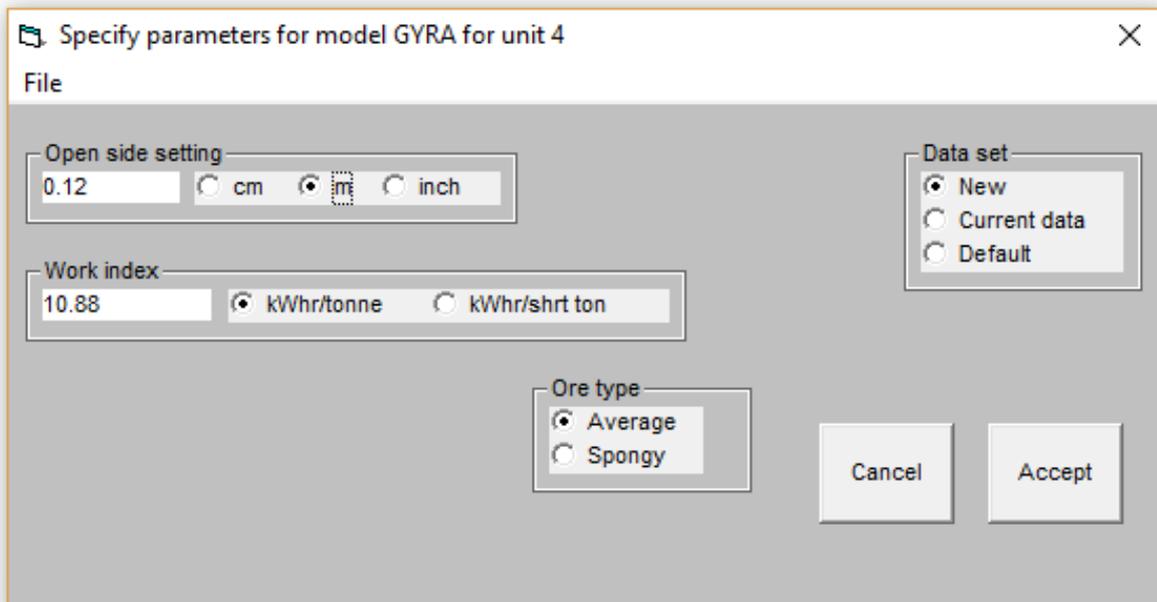
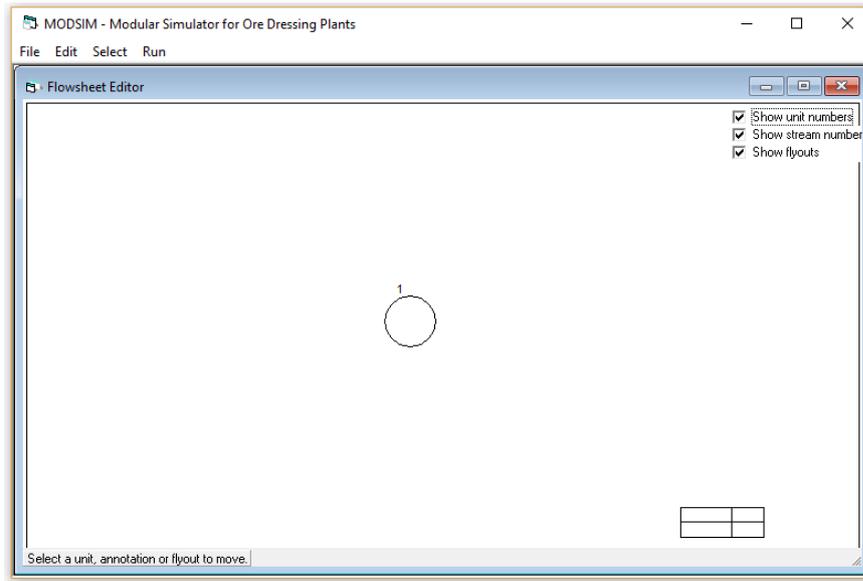


Imagen 53. Parámetros criba giratoria

### 9.4.5 Mezclador

El mezclador es otro de los elementos que se repiten durante el diagrama de flujo, concretamente en dos ocasiones y es el encargado de unificar las corrientes que salen de las cribas y las corrientes de recirculación.



71

Imagen 54. Representación mezclador

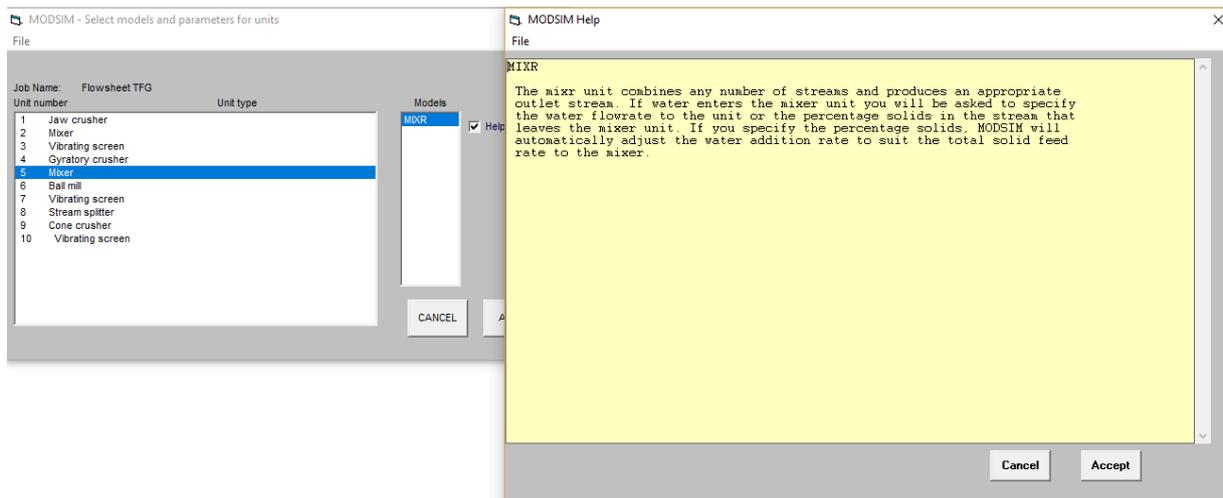


Imagen 55. Descripción mezclador (4)

En este caso no existen diferentes modelos de mezclador ni de parámetros que se puedan modificar:

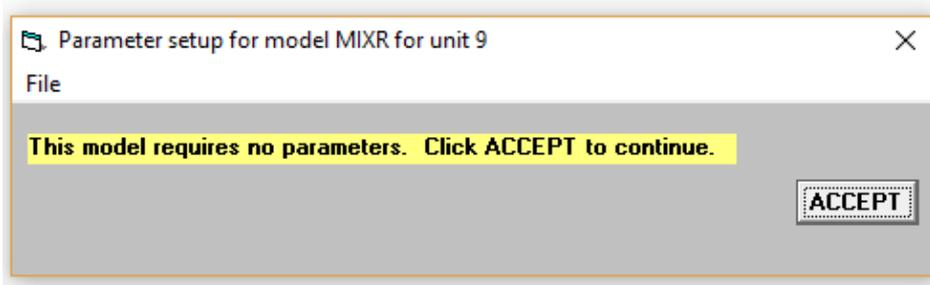
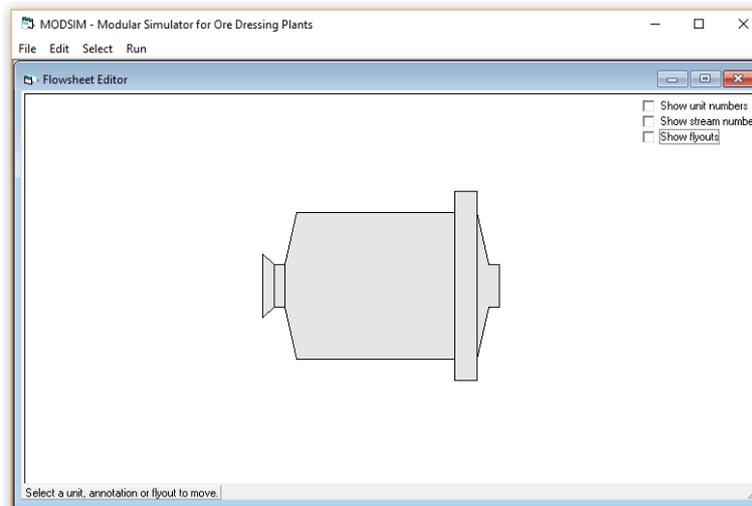


Imagen 56. Parámetros mezclador (4)

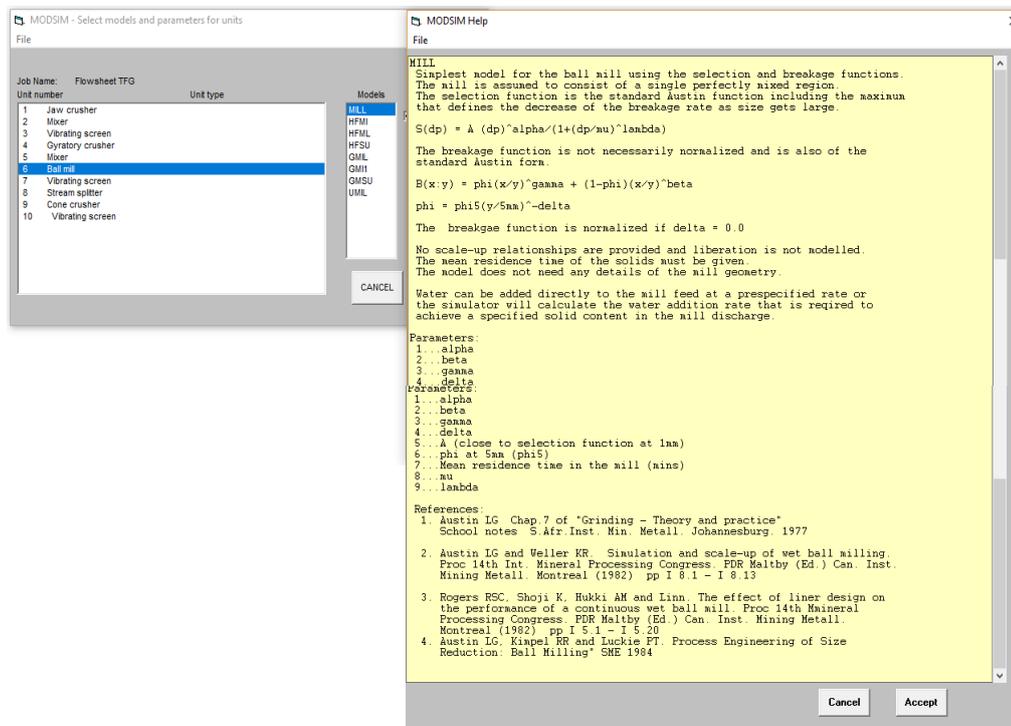
### 9.4.6 Molino de bolas

El molino de bolas es el tercero de los elementos de trituración presentes en el diagrama. En este caso, recoge el flujo de la trituradora giratoria y es el último paso de la cadena de salida 15.



*Imagen 57. Representación molino de bolas*

En este caso seleccionaremos el modelo de mayor simplicidad denominado **MILL**.



*Imagen 58. Descripción molino de bolas MILL*

Los parámetros seleccionados para este elemento son los que vienen por defecto, salvo el tamaño en función de 1mm, en el que se ha seleccionado 0.3994.

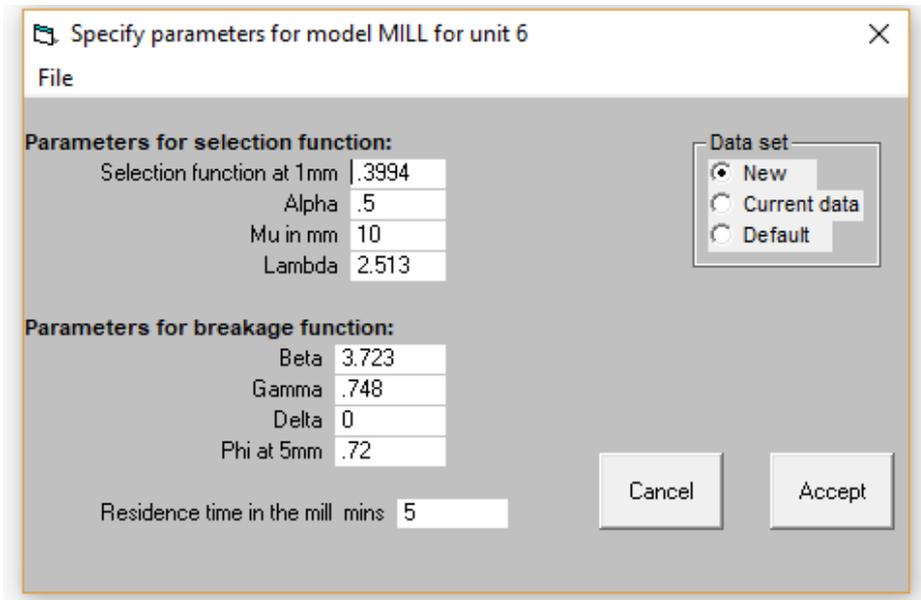


Imagen 59. Parámetros molino de bolas

### 9.4.7 Separador de corrientes

El separador de corrientes es un elemento que secciona el flujo en dos diferentes. En este caso, uno se convierte en flujo de salida y el otro pasa a otra trituradora.

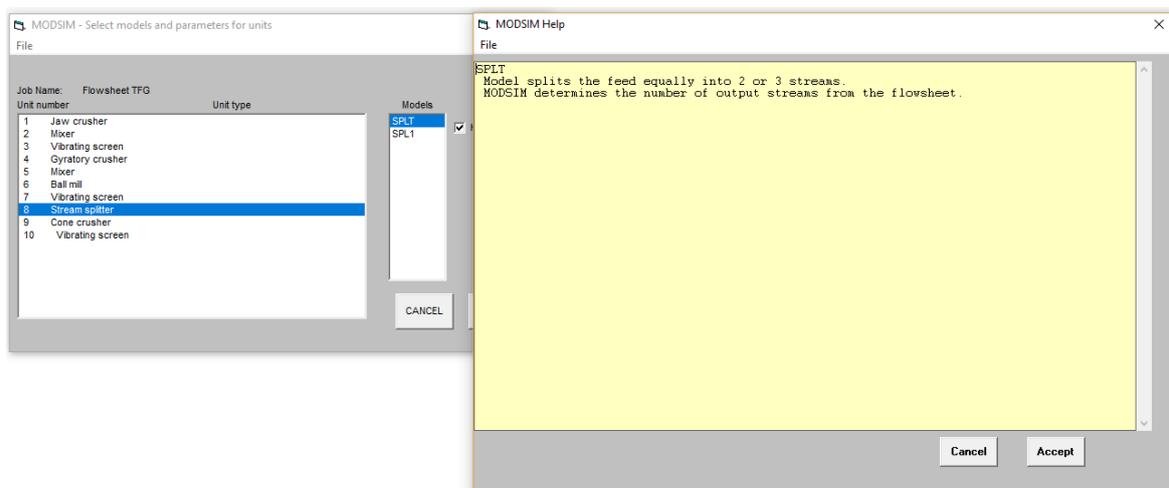
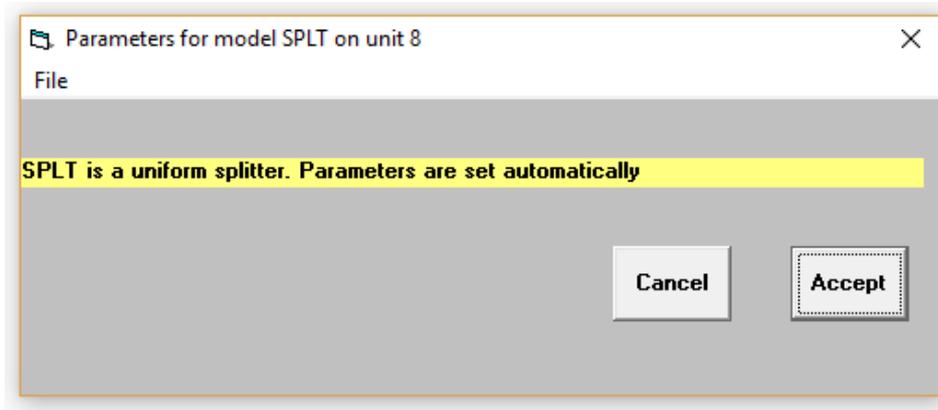


Imagen 60. Descripción separador de corrientes

En este elemento se selecciona el modelo SPLT, que no dispone de regulación de parámetros.



74

Imagen 61. Parámetros separador de corrientes

### 9.4.8 Trituradora de cono

La trituradora de cono es el último elemento de trituración que aparece en el diagrama de flujo.

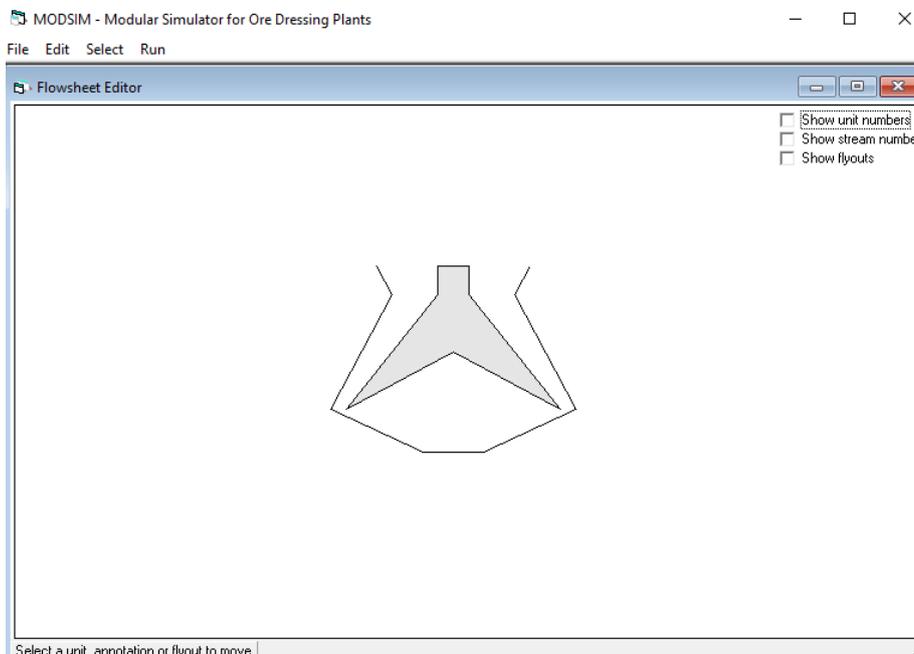
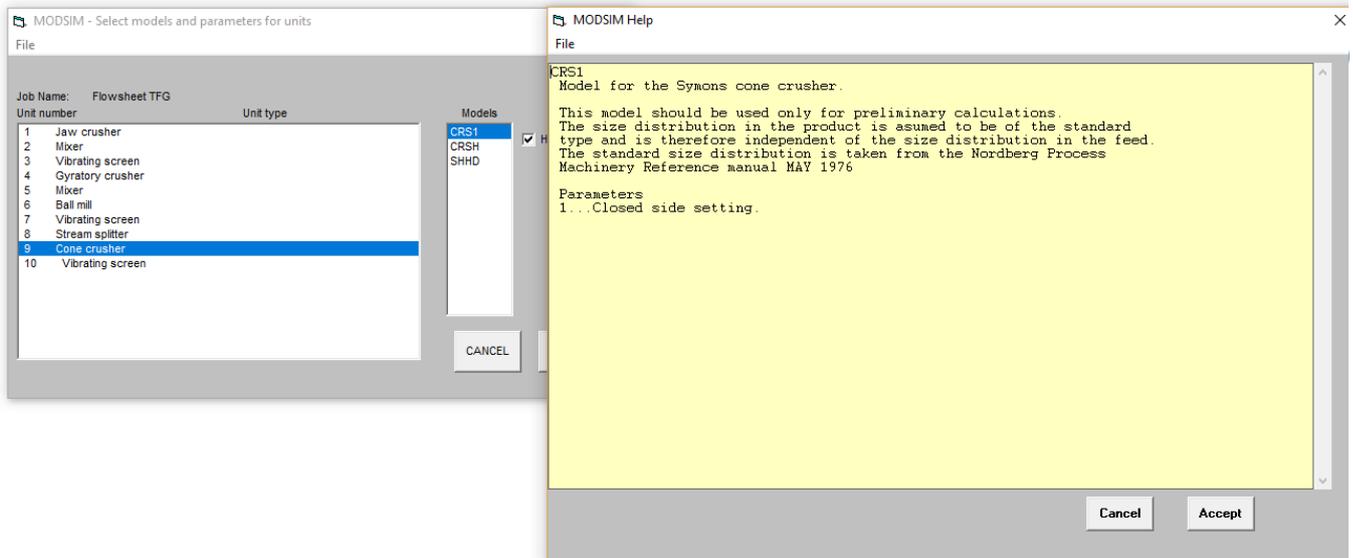


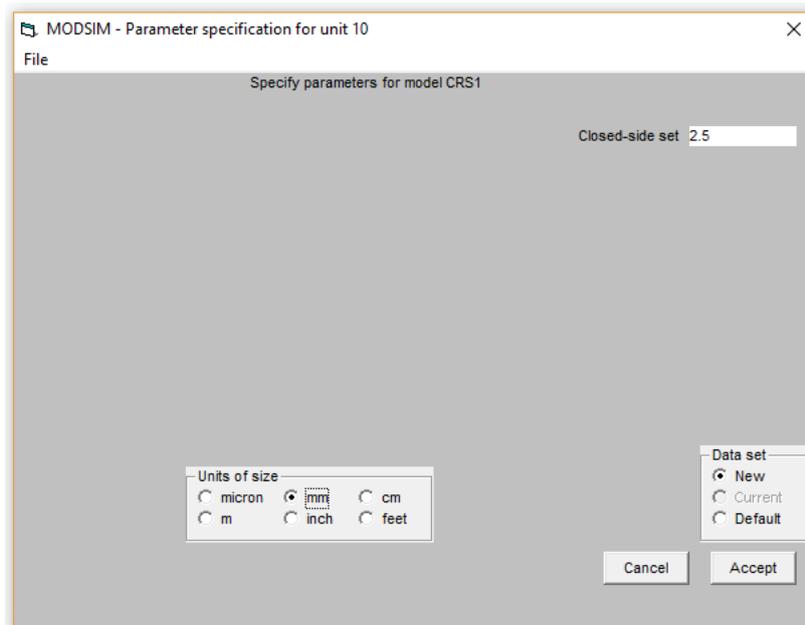
Imagen 62. Figura triturador de cono ModSim

Se ha seleccionado, siguiendo el mismo criterio para todo el flowsheet, el modelo más sencillo, siendo éste el CRS1.



*Imagen 63. Descripción triturador de cono*

En este triturador, unicamente se puede seleccionar el tamaño de apertura y las unidades de medida, seleccionando en este caso una apertura de 2.5mm.



*Imagen 64. Parámetros triturador de cono*

## 10 SIMULACIÓN

Después de seleccionar todos los equipos concretos y parámetros de nuestro flowsheet y las diferentes características, llega el momento de recoger los datos, es decir, empezar la simulación propiamente dicha.

76

Para llevar a cabo esta acción, hay que acceder al menú superior de Run y pulsar sobre Run Simulation.

Es recomendable repetir esta operación en varias ocasiones a modo de iteración con el fin de conseguir unos resultados más optimizados y fieles con la realidad.

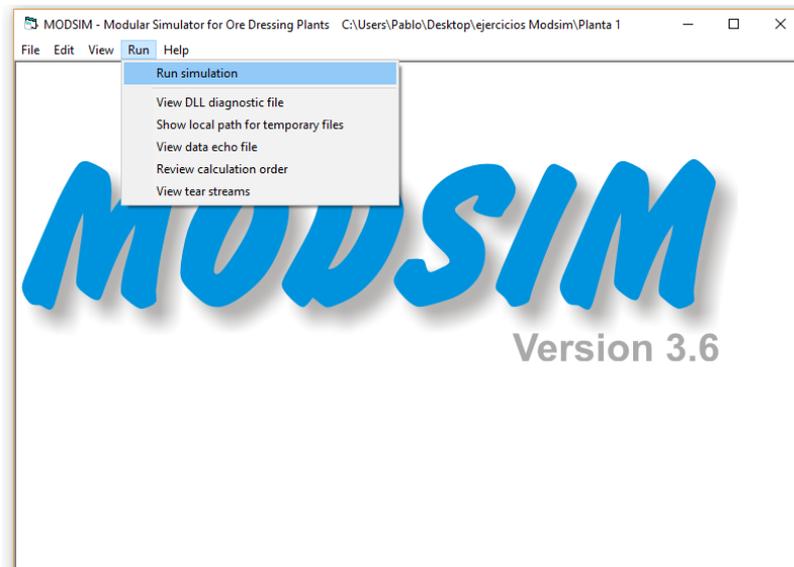


Imagen 65. Menú ejecución simulación

Una vez seguidos estos pasos, aparecen los siguientes mensajes con la información de que la simulación se ha realizado correctamente y se han obtenido los datos requeridos.

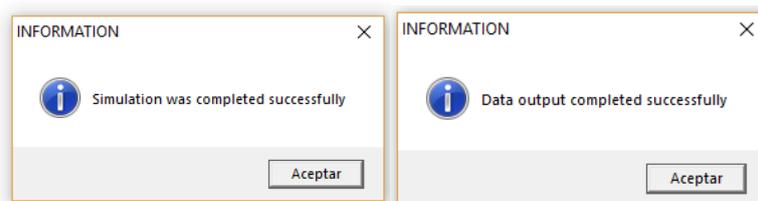


Imagen 66. Menú simulación exitosa

Una vez ejecutada la simulación, se obtienen los diferentes flujos presentes en las líneas del diagrama, habiendo sacado para ello los “stream flyouts”, indicativos de dichos flujos.

Queda de la siguiente manera:

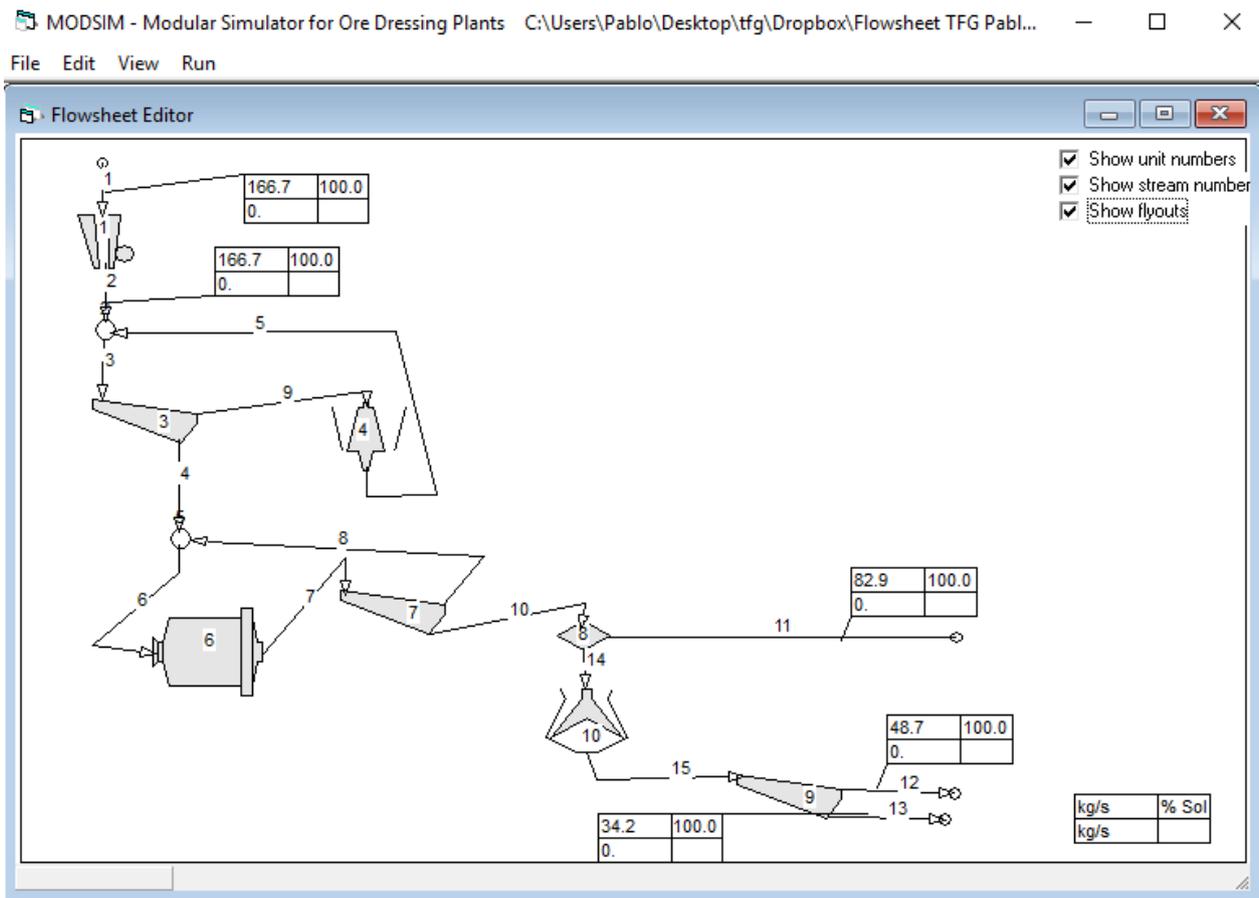


Imagen 67. Diagrama de flujo ejecutado



Modsim también arroja estos datos en una tabla de manera conjunta y detallando los flujos de cada línea:

Número de línea	Flujo de sólido (kg/s)
1	166,67
2	166,67
3	521,10
4	165,90
5	354,40
6	484,10
7	354,40
8	318,30
9	355,20
10	165,80
11	82,91
12	48,67
13	34,24
14	82,91
15	82,91

*Tabla 9. Flujo por elemento*

```

| Flowsheet TFG Pablo Iriondo Cagigas
Stream      Solid
number      flow
            kg/s
  1         166.70
  2         166.70
  3         521.10
  4         165.90
  5         354.40
  6         484.10
  7         484.10
  8         318.30
  9         355.20
 10         165.80
 11          82.91
 12          48.67
 13          34.24
 14          82.91
 15          82.91
  
```

*Imagen 68. Flujo por elemento MODSIM*

Una vez obtenidos los flujos de cada línea, se procede a estudiar las fracciones de salida en las tres líneas existentes:



- La primera línea se va a considerar la 13, correspondiente con la salida de finos de la criba de dos telas, siendo la fracción más pequeña de <2,5 mm.

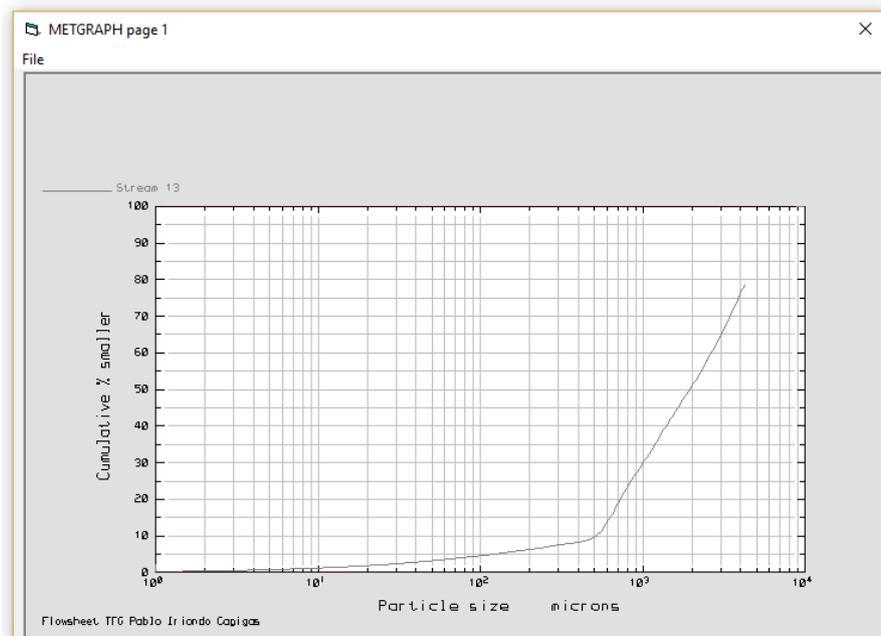
```

Stream number: 13
Job name: Flowsheet TFG Pablo Iriondo Cagigas
Solid flowrate: 1.26 kg/s
Water flowrate: 0.00 kg/s
Slurry flowrate: 1.26 kg/s
Slurry volumetric flowrate: 0.4667E-03 m^3/s
Percent solids by mass: 100.00 %
Percent solids by volume: 100.00 %

Simulated size distribution
Number of size classes: 25
80% passing size: 0.363E-01 m
50% passing size: 0.153E-01 m
20% passing size: 0.481E-02 m
Size % passing
meters
0.421E-02 17.793
0.297E-02 13.000
0.210E-02 9.425
0.149E-02 6.794
0.105E-02 4.878
0.743E-03 3.492
0.526E-03 2.495
0.371E-03 1.780
0.263E-03 1.268
0.186E-03 0.903
0.131E-03 0.643
0.929E-04 0.457
0.657E-04 0.325
0.465E-04 0.231
0.328E-04 0.164
0.232E-04 0.117
0.164E-04 0.083
0.116E-04 0.059
0.821E-05 0.042
0.581E-05 0.030
0.411E-05 0.021
0.290E-05 0.015
0.205E-05 0.011
0.145E-05 0.008
0.00 0.000

```

*Imagen 69. Fracción granulométrica de salida 0-4mm*



*Image 70. Curva granulométrica de salida <2,5 mm*

- La segunda línea a considerar es la 14, también correspondiente a la criba de dos telas, concretamente a la salida de medios, con una fracción de 5-2,5 mm.

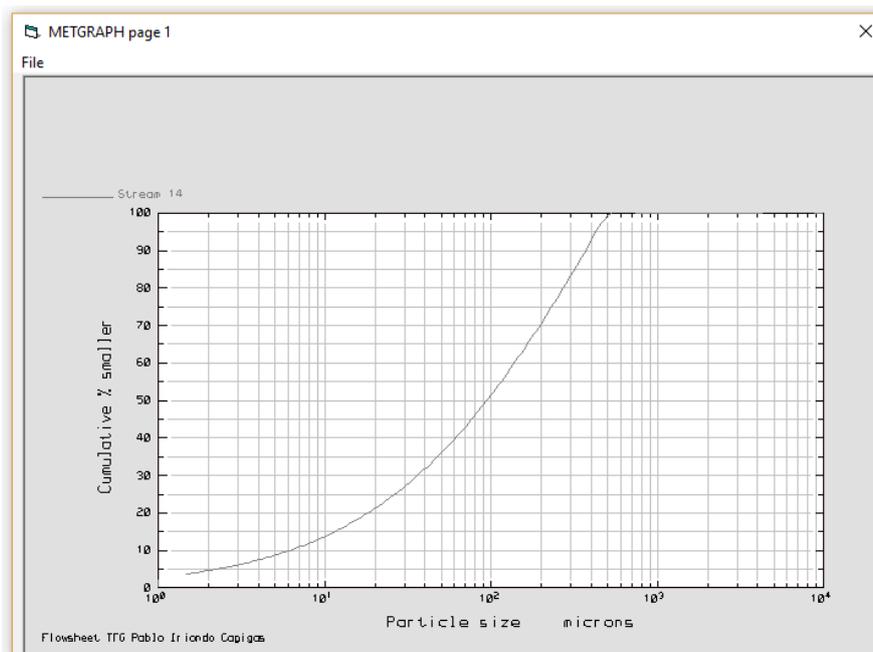
```

Stream number: 14
Job name: Flowsheet TFG Pablo Iriondo Cagigas
Solid flowrate: 11.34 kg/s
Water flowrate: 0.00 kg/s
Slurry flowrate: 11.34 kg/s
Slurry volumetric flowrate: 0.4200E-02 m^3/s
Percent solids by mass: 100.00 %
Percent solids by volume: 100.00 %

Simulated size distribution
Number of size classes: 25
80% passing size: 0.363E-01 m
50% passing size: 0.153E-01 m
20% passing size: 0.481E-02 m
Size % passing
meters
0.421E-02 17.793
0.297E-02 13.000
0.210E-02 9.425
0.149E-02 6.794
0.105E-02 4.878
0.743E-03 3.492
0.526E-03 2.495
0.371E-03 1.780
0.263E-03 1.268
0.186E-03 0.903
0.131E-03 0.643
0.929E-04 0.457
0.657E-04 0.325
0.465E-04 0.231
0.328E-04 0.164
0.232E-04 0.117
0.164E-04 0.083
0.116E-04 0.059
0.821E-05 0.042
0.581E-05 0.030
0.411E-05 0.021
0.290E-05 0.015
0.205E-05 0.011
0.145E-05 0.008
0.00 0.000

```

*Imagen 71. Fracción granulométrica de salida 5-2,5mm*



*Imagen 72. Curva granulométrica de salida 5-2,5 mm*

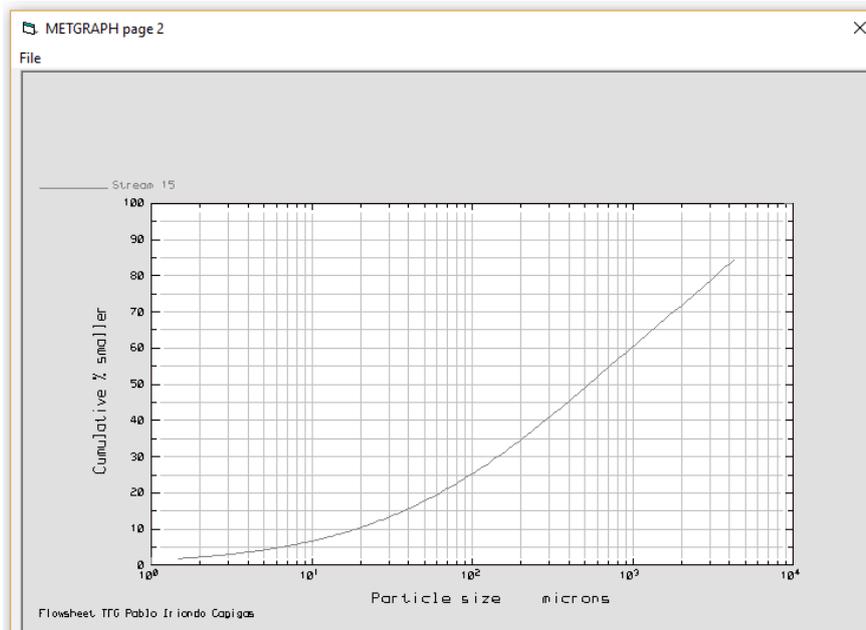
- La tercera y última línea analizada es la 15, correspondiente a la salida de gruesos de la criba y con una fracción >5 mm.

```
Stream number:          15
Job name: Flowsheet TFG Pablo Iriondo Cagigas
Solid flowrate:        12.60 kg/s
Water flowrate:        0.00 kg/s
Slurry flowrate:       12.60 kg/s
Slurry volumetric flowrate: 0.4667E-02 m^3/s
Percent solids by mass: 100.00 %
Percent solids by volume: 100.00 %
```

```
Simulated size distribution
Number of size classes: 25
80% passing size:      0.385E-02 m
50% passing size:      0.563E-03 m
20% passing size:      0.616E-04 m
```

Size meters	% passing
0.421E-02	81.492
0.297E-02	75.429
0.210E-02	70.065
0.149E-02	64.866
0.105E-02	59.629
0.743E-03	54.319
0.526E-03	48.972
0.371E-03	43.662
0.263E-03	38.482
0.186E-03	33.521
0.131E-03	28.853
0.929E-04	24.562
0.657E-04	20.677
0.465E-04	17.228
0.328E-04	14.218
0.232E-04	11.632
0.164E-04	9.441
0.116E-04	7.609
0.821E-05	6.094
0.581E-05	4.855
0.411E-05	3.849
0.290E-05	3.039
0.205E-05	2.391
0.145E-05	1.876
0.00	0.000

*Imagen 73. Fracción granulométrica de salida >5 mm*



*Imagen 74. Curva granulométrica de salida 6-10mm*

Mosim también tiene la posibilidad de calcular las curvas granulométricas de las diferentes cribas de salida y representarlas en un solo gráfico para poder comparar los resultados de las mismas. En este caso, y siguiendo con la nomenclatura anterior: línea 13 fracción <2,5, línea 14 fracción 2,5-5 y línea 15 fracción >5.

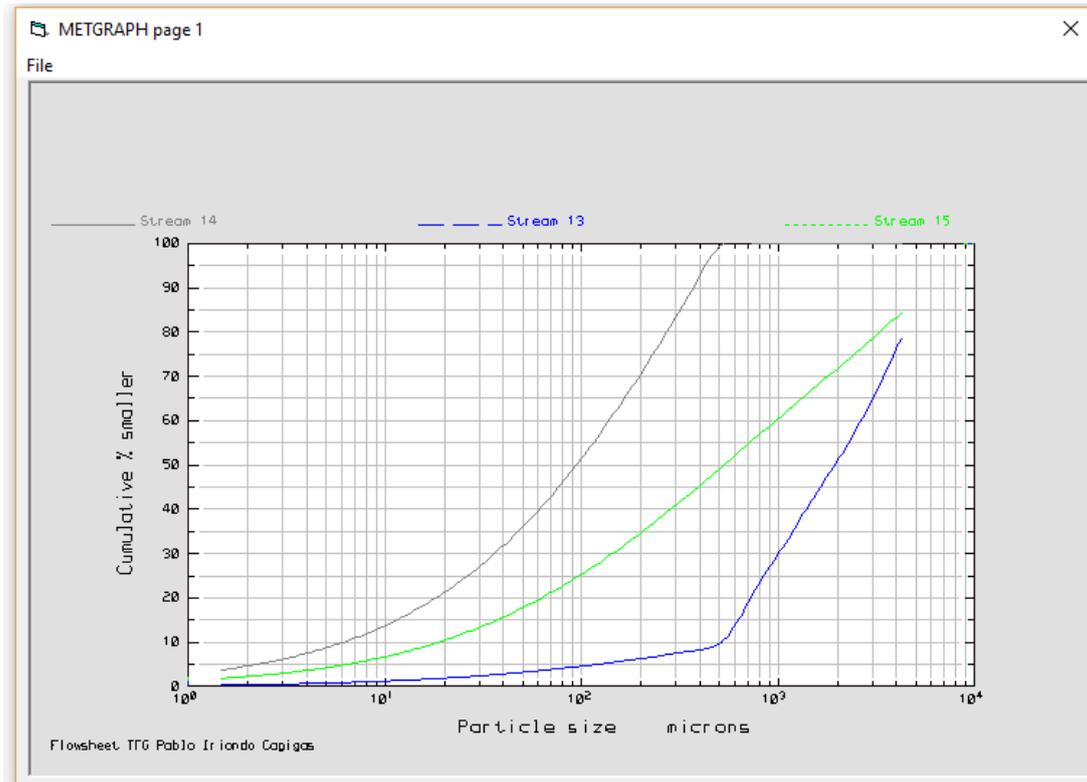


Imagen 75. Curvas granulométricas de salida conjuntas



# 11 ANÁLISIS ECONÓMICO

## 11.1 Introducción

Para la realización del estudio económico hay que tener en cuenta varios factores, entre las principales variables nos encontramos con los gastos de inversión inicial, gastos de explotación, cash-flows, el tiempo esperado de retorno y por último el coste de financiación.

Para la realización del dicho análisis ha sido utilizado el software de cálculo y estimación CapCost.

CapCost es una poderosa herramienta de cálculo que permite estimar todos los flujos monetarios derivados de una explotación industrial.

De forma más extendida, los factores anteriores se explican de la siguiente manera:

- Inversión inicial: se entiende como el desembolso previo que ha de realizarse para poder poner en funcionamiento la explotación como pueden ser los estudios previos. Gracias a una simulación se ahorra el importantísimo desembolso que supondría la instalación de una planta piloto.
- Gastos de explotación: los gastos de explotación son los siguientes a la inversión inicial, aunque realmente se encuentran estrechamente unidos, ya que dentro de éstos se pueden englobar elementos como los gastos de compra de suministros, la energía, salarios de los empleados y el mantenimiento de la planta.
- Cash-flows: también conocidos como flujos netos de caja. Se definen como los “fondos netos generados periódicamente por el proyecto en cada periodo considerado y se considera la diferencia entre los ingresos y los pagos.”



- Tiempo esperado de retorno: según la CNMV (Comisión Nacional del Mercado de Valores) el tiempo esperado de retorno se define como el “Periodo de tiempo durante el cual el inversor está dispuesto a mantener invertido su capital, sin que se prevea necesitarlo para otros fines. Algunos productos de inversión deben ser mantenidos durante un plazo determinado para que sus características más ventajosas desplieguen todos sus efectos (por ejemplo, los fondos garantizados tienen un horizonte recomendado de inversión que coincide con el plazo hasta el vencimiento de la garantía, ya que si se reembolsa antes de esa fecha la garantía no es efectiva y pueden registrarse pérdidas).”, por lo que se entiende como la vida útil del proyecto, instalación en este caso.
- Coste de financiación: son los costes derivados de la financiación que se recibida para hacer frente a los gastos de inversión inicial.

## 11.2 Gastos

En primer lugar, se hace un análisis de los gastos, ya que es el paso previo a la puesta en funcionamiento de la planta, lo anteriormente denominado inversión inicial.

Dentro de la inversión inicial están los gastos derivados de los estudios previos de viabilidad, las tasas e impuestos, compra de maquinaria y la obra y construcciones derivadas de la puesta en funcionamiento de la planta.

Estos gastos se agrupan en gastos previos directos y gastos previos indirectos:

1. Gastos previos directos: Investigación, análisis de mercado, tasas e impuestos y compra de maquinaria.
  - Estudios previos: 11.000€
  - Tasas e impuestos: 8.000€
  - Compra de maquinaria: 1.399.000€
    - Total gastos previos directos: 1.418.000€



2. Gastos previos indirectos: Corresponden a las construcciones y obra para la puesta en funcionamiento y a la instalación eléctrica:
- Obra civil: Se calculan como el 5% del total de los gastos previos directos 70.900€
  - Instalación eléctrica: Se calculan como el 10% de los gastos de la compra de maquinaria 139.900€
    - Total gastos previos indirectos: 210.800€

La suma de todos estos factores hace un total de gastos de inversión de 1.628.800€.

Señalar como mayor gasto la compra de maquinaria, por lo que se procederá a su análisis pormenorizado.

Debido a la complejidad de la realización de cotización por parte de las principales marcas de fabricantes de maquinaria, se ha usado unas estimaciones recogidas en el manual CapCost anteriormente citado y, en algunos casos, el estudio de coste de mercado.

- Trituradora de mandíbulas: Para la realización de la estimación, se tiene en cuenta la abertura de la alimentación. Al tratarse de una herramienta de origen canadiense, la superficie viene dada en pulgadas cuadradas. En el triturados seleccionado, se cuentan con una abertura de 19.945,46  $cm^2$ , o lo que es lo mismo, 2160 *pulgadas*<sup>2</sup>.

$$110,3 * 2160^{1.087} = \frac{436.969,49}{1,345} = 324860,23€$$



- Trituradoras de cono: Para el cálculo de este elemento se tiene en cuenta el diámetro de manto, siendo de 4cm la primera.

$$\frac{300.000}{1,345} = 223.048,33\text{€}$$

- Machacadora giratoria: Para el cálculo del coste de la machacadora giratoria, en este caso se ha recurrido a la estimación de precio de mercado de una máquina de estas características, recurriendo en este caso al modelo *SANDVIK CG820 GYRATORY CRUSHER*, arrojando un precio de unos 370.000€.
- Molino de bolas: De la misma manera que para el caso de la machacadora giratoria, en el caso del molino de bolas, debido a la escasez de información para su cálculo, se ha recurrido a la estimación media de mercado, en este caso de un modelo *STEEVECO DRY GRIND BALL MILL*, resultando un valor aproximado de 238.000€.
- Cribas: Para el cálculo de estos elementos, se tiene en cuenta el área de la criba, en este caso también en medida americana, pies cuadrados. De este elemento nos encontramos dos unidades, siendo las dos simples o de una tela, teniendo una superficie de 150 *pies*<sup>2</sup>.

$$709 * 150^{1.048} = \frac{135.266,38}{1,345} = 100.569,80\text{€}$$

Estos valores anteriores son los más significativos y especializados a la hora del estudio del gasto en una planta de tratamiento de áridos en cuanto a inversión inicial, pero también se han estimado los del alimentador (30.000€), los de las diferentes tolvas (80.000€) y los de las cintas transportadoras (85.000€).



Una vez contabilizada la inversión directa, es el momento de analizar los gastos derivados de la explotación. Estos gastos se contabilizan de manera anual y como se explicó anteriormente, son los gastos derivados del mantenimiento de la planta, salarios de personal, compra de suministros, energía y demás gastos derivados del funcionamiento, por lo que se separan en estos tres grupos:

87

1. Gastos derivados de personal: en este punto se cuenta con un gasto estimado de 481.000€ anuales en el año 0, que se incrementarán anualmente con el aumento del IPC, siendo estimado de un 1%. El personal se va a dividir en 5 grupos:
  - Dirección: Se estima un gasto de 58.000€ lo que supondría un sueldo neto de unos 2.920€ mensuales siguiendo con la tabla de retenciones adjunta. Se ha calculado un director para la explotación.
  - Administración: Dado el tamaño de la planta, se tomará en cuenta un administrativo con un gasto anual de 30.000€, lo que supone un neto de unos 1630€ mensuales.
  - Jefe de planta y operaciones: supone un gasto de 45.000€ anuales, lo que supone un sueldo neto de unos 2380€ mensuales.
  - Maestro o jefe de turno: Contaremos con dos cargos de este tipo, ya que la planta está calculada para funcionamiento con dos turnos y paro por la noche. Este personal supone un gasto de 70.000€ anuales, lo que supone un líquido a percibir de unos 1.880€ mensuales por trabajador
  - Operarios: Se estima de 4 operarios por turno, lo que supone 8 operarios en total, generando un gasto de 240.000€ anuales, percibiendo un salario de unos 1.630€.



**Comunidad Autónoma de Cantabria (Art. 1 Decreto Legislativo 62/2008)**

Aplicable en el ejercicio 2017 por los contribuyentes residentes en dicho ejercicio en esta Comunidad Autónoma

Base liquidable	Cuota íntegra	Resto base liquidable	Tipo aplicable Porcentaje
0,00	0,00	12.450,00	9,50
12.450,00	1.182,75	7.750,00	12,00
20.200,00	2.112,75	13.800,00	15,00
34.000,00	4.182,75	12.000,00	18,50
46.000,00	6.402,75	14.000,00	19,50
60.000,00	9.132,75	30.000,00	24,50
90.000,00	16.482,75	En adelante	25,50

*Tabla 10. Retenciones IRPF en Cantabria, Agencia Tributaria*

2. Mantenimiento de la planta: según la herramienta de cálculo CapCost anteriormente citada, se estima de un 40% del total del importe de los gastos de la compra de maquinaria, lo que en este caso supone 559.600€ anuales. Se incrementará con valor del 2% anual.
  
3. Suministros y energía: el consumo de energía es un factor que depende de la cantidad de material a tratar, en este caso áridos. Para el dimensionamiento hecho de la planta, se ha calculado un total de unas 2.400.000 toneladas al año, ya que se ha supuesto una alimentación de 600 tn/h (el sistema lo cambia automáticamente a tn/s como se vió anteriormente, siendo de 166,67 tn/s), que multiplicando por 16 horas diarias repartidas en dos turnos y 250 días al año según el calendario laboral, con un coste medio de mercado de uno 6€/tn, se tiene un gasto de 14.400.000€ al año en materia prima y genera un gasto eléctrico de unos 7.200.000€ al año, calculado como el 50% del gasto de la compra de la materia prima. El valor de la materia prima se considera que se mantiene constante, pero el de la energía aumentará en un 2%, igual que en el del mantenimiento visto anteriormente.

Todos estos valores arrojan un gasto de unos 21.600.000€.



Una vez vistos todos los gastos, es el momento de exponerlos de manera conjunta en una tabla de estimación de vida útil, calculada en 20 años, el tiempo previsto para el retorno en la compra de la maquinaria.

En esta tabla se observa que el desembolso inicial solamente tiene en cuenta los gastos por la compra de maquinaria y el de los estudios previos y tasas, cantidades que no vuelven a repetirse y ningún otro gasto adicional, puesto que la planta aún no está en funcionamiento.

A partir del primer año se añaden el resto de valores, algunos de los cuales aumentan progresivamente de la manera anteriormente citada, como son el caso de los gastos de personal, aumento del coste de la energía y del mantenimiento de los equipos, manteniéndose en los mismos valores el valor de la materia prima, a tenor de la evolución que ha tenido en los años precedentes.

Año	Equipos (€)	Personal (€)	Energía (€)	Mantenimiento (€)	Materia prima (€)	Total (€)
0	1628800	0	0	0	0	1628800
1	0	481000	7000000	559600	14000000	22040600
2	0	485810	7140000	570792	14000000	22196602
3	0	490669	7282800	582208	14000000	22355677
4	0	495576	7428456	593852	14000000	22517884
5	0	500532	7577025	605729	14000000	22683286
6	0	505538	7728566	617844	14000000	22851947
7	0	510594	7883137	630200	14000000	23023931
8	0	515700	8040800	642804	14000000	23199304
9	0	520857	8201616	655661	14000000	23378133
10	0	526066	8365648	668774	14000000	23560488
11	0	531327	8532961	682149	14000000	23746437
12	0	536641	8703620	695792	14000000	23936053
13	0	542008	8877693	709708	14000000	24129409
14	0	547429	9055246	723902	14000000	24326578
15	0	552904	9236351	738380	14000000	24527636
16	0	558434	9421078	753148	14000000	24732660
17	0	564019	9609500	768211	14000000	24941730
18	0	569660	9801690	783575	14000000	25154925
19	0	575357	9997724	799247	14000000	25372327
20	0	581111	10197678	815232	14000000	25594021
						<b>475898428.7</b>

*Tabla 11. Gastos de la explotación 20 primeros años*



### 11.3 Ingresos

Una vez realizado el cálculo de la estimación de gastos de la planta durante la etapa de la vida útil, ha de realizarse una estimación de los ingresos durante ese mismo tiempo.

90

Para la determinación de estas variables se han tenido en cuenta las tres fracciones diferentes que existen en las líneas de salida (mayores de 5mm, 2,5 a 5mm y menores de 2,5), las cuales se han elegido siguiendo la clasificación expuesta en el apartado 5.1, en la que los productos obtenidos tendrán definido el uso para hormigones en masa o armado, aglomerados asfálticos y para revestimientos, vidrios, cerámicas, refractarios, etc, respectivamente y los ingresos generados en la venta de estos productos finales. Para ello se ha estimado un precio medio y una producción que se repartirán de la siguiente manera:



- **Granulometría de <2,5 mm.**

Según los datos obtenidos, se generarán aproximadamente 492.480 tn/año, con un precio medio de mercado de unos 9 €/tn.

Como en el caso de algunas de las variables recogidas en el apartado de gastos, se estimará una variación de gastos de aproximadamente el 4,5%, teniendo en cuenta la variación del precio medio de mercado en los últimos años. Los ingresos quedarán repartidos de la siguiente manera:

Años	Toneladas generadas año	Precio Tonelada (€)	Ingresos 2,5-5mm (€)
1	492.480	9	4432320
2	492.480	9.41	4634236.8
3	492.480	9.84	4846003.2
4	492.480	10.29	5067619.2
5	492.480	10.76	5299084.8
6	492.480	11.25	5540400
7	492.480	11.76	5791564.8
8	492.480	12.29	6052579.2
9	492.480	12.85	6328368
10	492.480	13.43	6614006.4
11	492.480	14.04	6914419.2
12	492.480	14.68	7229606.4
13	492.480	15.35	7559568
14	492.480	16.05	7904304
15	492.480	16.78	8263814.4
16	492.480	17.54	8638099.2
17	492.480	18.33	9027158.4
18	492.480	19.16	9435916.8
19	492.480	20.03	9864374.4
20	492.480	20.94	10312531.2
<b>Total acumulado</b>			<b>139755974.4</b>

*Tabla 12. Ingresos granulometría 0-4mm*



- **Granulometría de 2,5-5 mm.**

Según los datos obtenidos, se generarán aproximadamente 701.280 tn/año, con un precio medio de mercado de unos 8 €/tn.

Como en el caso de algunas de las variables recogidas en el apartado de gastos, se estimará una variación de gastos de aproximadamente el 6%, teniendo en cuenta la variación del precio medio de mercado en los últimos años. Los ingresos quedarán repartidos de la siguiente manera:

Años	Toneladas generadas año	Precio Tonelada (€)	Ingresos 2,5-5mm (€)
1	701.280	8	5610240
2	701.280	8.48	5946854.4
3	701.280	8.99	6304507.2
4	701.280	9.53	6683198.4
5	701.280	10.11	7089940.8
6	701.280	10.72	7517721.6
7	701.280	11.37	7973553.6
8	701.280	12.06	8457436.8
9	701.280	12.79	8969371.2
10	701.280	13.56	9509356.8
11	701.280	14.38	10084406.4
12	701.280	15.25	10694520
13	701.280	16.17	11339697.6
14	701.280	17.15	12026952
15	701.280	18.18	12749270.4
16	701.280	19.28	13520678.4
17	701.280	20.44	14334163.2
18	701.280	21.67	15196737.6
19	701.280	22.98	16115414.4
20	701.280	24.36	17083180.8
<b>Total acumulado</b>			<b>205536801.6</b>

*Tabla 13. Ingresos granulometría 4-6mm*



- **Granulometría de >5 mm.**

Según los datos obtenidos, se generarán aproximadamente 1.193.760 tn/año, con un precio medio de mercado de unos 7,50 €/tn.

Como en el caso de algunas de las variables recogidas en el apartado de gastos, se estimará una variación de gastos de aproximadamente el 5%, teniendo en cuenta la variación del precio medio de mercado en los últimos años. Los ingresos quedarán repartidos de la siguiente manera:

Años	Toneladas generadas año	Precio Tonelada (€)	Ingresos >5mm (€)
1	1.193.760	7.5	8953200
2	1.193.760	7.88	9406828.8
3	1.193.760	8.28	9884332.8
4	1.193.760	8.7	10385712
5	1.193.760	9.14	10910966.4
6	1.193.760	9.6	11460096
7	1.193.760	10.08	12033100.8
8	1.193.760	10.59	12641918.4
9	1.193.760	11.12	13274611.2
10	1.193.760	11.68	13943116.8
11	1.193.760	12.27	14647435.2
12	1.193.760	12.89	15387566.4
13	1.193.760	13.54	16163510.4
14	1.193.760	14.22	16975267.2
15	1.193.760	14.94	17834774.4
16	1.193.760	15.69	18730094.4
17	1.193.760	16.48	19673164.8
18	1.193.760	17.31	20663985.6
19	1.193.760	18.18	21702556.8
20	1.193.760	19.09	22788878.4
<b>Total acumulado</b>			<b>297461116.8</b>

*Tabla 14. Ingresos granulometría 6-10mm*



Todos estos ingresos acumulados generan un flujo de 644.424.292,8 €, que agrupándolos en una tabla conjunta quedan de la siguiente manera:

Años	Ingresos <2,5mm (€)	Ingresos 2-5-5mm (€)	Ingresos >5mm (€)	Total acumulado (€)
1	4432320	5610240	8953200	18995760
2	4634236.8	5946854.4	9406828.8	19987920
3	4846003.2	6304507.2	9884332.8	21034843.2
4	5067619.2	6683198.4	10385712	22136529.6
5	5299084.8	7089940.8	10910966.4	23299992
6	5540400	7517721.6	11460096	24518217.6
7	5791564.8	7973553.6	12033100.8	25798219.2
8	6052579.2	8457436.8	12641918.4	27151934.4
9	6328368	8969371.2	13274611.2	28572350.4
10	6614006.4	9509356.8	13943116.8	30066480
11	6914419.2	10084406	14647435.2	31646260.8
12	7229606.4	10694520	15387566.4	33311692.8
13	7559568	11339698	16163510.4	35062776
14	7904304	12026952	16975267.2	36906523.2
15	8263814.4	12749270	17834774.4	38847859.2
16	8638099.2	13520678	18730094.4	40888872
17	9027158.4	14334163	19673164.8	43034486.4
18	9435916.8	15196738	20663985.6	45296640
19	9864374.4	16115414	21702556.8	47682345.6
20	10312531.2	17083181	22788878.4	50184590.4
<b>Total acumulado</b>	<b>139755974</b>	<b>207207202</b>	<b>297461117</b>	<b>644424292.8 €</b>

*Tabla 15. Ingresos conjunto*

## 11.4 Financiación

Debido al gran desembolso inicial que se necesita para llevar a cabo un proyecto de este tipo, se ha de contar con una financiación que ayude a costear el desembolso inicial correspondiente al año 0 y a los gastos del primer año.

Esto supone una cantidad de 12.649.100€. debido a la estabilidad de esta fórmula, nos decantaremos por las cuotas de amortización constante.

Este método consiste en la devolución de la misma cantidad de capital durante todos los meses que dura el préstamo, con un interés *i* también constante.

Tomaremos un plazo de devolución de 5 años, con unos intereses del 1,4% según tabla adjunta:

19. TIPOS DE INTERES		19.5 Tipos de interés (TEDR) de nuevas operaciones. Préstamos y créditos a las sociedades no financieras. Entidades de crédito y EFC (a)													
B) Tipos de interés aplicados por las IFM a residentes en la UEM		Porcentajes													
		T E D R													
Descu- bier- tos y líneas de crédito (b)	Tarjetas de crédito de pago aplazado (c)	Otros créditos hasta 250 mil euros				Otros créditos entre 250 mil y 1 millón de euros				Otros créditos de más de 1 millón de euros					
		Tipo medio ponderado (3)	Hasta 1 año (4)	Más de 1 y hasta 5 años (5)	Más de 5 años (6)	Tipo medio ponderado (7)	Hasta 1 año (8)	Más de 1 y hasta 5 años (9)	Más de 5 años (10)	Tipo medio ponderado (11)	Hasta 1 año (12)	Más de 1 y hasta 5 años (13)	Más de 5 años (14)		
13		3,38	16,51	5,12	5,08	5,69	6,74	3,88	3,83	4,33	4,96	2,73	2,69	2,74	3,86
14		3,14	16,36	4,18	4,18	4,12	4,32	2,79	2,78	2,78	3,12	1,99	1,99	1,54	2,35
15		2,34	17,11	3,26	3,26	3,29	3,19	2,05	2,04	2,04	2,22	1,96	1,97	1,79	1,95
16		1,66	18,42	2,64	2,61	2,97	2,75	1,79	1,77	1,88	1,86	1,60	1,56	1,61	1,85
17		1,55	18,66	2,33	2,29	2,87	2,69	1,68	1,63	1,72	2,00	1,51	1,56	1,30	1,36
17	Feb	1,68	18,28	2,56	2,52	3,10	2,87	1,69	1,64	1,91	1,86	1,48	1,43	1,85	1,57
	Mar	1,66	18,35	2,53	2,48	3,02	2,92	1,79	1,75	1,88	1,95	1,63	1,68	1,36	1,71
	Abr	1,66	18,58	2,56	2,53	2,99	2,81	1,75	1,72	1,79	1,95	1,78	1,84	1,33	1,92
	May	1,56	19,02	2,48	2,44	2,96	2,78	1,73	1,70	1,81	1,90	1,63	1,68	1,29	1,78
	Jun	1,59	19,12	2,41	2,37	2,94	2,78	1,74	1,70	1,84	1,92	1,73	1,81	1,51	1,50
	Jul	1,57	19,07	2,46	2,41	2,99	2,79	1,72	1,67	1,84	1,94	1,56	1,43	1,34	2,55
	Ago	1,54	18,96	2,44	2,41	3,00	2,68	1,68	1,61	1,86	2,03	1,58	1,63	1,28	1,50
	Sep	1,56	18,83	2,42	2,39	2,89	2,74	1,69	1,63	1,85	2,01	1,66	1,68	1,47	1,62
	Oct	1,57	18,68	2,37	2,32	2,88	2,73	1,66	1,59	1,79	2,02	1,62	1,65	1,42	1,61
	Nov	1,48	18,69	2,36	2,31	2,89	2,71	1,67	1,60	1,82	1,98	1,67	1,68	1,55	1,78
	Dic	1,55	18,66	2,33	2,29	2,87	2,69	1,68	1,63	1,72	2,00	1,51	1,56	1,30	1,36
18	Ene	1,56	17,70	2,31	2,27	2,90	2,75	1,66	1,59	1,84	2,00	1,61	1,67	1,36	1,36
	Feb	1,72	17,71	2,27	2,22	2,93	2,75	1,65	1,58	1,78	2,00	1,64	1,66	1,47	1,63
	Mar	1,66	17,62	2,31	2,25	2,79	2,80	1,67	1,62	1,75	1,92	1,60	1,64	1,28	1,50
	Abr	1,70	17,94	2,22	2,16	2,81	2,70	1,62	1,56	1,72	1,91	1,65	1,70	1,33	1,56

Imagen 76. Tipos de interés créditos a empresas, Banco de España

Con todos estos datos, nos queda la siguiente tabla con los datos resumidos:

Año	1	2	3	4	5
Capital pendiente (€)	12.649.100	10.119.280€	7.589.460€	5.059.640€	2.529.820€
Intereses (€)	17.7087€	14.1670€	10.6252€	70.835€	35.417€
Amortizado (€)	2.529.820€	2.529.820€	2.529.820€	2.529.820€	2.529.820€
Cuota (€)	2.706.907€	2.671.490€	2.636.072€	2.600.655€	2.565.237€

Tabla 12. Datos resumidos financiación

## 11.5 Índices Económicos

Los diferentes tipos de análisis de viabilidad siempre tienen como finalidad conocer el rendimiento económico de la futura explotación, especialmente en el sector industrial al que pertenece esta explotación de áridos a la que está enfocado el presente TFG.

96

Básicamente, el económico es el factor de más relevancia en este estudio y el que decantará la balanza final de la puesta en marcha final del proyecto.

Para el cálculo de estos índices se han de tener en cuenta los valores anteriormente citados, entre los que se encuentran:

- Vida útil de la planta de 20 años aunque en función de la variación del mercado, una vez alcanzado ese tiempo puede aumentarse ese periodo.
- TIR (Tasa Interna de Rentabilidad)
- VAN (Valor Actualizado Neto)

AÑO	INGRESOS	GASTOS	INTERESES	BENEFICIO BRUTO	IMPUESTOS	AMORTIZACION EQUIPOS	BASE DESPUES IMPUESTOS	FONDO GENERADO	REEMBOLSO CREDITO	FLUJO DE CAJA	FLUJO ACTUALIZADO
0	0	0									
1	18995760	22640600	181287	-3826127	-1339145	233167	-2720149	-2486983	2589820	-5076803	-4881541
2	19987920	22800602	145030	-2957712	-1035199	233167	-2155679	-1922513	2589820	-4512333	-4171905
3	21034843	22963757	108772	-2037686	-713190	233167	-1557663	-1324496	2589820	-3914316	-3479813
4	22136530	23130126	72515	-1066111	-373139	233167	-926139	-692972	2589820	-3282792	-2806144
5	23299992	23299773	36257	-36038	-12613	233167	-256591	-23425	2589820	-2613245	-2147897
6	24518218	23472763	0	1045454	365909	233167	446379	679545		679545	537054
7	25798219	23649164	0	2149055	752169		1396886	1396886		1396886	1061519
8	27151934	23829041	0	3322893	1163013		2159881	2159881		2159881	1578204
9	28572350	24012465	0	4559885	1595960		2963925	2963925		2963925	2082415
10	30066480	24199506	0	5866974	2053441		3813533	3813533		3813533	2576286
11	31646261	24390236	0	7256025	2539609		4716416	4716416		4716416	3063694
12	33311693	24584728	0	8726965	3054438		5672527	5672527		5672527	3543044
13	35062776	24783057	0	10279719	3597902		6681817	6681817		6681817	4012926
14	36906523	24985299	0	11921224	4172428		7748796	7748796		7748796	4474736
15	38847859	25191531	0	13656328	4779715		8876613	8876613		8876613	4928868
16	40888872	25401834	0	15487038	5420463		10066575	10066575		10066575	5374627
17	43034486	25616287	0	17418199	6096370		11321830	11321830		11321830	5812324
18	45296640	25834973	0	19461667	6811583		12650083	12650083		12650083	6244437
19	47682346	26057977	0	21624369	7568529		14055840	14055840		14055840	6671498
20	50184590	26285383	0	23899207	8364723		15534485	15534485		15534485	7089736

Tabla 13. Resumen análisis económico

Estos datos nos arrojan un VAN de 41.564.067.45€ y un TIR del 19%.

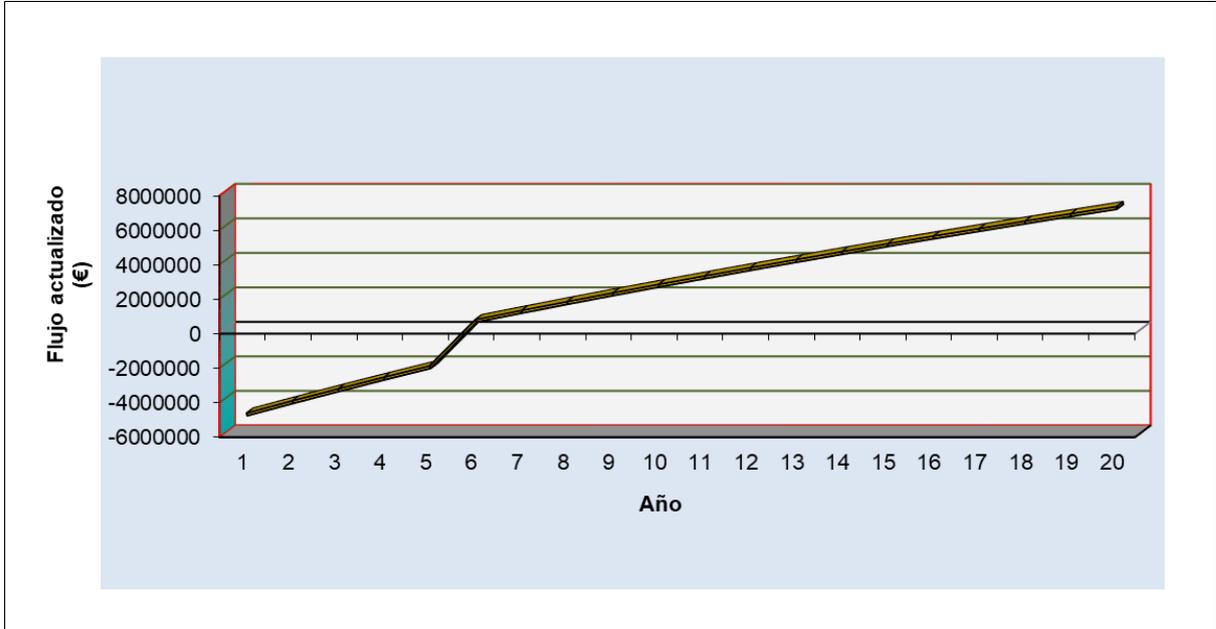


Gráfico 5. Flujo de caja para 20 años

Analizando estos datos, se observa que se empiezan a tener beneficios netos a partir del séptimo año, por lo que se supone un proyecto viable debido a los beneficios que se generarán, especialmente indicados por las tasas de VAN positivas y valores del TIR con esos porcentajes.

Estos valores presentan un incremento cada año debido al aumento porcentual presupuesto del precio de venta de los productos finales.

Como se puede comprobar, los beneficios netos comienzan en el sexto año, primer periodo en el que está la financiación superada.

## 12 CONCLUSIONES

En el presente Trabajo de Fin de Grado se ha buscado simular una planta de tratamiento de áridos para poder llevar a un uso práctico los diferentes elementos constitutivos de la misma, vistos a lo largo del Grado de Los Recursos Mineros, especialmente en sus dos últimos cursos.

Por ello se han utilizado elementos como un triturador de mandíbulas, tres cribas con diferentes reglajes, una machacadora giratoria, un molino de bolas y un triturador de cono, así como elementos auxiliares tales como cintas transportadoras, mezcladores y separador de corrientes.

Este ejercicio ha permitido poner de manifiesto todos los conocimientos adquiridos sobre su funcionamiento de una forma conjunta y de manera práctica gracias al simulador MODSIM.

Del mismo modo, ha permitido realizar una valoración sobre la viabilidad económica de la planta, valor que en primera instancia es el que decanta la balanza a la hora de llevar adelante al plano real todo lo estudiado y simulado de manera teórica.

Por otro lado, destacar que en un principio se estudió la idea de enfocar este trabajo a la ampliación de una cantera en una localidad cántabra, posibilidad que finalmente se desechó debido a motivos geográficos y se decidió orientar a una planta de nueva factura.

Como se ha comentado anteriormente, en el diagrama de flujo se ha intentado disponer de la mayor variedad de maquinaria vista en el transcurso del grado y se han supuesto unos valores estándar de distribución granulométrica tomando un valor máximo de entrada de 850mm.

De la misma manera, se ha buscado obtener unos diámetros de salida de producto para tres aplicaciones diferentes, ya que esto permite jugar en mayor medida con los ingresos y, consecuentemente, con los beneficios, factor clave como se especificó anteriormente para la viabilidad de esta planta.



Este es el motivo por el que se escogió una entrada de mineral de 600 tn/h, siendo un flujo para una planta de tamaño considerable para obtener unos valores de salida óptimos.

Indicar que, una vez decidido el flujo en la alimentación y sabiendo que se querían obtener tres productos finales para tres aplicaciones diferentes, la manera en la que se ha procedido ha sido el ensayo-error. Esto significa que se han ido variando los diferentes parámetros de la maquinaria presente hasta lograr un equilibrio entre los diferentes diámetros de salida, los usos y, lógicamente, el precio medio de mercado (tanto de la materia prima como de los productos finales) y su evolución prevista. Finalmente se decidió obtener unos productos finales de tres tipos: mayores de 5 mm (hormigones en masa o armados), entre 5 y 2,5 mm (aglomerados asfálticos) y menores de 2,5 mm (vidrios, revestimientos, cerámica, refractarios).

Son muchos los factores influyentes en la viabilidad económica ya que, aunque se hayan tomado datos de previsiones, no dejan de ser estimaciones que pueden no reflejar variaciones reales e imprevistas del precio, tanto de una manera positiva (aumento del precio de venta debido a un aumento en la demanda, países en vías de desarrollo que necesiten infraestructuras...), disminución en el precio de compra de la materia prima (valor que se ha supuesto constante), aumento en precio de la energía (valor muy difícil de estimar viendo las inestabilidades actuales en este mercado).

Por otro lado, se han de tener en cuenta los factores técnicos. En una simulación no se valoran los posibles imprevistos en la maquinaria, si no que se les supone una vida útil de 20 años. Esto quiere decir, que un posible imprevisto o accidente, puede desajustar la previsión teniendo que hacer un desembolso imprevisto. De la misma manera se puede ver afectado por el factor humano.

En última instancia, los valores supuestos para la financiación son los previstos según el Banco de España y sus IFM (Instituciones Financieras Monetarias) para residentes de la UE, con unos tipos de interés muy ventajosos debido al importe tan alto del valor del crédito y tratándose de una empresa.



Una variación de los tipos de interés supondría unos mayores gastos, lo que provocaría unos menores beneficios y podría llegar a poner en riesgo la rentabilidad del proyecto.

Con todos estos factores analizados, cabe destacar que los mayores riesgos a los que se enfrenta el proyecto son los productivos como el coste de la energía (factor que se podría superar planteando la adaptación de equipos de autoabastecimiento de energía como solar, eólica, geotérmica...), el coste de la venta del producto (un valor muy bajo de mercado provocaría unos ingresos insuficientes para hacer frente a la inversión) y por último el precio de la materia prima (ya que tenemos un alto grado de alimentación y una pequeña variación puede provocar un impacto de alto grado).



## 13 REFERENCIAS

### 13.1 Libros

- Agencia Tributaria (2017). Manual Práctico Renta 2017. Ministerio de Hacienda y Función Pública. Distribución institucional.
- Bustillo Revuelta, Manuel & Durán López, Antonio A. & Fueyo Casado, Luis. (2013). Manual de Áridos. Fueyo Ediciones. 2013.
- Consejería de Economía, Empleo y Hacienda - D. G. de Industria, Energía y Minas. 2007. Distribucion Institucional.
- Díaz del Río y Jáudanes, Manuel. 2007. Manual de Maquinaria de Construcción. McGraw-Hill. Edición 2. ISBN: 9788448156466.
- King, R. P. (2003). Modular simulator for mineral processing plants. Mineral Technologies International, Inc, 1147.
- King, R. P. (2012). Modeling and simulation of mineral processing systems. Elsevier.
- Lopez Jimeno, Carlos C. & Bustillo Revuelta, Manel (2000). Manual de Aplicaciones Informáticas en Minería. ISBN: 9788493129217.
- Lopez Jimeno, Carlos. (1998). Carlos Lopez Jimenez Editor. Áridos: Manual de Prospección, Explotación y Aplicaciones. Edición 3. ISBN: 9788460512665.
- Mular, Andrew & Poulin, Richard. 1998. Capcost. Canadian Mineral Processors Division of Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum. ISBN: 9780919086722.



- Wills, B. A., & Finch, J. (2015). Wills' mineral processing technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery. Butterworth-Heinemann.

## 13.2 Páginas Web

- <https://www.interempresas.net>
- <http://www.igme.es/>
- <http://www.infomine.com/>

## 14 ANEXOS

### 14.1 Tablas de Capcost para el Cálculo de Precio de la Maquinaria

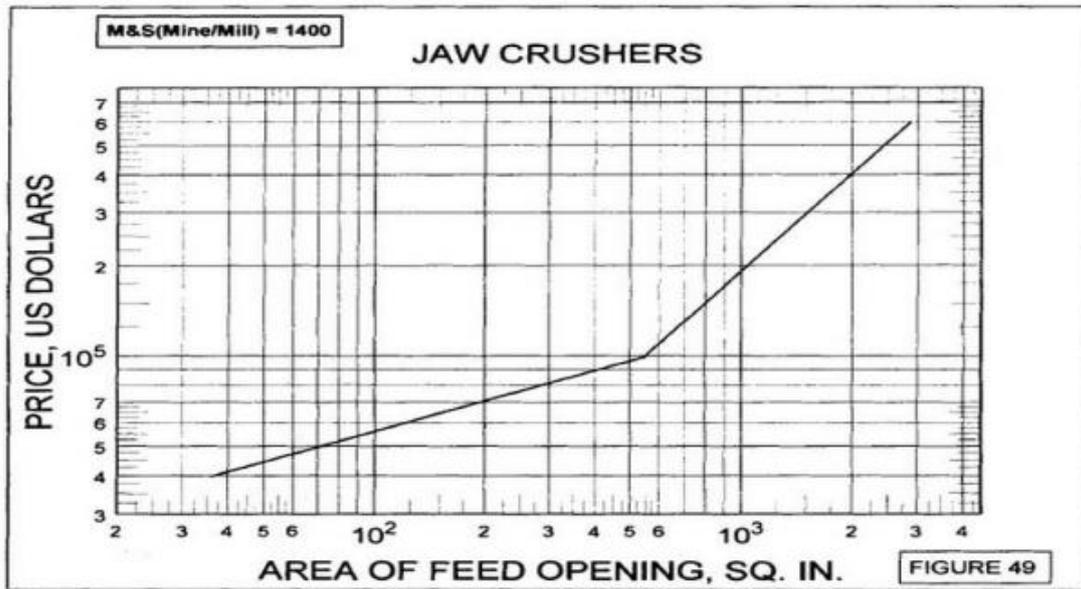


Imagen 77. Ábaco para el cálculo de precio de trituradora de mandíbulas

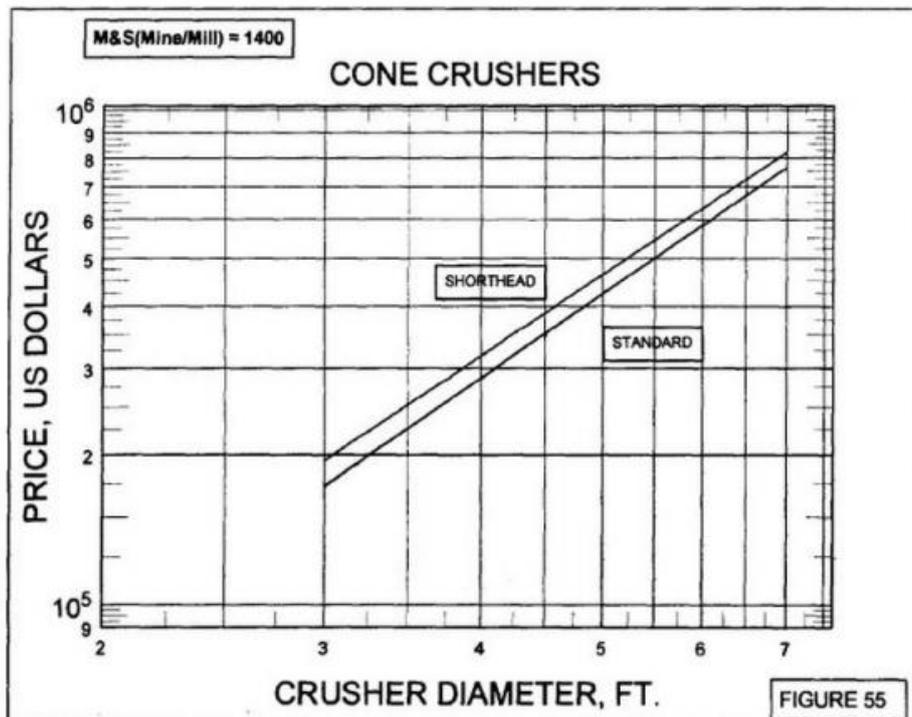


Imagen 78. Ábaco para el cálculo de precio de trituradora de cono

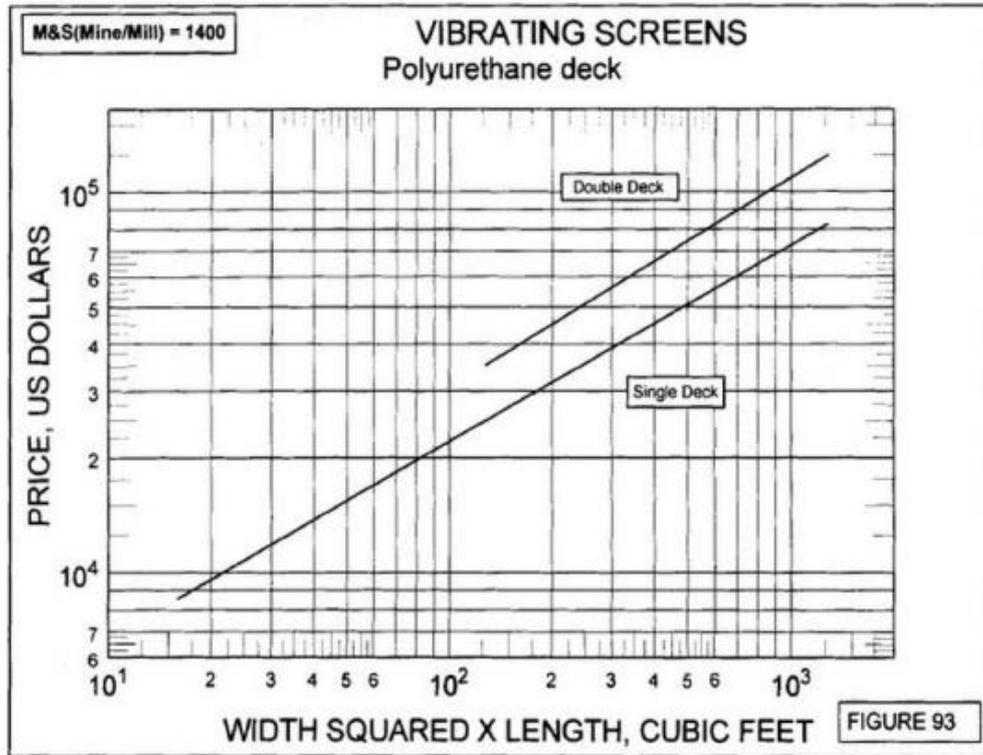


Imagen 79. Ábaco para el cálculo de precio de criba vibradora

## 14.2 Tablas de Tipo de Retención IRPF



### RETENCIONES E INGRESOS A CUENTA DEL IRPF EN EL EJERCICIO 2018 (\*)

(\*) Idénticos a los vigentes en el ejercicio 2017

Clase de renta	Procedencia	Tipo aplicable 2017	MOD. RESUMEN ANUAL-2017	CLAVE
Trabajo	Relaciones laborales y estatutarias en general		190	A
	Pensiones y haberes pasivos del sistema público (S. Social y Clases Pasivas)	Variable según procedmto. general (algoritmo)	190	B.01
	Pensionistas con dos o más pagadores: procedimiento especial del art. 89.A RIRPF		190	B.02
	Pensiones de sistemas privados de previsión social		190	B.03
	Prestaciones y subsidios por desempleo		190	C
	Prestaciones por desempleo en la modalidad de pago único (solo reintegro de prestaciones indebidadas)		190	D
	Consejeros y administradores (de entidades cuyo importe neto cifra negocios del último período impositivo finalizado con anterioridad al pago de rendimientos haya sido >100.000 euros) (art.101.2 LIRPF y 80.1.3ºRIRPF)	35 por 100	190	E.01 E.04
	Consejeros y administradores (de entidades cuyo importe neto cifra negocios del último período impositivo finalizado con anterioridad al pago de rendimientos haya sido <100.000 euros) (art.101.2 LIRPF y 80.1.3ºRIRPF)	19 por 100	190	E.02 E.03
	Premios literarios, artísticos o científicos no exentos de IRPF, cuando tengan la consideración de rendimientos del trabajo	15 por 100	190	F.01
	Cursos, conferencias, seminarios, ... (art. 80.1.4º RIRPF y 101.3 LIRPF).	15 por 100	190	F.02
	Elaboración de obras literarias, artísticas o científicas (art. 80.1.4º RIRPF y 101.3 LIRPF).	15 por 100		
	Atrasos (art. 101.1 LIRPF)	15 por 100	190	
	Régimen fiscal especial aplicable a trabajadores desplazados a territorio español (art. 93.2.f LIRPF): Hasta 600.000 euros..... Desde 600.000,01 euros en adelante (retribuciones satisfechas por un mismo pagador) .....	24 por 100 45 por 100		
	Actividades profesionales	Con carácter general (art. 101.5.a) LIRPF).	15 por 100	190
Determinadas actividades profesionales (recaudadores municipales, mediadores de seguros...) (art. 101.5.a) LIRPF y 95.1 RIRPF).		7 por 100	190	G.02
Profesionales de nuevo inicio (en el año de inicio y en los dos siguientes) (art. 101.5.a) LIRPF y 95.1 RIRPF).		7 por 100	190	G.03
Otras actividades económicas	Actividades agrícolas y ganaderas en general (art. 95.4 RIRPF)	2 por 100	190	H.01
	Actividades de engorde de porcino y avicultura (art. 95.4 RIRPF)	1 por 100	190	H.02
	Actividades forestales (art. 95.5 RIRPF)	2 por 100	190	H.03
	Determinadas actividades empresariales en Estimación Objetiva (art. 95.6 RIRPF)	1 por 100	190	H.04
	Rendimientos del art. 75.2.b): cesión derecho de imagen (art. 101.1 RIRPF)	24 por 100	190	L.01
Imputación Rentas por cesión derechos imagen	Rendimientos del art. 75.2.b): resto de conceptos (art. 101.2 RIRPF)	19 por 100	190	L.02
	(art. 92.8 LIRPF, y art. 107 RIRPF)	19 por 100	190	J



Clase de renta	Procedencia	Tipo aplicable 2017	MOD. RESUMEN ANUAL-2017	CLAVE
Ganancias patrimoniales	Premios de juegos, concursos, rifas... sujetos a retención, distintos de los sujetos a GELA (101.7 LIRPF)	19 por 100	190	K.01, K.03
	Aprovechamientos forestales en montes públicos 101.6 LIRPF y 99.2 RIRPF)	19 por 100	190	K.02
Otras Ganancias patrimoniales	Transmisión de Derechos de suscripción (art. 101.6 LIRPF): a partir de 1.1.2017	19 por 100	187	M, N, O
	Transmisión de acciones y participaciones en Instituciones de Inversión Colectiva (Fondos de Inversión) (art. 101.6 LIRPF)	19 por 100	187	C,E
Capital Mobiliario	Derivados de la participación en fondos propios de entidades (art. 25.1, 101.4 LIRPF y 90 RIRPF)	19 por 100	193	A
	Cesión a terceros de capitales propios (cuentas corrientes, depósitos financieros, etc...; art. 25.2 LIRPF)	19 por 100	193/194/196	Según modelo
	Operaciones de capitalización, seguros de vida o invalidez e imposición de capitales	19 por 100	188	No clave
	Propiedad intelectual, industrial, prestación de asistencia técnica (art. 101.9 LIRPF)	19 por 100	193	C
	Arrendamiento y subarrendamiento de bienes muebles, negocios o minas (art. 101.9 LIRPF)	19 por 100	193	C
	Rendimientos derivados de la cesión del derecho de explotación de derechos de imagen (art. 101.10 LIRPF) siempre que no sean en el desarrollo de una actividad económica	24 por 100	193	C
Capital Inmobiliario	Arrendamiento o subarrendamiento de bienes inmuebles urbanos (art. 101.8 LIRPF; y 100 RIRPF)	19 por 100	180	No clave

Tabla 14. Índices de retención IRPF



## 14.3 Normas UNE

14.3.1 Norma UNE en ISO 9001-2015

14.3.2 Norma UNE-EN 932-5:2012

14.3.3 Norma UNE-EN 932-5:2012/AC

14.3.4 Norma UNE 146901:2008

Septiembre 2015

### TÍTULO

**Sistemas de gestión de la calidad**

**Requisitos**

(ISO 9001:2015)

*Quality management systems. Requirements. (ISO 9001:2015).*

*Systèmes de management de la qualité. Exigences. (ISO 9001:2015).*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 9001:2015, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 9001:2015.

### OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE-EN ISO 9001:2008 y UNE-EN ISO 9001:2008/AC:2009.

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 66 *Gestión de la calidad y evaluación de la conformidad* cuya Secretaría desempeña AENOR.



AENOR

NORMA EUROPEA  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

**EN ISO 9001**

Septiembre 2015

ICS 03.120.10

Sustituye a EN ISO 9001:2008 y  
EN ISO 9001:2008/AC:2009

Versión en español

**Sistemas de gestión de la calidad**  
**Requisitos**  
(ISO 9001:2015)

**Quality management systems.**  
**Requirements. (ISO 9001:2015).**

**Systèmes de management de la qualité.**  
**Exigences. (ISO 9001:2015).**

**Qualitätsmanagementsysteme.**  
**Anforderungen (ISO 9001:2015).**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2015-09-14.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Antigua República Yugoslava de Macedonia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia, Suiza y Turquía.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles**

© 2015 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

## Prólogo

Esta Norma (EN ISO 9001:2015) ha sido elaborada por el Comité Técnico ISO/TC 176 *Gestión y aseguramiento de la calidad*.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de marzo de 2016, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de marzo de 2016.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a las Normas EN ISO 9001:2008 y EN ISO 9001:2008/AC:2009.

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de las Directivas europeas.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Antigua República Yugoslava de Macedonia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia, Suiza y Turquía.

## Declaración

El texto de la Norma ISO 9001:2015 ha sido aprobado por CEN como Norma EN ISO 9001:2015 sin ninguna modificación.

## Índice

Prólogo.....	7
Prólogo de la versión en español .....	8
<b>0</b> <b>Introducción.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b> <b>Objeto y campo de aplicación.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b> <b>Referencias normativas.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b> <b>Términos y definiciones.....</b>	<b>14</b>
<b>4</b> <b>Contexto de la organización.....</b>	<b>14</b>
4.1 <b>Comprensión de la organización y de su contexto .....</b>	<b>14</b>
4.2 <b>Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.....</b>	<b>14</b>
4.3 <b>Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad .....</b>	<b>14</b>
4.4 <b>Sistema de gestión de la calidad y sus procesos.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b> <b>Liderazgo.....</b>	<b>16</b>
5.1 <b>Liderazgo y compromiso.....</b>	<b>16</b>
5.1.1 <b>Generalidades .....</b>	<b>16</b>
5.1.2 <b>Enfoque al cliente .....</b>	<b>16</b>
5.2 <b>Política .....</b>	<b>16</b>
5.2.1 <b>Establecimiento de la política de la calidad.....</b>	<b>16</b>
5.2.2 <b>Comunicación de la política de la calidad .....</b>	<b>17</b>
5.3 <b>Roles, responsabilidades y autoridades en la organización.....</b>	<b>17</b>
<b>6</b> <b>Planificación.....</b>	<b>17</b>
6.1 <b>Acciones para abordar riesgos y oportunidades .....</b>	<b>17</b>
6.2 <b>Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos .....</b>	<b>18</b>
6.3 <b>Planificación de los cambios .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b> <b>Apoyo.....</b>	<b>19</b>
7.1 <b>Recursos .....</b>	<b>19</b>
7.1.1 <b>Generalidades .....</b>	<b>19</b>
7.1.2 <b>Personas.....</b>	<b>19</b>
7.1.3 <b>Infraestructura .....</b>	<b>19</b>
7.1.4 <b>Ambiente para la operación de los procesos .....</b>	<b>19</b>
7.1.5 <b>Recursos de seguimiento y medición .....</b>	<b>20</b>
7.1.6 <b>Conocimientos de la organización.....</b>	<b>20</b>
7.2 <b>Competencia.....</b>	<b>21</b>
7.3 <b>Toma de conciencia .....</b>	<b>21</b>
7.4 <b>Comunicación .....</b>	<b>21</b>
7.5 <b>Información documentada .....</b>	<b>21</b>
7.5.1 <b>Generalidades .....</b>	<b>21</b>
7.5.2 <b>Creación y actualización .....</b>	<b>22</b>
7.5.3 <b>Control de la información documentada .....</b>	<b>22</b>
<b>8</b> <b>Operación.....</b>	<b>22</b>
8.1 <b>Planificación y control operacional.....</b>	<b>22</b>
8.2 <b>Requisitos para los productos y servicios .....</b>	<b>23</b>
8.2.1 <b>Comunicación con el cliente.....</b>	<b>23</b>
8.2.2 <b>Determinación de los requisitos para los productos y servicios.....</b>	<b>23</b>
8.2.3 <b>Revisión de los requisitos para los productos y servicios .....</b>	<b>24</b>
8.2.4 <b>Cambios en los requisitos para los productos y servicios.....</b>	<b>24</b>

8.3	Diseño y desarrollo de los productos y servicios .....	24
8.3.1	Generalidades .....	24
8.3.2	Planificación del diseño y desarrollo .....	24
8.3.3	Entradas para el diseño y desarrollo .....	25
8.3.4	Controles del diseño y desarrollo .....	25
8.3.5	Salidas del diseño y desarrollo.....	26
8.3.6	Cambios del diseño y desarrollo.....	26
8.4	Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente .....	26
8.4.1	Generalidades .....	26
8.4.2	Tipo y alcance del control .....	27
8.4.3	Información para los proveedores externos .....	27
8.5	Producción y provisión del servicio.....	27
8.5.1	Control de la producción y de la provisión del servicio.....	27
8.5.2	Identificación y trazabilidad .....	28
8.5.3	Propiedad perteneciente a los clientes o proveedores externos .....	28
8.5.4	Preservación.....	28
8.5.5	Actividades posteriores a la entrega.....	29
8.5.6	Control de los cambios .....	29
8.6	Liberación de los productos y servicios .....	29
8.7	Control de las salidas no conformes .....	29
9	Evaluación del desempeño .....	30
9.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación .....	30
9.1.1	Generalidades .....	30
9.1.2	Satisfacción del cliente.....	30
9.1.3	Análisis y evaluación .....	30
9.2	Auditoría interna .....	31
9.3	Revisión por la dirección.....	32
9.3.1	Generalidades .....	32
9.3.2	Entradas de la revisión por la dirección .....	32
9.3.3	Salidas de la revisión por la dirección.....	32
10	Mejora .....	33
10.1	Generalidades .....	33
10.2	No conformidad y acción correctiva .....	33
10.3	Mejora continua.....	34
Anexo A (Informativo)	Aclaración de la nueva estructura, terminología y conceptos .....	35
Anexo B (Informativo)	Otras Normas Internacionales sobre gestión de la calidad y sistemas de gestión de la calidad desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176 .....	39
Bibliografía.....		42

## Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

En la parte 1 de las Directivas ISO/IEC se describen los procedimientos utilizados para desarrollar esta norma y para su mantenimiento posterior. En particular debería tomarse nota de los diferentes criterios de aprobación necesarios para los distintos tipos de documentos ISO. Esta norma se redactó de acuerdo con las reglas editoriales de la parte 2 de las Directivas ISO/IEC (véase [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente. Los detalles sobre cualquier derecho de patente identificado durante el desarrollo de esta norma se indican en la introducción y/o en la lista ISO de declaraciones de patente recibidas (véase [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Cualquier nombre comercial utilizado en esta norma es información que se proporciona para comodidad del usuario y no constituye una recomendación.

Para obtener una explicación sobre el significado de los términos específicos de ISO y expresiones relacionadas con la evaluación de la conformidad, así como información de la adhesión de ISO a los principios de la Organización Mundial del Comercio (OMC) respecto a los Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC), véase la siguiente dirección: <http://www.iso.org/iso/foreword.htm>.

El comité responsable de esta norma es el ISO/TC 176, *Gestión y aseguramiento de la calidad*, Subcomité SC 2, *Sistemas de la calidad*.

Esta quinta edición anula y sustituye a la cuarta edición (Norma ISO 9001:2008), que ha sido revisada técnicamente, mediante la adopción de una secuencia de capítulos revisados y la adaptación de los principios de gestión de la calidad revisados y de nuevos conceptos. También anula y sustituye al Corrigendum Técnico ISO 9001:2008/Cor.1:2009.

## **Prólogo de la versión en español**

Esta Norma Internacional ha sido traducida por el Grupo de Trabajo *Spanish Translation Task Force* (STTF) del Comité Técnico ISO/TC 176, *Gestión y aseguramiento de la calidad*, en el que participan representantes de los organismos nacionales de normalización y representantes del sector empresarial de los siguientes países:

Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, Estados Unidos de América, Honduras, México, Perú y Uruguay.

Igualmente, en el citado Grupo de Trabajo participan representantes de COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) e INLAC (Instituto Latinoamericano de la Calidad).

Esta traducción es parte del resultado del trabajo que el Grupo ISO/TC 176, viene desarrollando desde su creación en el año 1999 para lograr la unificación de la terminología en lengua española en el ámbito de la gestión de la calidad.

## 0 Introducción

### 0.1 Generalidades

La adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible.

Los beneficios potenciales para una organización de implementar un sistema de gestión de la calidad basado en esta Norma Internacional son:

- a) la capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables;
- b) facilitar oportunidades de aumentar la satisfacción del cliente;
- c) abordar los riesgos y oportunidades asociadas con su contexto y objetivos;
- d) la capacidad de demostrar la conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados.

Esta Norma Internacional puede ser utilizada por partes internas y externas.

No es la intención de esta Norma Internacional presuponer la necesidad de:

- uniformidad en la estructura de los distintos sistemas de gestión de la calidad;
- alineación de la documentación a la estructura de los capítulos de esta Norma Internacional;
- utilización de la terminología específica de esta Norma Internacional dentro de la organización.

Los requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados en esta Norma Internacional son complementarios a los requisitos para los productos y servicios.

Esta Norma Internacional emplea el enfoque a procesos, que incorpora el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y el pensamiento basado en riesgos.

El enfoque a procesos permite a una organización planificar sus procesos y sus interacciones.

El ciclo PHVA permite a una organización asegurarse de que sus procesos cuenten con recursos y se gestionen adecuadamente, y que las oportunidades de mejora se determinen y se actúe en consecuencia.

El pensamiento basado en riesgos permite a una organización determinar los factores que podrían causar que sus procesos y su sistema de gestión de la calidad se desvíen de los resultados planificados, para poner en marcha controles preventivos para minimizar los efectos negativos y maximizar el uso de las oportunidades a medida que surjan (véase el capítulo A.4).

El cumplimiento permanente de los requisitos y la consideración constante de las necesidades y expectativas futuras representa un desafío para las organizaciones en un entorno cada vez más dinámico y complejo. Para lograr estos objetivos, la organización podría considerar necesario adoptar diversas formas de mejora además de la corrección y la mejora continua, tales como el cambio abrupto, la innovación y la reorganización.

En esta Norma Internacional, se utilizan las siguientes formas verbales:

- “debe” indica un requisito;
- “debería” indica una recomendación;
- “puede” indica un permiso, una posibilidad o una capacidad.

La información identificada como “NOTA” se presenta a modo de orientación para la comprensión o clarificación del requisito correspondiente.

## **0.2 Principios de la gestión de la calidad**

Esta Norma Internacional se basa en los principios de la gestión de la calidad descritos en la Norma ISO 9000. Las descripciones incluyen una declaración de cada principio, una base racional de por qué el principio es importante para la organización, algunos ejemplos de los beneficios asociados con el principio y ejemplos de acciones típicas para mejorar el desempeño de la organización cuando se aplique el principio.

Los principios de la gestión de la calidad son:

- enfoque al cliente;
- liderazgo;
- compromiso de las personas;
- enfoque a procesos;
- mejora;
- toma de decisiones basada en la evidencia;
- gestión de las relaciones.

## **0.3 Enfoque a procesos**

### **0.3.1 Generalidades**

Esta Norma Internacional promueve la adopción de un enfoque a procesos al desarrollar, implementar y mejorar la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de los requisitos del cliente. En el apartado 4.4 se incluyen requisitos específicos considerados esenciales para la adopción de un enfoque a procesos.

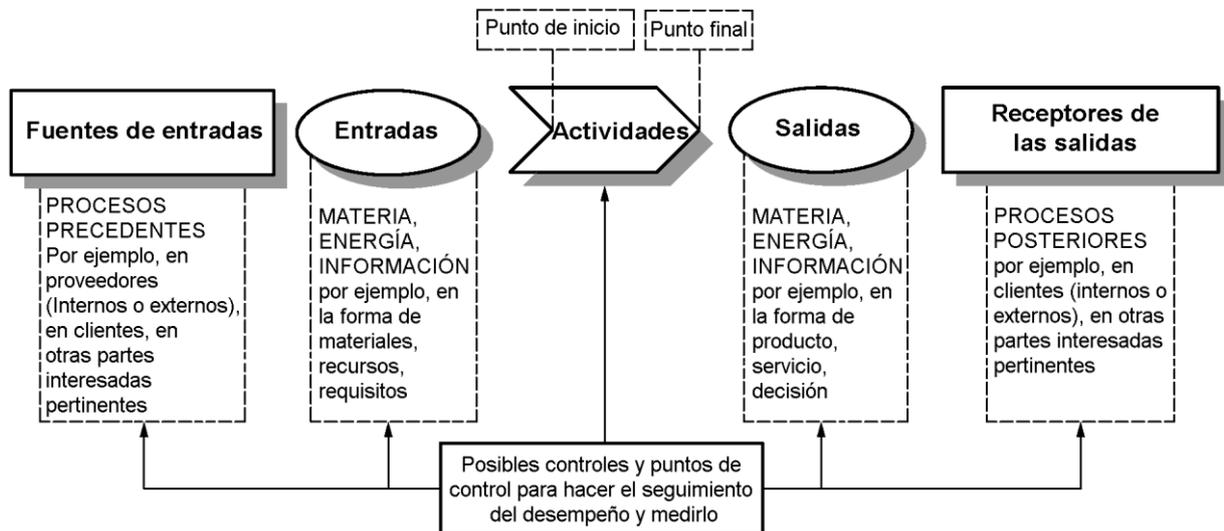
La comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus resultados previstos. Este enfoque permite a la organización controlar las interrelaciones e interdependencias entre los procesos del sistema, de modo que se pueda mejorar el desempeño global de la organización.

El enfoque a procesos implica la definición y gestión sistemática de los procesos y sus interacciones, con el fin de alcanzar los resultados previstos de acuerdo con la política de la calidad y la dirección estratégica de la organización. La gestión de los procesos y el sistema en su conjunto puede alcanzarse utilizando el ciclo PHVA (véase 0.3.2) con un enfoque global de pensamiento basado en riesgos (véase 0.3.3) dirigido a aprovechar las oportunidades y prevenir resultados no deseados.

La aplicación del enfoque a procesos en un sistema de gestión de la calidad permite:

- a) la comprensión y la coherencia en el cumplimiento de los requisitos;
- b) la consideración de los procesos en términos de valor agregado;
- c) el logro del desempeño eficaz del proceso;
- d) la mejora de los procesos con base en la evaluación de los datos y la información.

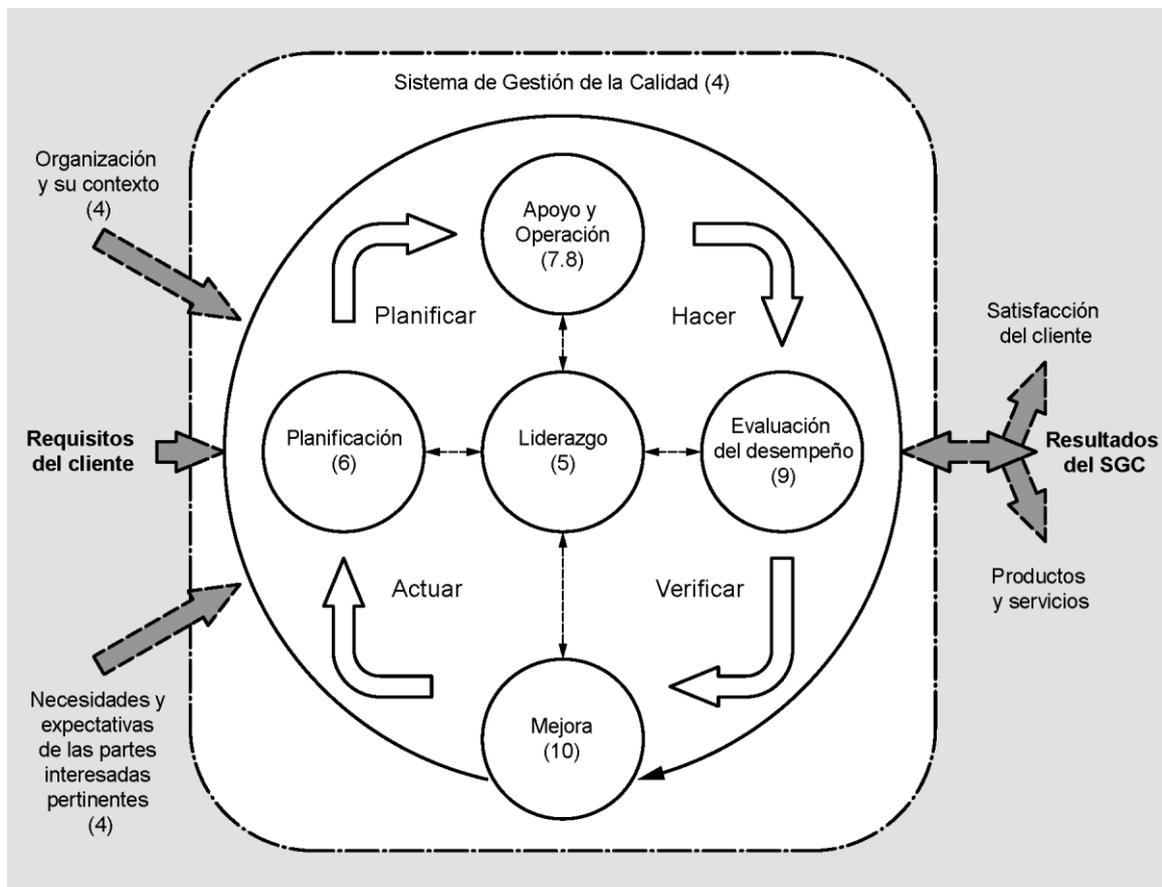
La figura 1 proporciona una representación esquemática de cualquier proceso y muestra la interacción de sus elementos. Los puntos de control del seguimiento y la medición, que son necesarios para el control, son específicos para cada proceso y variarán dependiendo de los riesgos relacionados.



**Figura 1 – Representación esquemática de los elementos de un proceso**

### 0.3.2 Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

El ciclo PHVA puede aplicarse a todos los procesos y al sistema de gestión de la calidad como un todo. La Figura 2 ilustra cómo los Capítulos 4 a 10 pueden agruparse en relación con el ciclo PHVA.



Nota: Los números entre paréntesis hacen referencia a los capítulos de esta Norma Internacional.

**Figura 2 – Representación de la estructura de esta Norma Internacional con el ciclo PHVA**

El ciclo PHVA puede describirse brevemente como sigue:

- **Planificar:** establecer los objetivos del sistema y sus procesos, y los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización, e identificar y abordar los riesgos y las oportunidades;
- **Hacer:** implementar lo planificado;
- **Verificar:** realizar el seguimiento y (cuando sea aplicable) la medición de los procesos y los productos y servicios resultantes respecto a las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas, e informar sobre los resultados;
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario.

### 0.3.3 Pensamiento basado en riesgos

El pensamiento basado en riesgos (véase el Capítulo A.4) es esencial para lograr un sistema de gestión de la calidad eficaz. El concepto de pensamiento basado en riesgos ha estado implícito en ediciones anteriores de esta Norma Internacional, incluyendo, por ejemplo, llevar a cabo acciones preventivas para eliminar no conformidades potenciales, analizar cualquier no conformidad que ocurra, y tomar acciones que sean apropiadas para los efectos de la no conformidad para prevenir su recurrencia.

Para ser conforme con los requisitos de esta Norma Internacional, una organización necesita planificar e implementar acciones para abordar los riesgos y las oportunidades. Abordar tanto los riesgos como las oportunidades establece una base para aumentar la eficacia del sistema de gestión de la calidad, alcanzar mejores resultados y prevenir los efectos negativos.

Las oportunidades pueden surgir como resultado de una situación favorable para lograr un resultado previsto, por ejemplo, un conjunto de circunstancias que permita a la organización atraer clientes, desarrollar nuevos productos y servicios, reducir los residuos o mejorar la productividad. Las acciones para abordar las oportunidades también pueden incluir la consideración de los riesgos asociados. El riesgo es el efecto de la incertidumbre y dicha incertidumbre puede tener efectos positivos o negativos. Una desviación positiva que surge de un riesgo puede proporcionar una oportunidad, pero no todos los efectos positivos del riesgo tienen como resultado oportunidades.

## 0.4 Relación con otras normas de sistemas de gestión

Esta Norma Internacional aplica el marco de referencia desarrollado por ISO para mejorar el alineamiento entre sus Normas Internacionales para sistemas de gestión (véase el Capítulo A.1).

Esta Norma Internacional permite a una organización utilizar el enfoque a procesos, en conjunto con el ciclo PHVA y el pensamiento basado en riesgos, para alinear o integrar su sistema de gestión de la calidad con los requisitos de otras normas de sistemas de gestión.

Esta Norma Internacional se relaciona con la Norma ISO 9000 y la Norma ISO 9004 como sigue:

- ISO 9000 *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*, proporciona una referencia esencial para la comprensión e implementación adecuadas de esta Norma Internacional.
- ISO 9004 *Gestión para el éxito sostenido de una organización.. Enfoque de gestión de la calidad*, proporciona orientación para las organizaciones que elijan ir más allá de los requisitos de esta Norma Internacional.

El Anexo B proporciona detalles de otras Normas Internacionales sobre gestión de la calidad y sistemas de gestión de la calidad que han sido desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176.

Esta Norma Internacional no incluye requisitos específicos de otros sistemas de gestión, tales como aquellos para la gestión ambiental, la gestión de la salud y seguridad ocupacional o la gestión financiera.

Para varios sectores se han desarrollado normas del sistema de gestión de la calidad específicas del sector, basadas en los requisitos de esta Norma Internacional. Algunas de estas normas especifican requisitos adicionales del sistema de gestión de la calidad, mientras que otras se limitan a proporcionar orientación para la aplicación de esta Norma Internacional dentro del sector particular.

En la página web de acceso abierto del Comité Técnico ISO/TC 176/SC 2 en: [www.iso.org/tc176/sc02/public](http://www.iso.org/tc176/sc02/public), puede encontrarse una matriz que muestra la correlación entre los capítulos de esta Norma Internacional y la edición anterior (ISO 9001:2008).

## 1 Objeto y campo de aplicación

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad cuando una organización:

- a) necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, y
- b) aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.

Todos los requisitos de esta Norma Internacional son genéricos y se pretende que sean aplicables a todas las organizaciones, sin importar su tipo o tamaño, o los productos y servicios suministrados.

NOTA 1 En esta Norma Internacional, los términos “producto” o “servicio” se aplican únicamente a productos y servicios destinados a un cliente o solicitados por él.

NOTA 2 El concepto que en la versión en inglés se expresa como “statutory and regulatory requirements” en esta versión en español se ha traducido como requisitos legales y reglamentarios.

## 2 Referencias normativas

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son normas para consulta indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluyendo cualquier modificación de ésta).

ISO 9000:2015, *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*.

## 3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en la Norma ISO 9000:2015

## 4 Contexto de la organización

### 4.1 Comprensión de la organización y de su contexto

La organización debe determinar las cuestiones externas e internas que son pertinentes para su propósito y su dirección estratégica, y que afectan a su capacidad para lograr los resultados previstos de su sistema de gestión de la calidad.

La organización debe realizar el seguimiento y la revisión de la información sobre estas cuestiones externas e internas.

NOTA 1 Las cuestiones pueden incluir factores positivos y negativos o condiciones para su consideración.

NOTA 2 La comprensión del contexto externo puede verse facilitada al considerar cuestiones que surgen de los entornos legal, tecnológico, competitivo, de mercado, cultural, social y económico, ya sea internacional, nacional, regional o local.

NOTA 3 La comprensión del contexto interno puede verse facilitada al considerar cuestiones relativas a los valores, la cultura, los conocimientos y el desempeño de la organización.

### 4.2 Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas

Debido a su efecto o efecto potencial en la capacidad de la organización de proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, la organización debe determinar:

- a) las partes interesadas que son pertinentes al sistema de gestión de la calidad;
- b) los requisitos pertinentes de estas partes interesadas para el sistema de gestión de la calidad.

La organización debe realizar el seguimiento y la revisión de la información sobre estas partes interesadas y sus requisitos pertinentes.

### 4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad

La organización debe determinar los límites y la aplicabilidad del sistema de gestión de la calidad para establecer su alcance.

Cuando se determina este alcance, la organización debe considerar:

- a) las cuestiones externas e internas indicadas en el apartado 4.1;

- b) los requisitos de las partes interesadas pertinentes indicados en el apartado 4.2;
- c) los productos y servicios de la organización.

La organización debe aplicar todos los requisitos de esta Norma Internacional si son aplicables en el alcance determinado de su sistema de gestión de la calidad.

El alcance del sistema de gestión de la calidad de la organización debe estar disponible y mantenerse como información documentada. El alcance debe establecer los tipos de productos y servicios cubiertos, y proporcionar la justificación para cualquier requisito de esta Norma Internacional que la organización determine que no es aplicable para el alcance de su sistema de gestión de la calidad.

La conformidad con esta Norma Internacional sólo se puede declarar si los requisitos determinados como no aplicables no afectan a la capacidad o a la responsabilidad de la organización de asegurarse de la conformidad de sus productos y servicios y del aumento de la satisfacción del cliente.

#### **4.4 Sistema de gestión de la calidad y sus procesos**

**4.4.1** La organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de la calidad, incluidos los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.

La organización debe determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización, y debe:

- a) determinar las entradas requeridas y las salidas esperadas de estos procesos;
- b) determinar la secuencia e interacción de estos procesos;
- c) determinar y aplicar los criterios y los métodos (incluyendo el seguimiento, las mediciones y los indicadores del desempeño relacionados) necesarios para asegurarse de la operación eficaz y el control de estos procesos;
- d) determinar los recursos necesarios para estos procesos y asegurarse de su disponibilidad;
- e) asignar las responsabilidades y autoridades para estos procesos;
- f) abordar los riesgos y oportunidades determinados de acuerdo con los requisitos del apartado 6.1;
- g) evaluar estos procesos e implementar cualquier cambio necesario para asegurarse de que estos procesos logran los resultados previstos;
- h) mejorar los procesos y el sistema de gestión de la calidad.

**4.4.2** En la medida en que sea necesario, la organización debe:

- a) mantener información documentada para apoyar la operación de sus procesos;
- b) conservar la información documentada para tener la confianza de que los procesos se realizan según lo planificado.

## 5 Liderazgo

### 5.1 Liderazgo y compromiso

#### 5.1.1 Generalidades

La alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto al sistema de gestión de la calidad:

- a) asumiendo la responsabilidad y obligación de rendir cuentas con relación a la eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- b) asegurándose de que se establezcan la política de la calidad y los objetivos de la calidad para el sistema de gestión de la calidad, y que éstos sean compatibles con el contexto y la dirección estratégica de la organización;
- c) asegurándose de la integración de los requisitos del sistema de gestión de la calidad en los procesos de negocio de la organización;
- d) promoviendo el uso del enfoque a procesos y el pensamiento basado en riesgos;
- e) asegurándose de que los recursos necesarios para el sistema de gestión de la calidad estén disponibles;
- f) comunicando la importancia de una gestión de la calidad eficaz y de la conformidad con los requisitos del sistema de gestión de la calidad;
- g) asegurándose de que el sistema de gestión de la calidad logre los resultados previstos;
- h) comprometiendo, dirigiendo y apoyando a las personas, para contribuir a la eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- i) promoviendo la mejora;
- j) apoyando otros roles pertinentes de la dirección, para demostrar su liderazgo en la forma en la que aplique a sus áreas de responsabilidad.

NOTA En esta Norma Internacional se puede interpretar el término “negocio” en su sentido más amplio, es decir, referido a aquellas actividades que son esenciales para la existencia de la organización; tanto si la organización es pública, privada, con o sin fines de lucro.

#### 5.1.2 Enfoque al cliente

La alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto al enfoque al cliente asegurándose de que:

- a) se determinan, se comprenden y se cumplen regularmente los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables;
- b) se determinan y se consideran los riesgos y oportunidades que pueden afectar a la conformidad de los productos y servicios y a la capacidad de aumentar la satisfacción del cliente;
- c) se mantiene el enfoque en el aumento de la satisfacción del cliente.

## 5.2 Política

### 5.2.1 Establecimiento de la política de la calidad

La alta dirección debe establecer, implementar y mantener una política de la calidad que:

- a) sea apropiada al propósito y contexto de la organización y apoye su dirección estratégica;

- b) proporcione un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de la calidad;
- c) incluya un compromiso de cumplir los requisitos aplicables;
- d) incluya un compromiso de mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

### **5.2.2 Comunicación de la política de la calidad**

La política de la calidad debe:

- a) estar disponible y mantenerse como información documentada;
- b) comunicarse, entenderse y aplicarse dentro de la organización;
- c) estar disponible para las partes interesadas pertinentes, según corresponda.

### **5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización**

La alta dirección debe asegurarse de que las responsabilidades y autoridades para los roles pertinentes se asignen, se comuniquen y se entiendan en toda la organización.

La alta dirección debe asignar la responsabilidad y autoridad para:

- a) asegurarse de que el sistema de gestión de la calidad es conforme con los requisitos de esta Norma Internacional;
- b) asegurarse de que los procesos están generando y proporcionando las salidas previstas;
- c) informar, en particular, a la alta dirección sobre el desempeño del sistema de gestión de la calidad y sobre las oportunidades de mejora (véase 10.1);
- d) asegurarse de que se promueve el enfoque al cliente en toda la organización;
- e) asegurarse de que la integridad del sistema de gestión de la calidad se mantiene cuando se planifican e implementan cambios en el sistema de gestión de la calidad.

## **6 Planificación**

### **6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades**

**6.1.1** Al planificar el sistema de gestión de la calidad, la organización debe considerar las cuestiones referidas en el apartado 4.1 y los requisitos referidos en el apartado 4.2, y determinar los riesgos y oportunidades que es necesario abordar con el fin de:

- a) asegurar que el sistema de gestión de la calidad pueda lograr sus resultados previstos;
- b) aumentar los efectos deseables;
- c) prevenir o reducir efectos no deseados;
- d) lograr la mejora.

**6.1.2** La organización debe planificar:

- a) las acciones para abordar estos riesgos y oportunidades;

b) la manera de:

- 1) integrar e implementar las acciones en sus procesos del sistema de gestión de la calidad (véase 4.4.);
- 2) evaluar la eficacia de estas acciones.

Las acciones tomadas para abordar los riesgos y oportunidades deben ser proporcionales al impacto potencial en la conformidad de los productos y los servicios.

NOTA 1 Las opciones para abordar los riesgos pueden incluir: evitar riesgos, asumir riesgos para perseguir una oportunidad, eliminar la fuente de riesgo, cambiar la probabilidad o las consecuencias, compartir el riesgo o mantener riesgos mediante decisiones informadas.

NOTA 2 Las oportunidades pueden conducir a la adopción de nuevas prácticas, lanzamiento de nuevos productos, apertura de nuevos mercados, acercamiento a nuevos clientes, establecimiento de asociaciones, utilización de nuevas tecnologías y otras posibilidades deseables y viables para abordar las necesidades de la organización o las de sus clientes.

## 6.2 Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos

**6.2.1** La organización debe establecer objetivos de la calidad para las funciones y niveles pertinentes y los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad.

Los objetivos de la calidad deben:

- a) ser coherentes con la política de la calidad;
- b) ser medibles;
- c) tener en cuenta los requisitos aplicables;
- d) ser pertinentes para la conformidad de los productos y servicios y para el aumento de la satisfacción del cliente;
- e) ser objeto de seguimiento;
- f) comunicarse;
- g) actualizarse, según corresponda.

La organización debe mantener información documentada sobre los objetivos de la calidad.

**6.2.2** Al planificar cómo lograr sus objetivos de la calidad, la organización debe determinar:

- a) qué se va a hacer;
- b) qué recursos se requerirán;
- c) quién será responsable;
- d) cuándo se finalizará;
- e) cómo se evaluarán los resultados.

## 6.3 Planificación de los cambios

Cuando la organización determine la necesidad de cambios en el sistema de gestión de la calidad, estos cambios se deben llevar a cabo de manera planificada (véase 4.4).

La organización debe considerar:

- a) el propósito de los cambios y sus consecuencias potenciales;
- b) la integridad del sistema de gestión de la calidad;
- c) la disponibilidad de recursos;
- d) la asignación o reasignación de responsabilidades y autoridades.

## **7 Apoyo**

### **7.1 Recursos**

#### **7.1.1 Generalidades**

La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe considerar:

- a) las capacidades y limitaciones de los recursos internos existentes;
- b) qué se necesita obtener de los proveedores externos.

#### **7.1.2 Personas**

La organización debe determinar y proporcionar las personas necesarias para la implementación eficaz de su sistema de gestión de la calidad y para la operación y control de sus procesos.

#### **7.1.3 Infraestructura**

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios.

NOTA La infraestructura puede incluir:

- a) edificios y servicios asociados;
- b) equipos, incluyendo hardware y software;
- c) recursos de transporte;
- d) tecnologías de la información y la comunicación.

#### **7.1.4 Ambiente para la operación de los procesos**

La organización debe determinar, proporcionar y mantener el ambiente necesario para la operación de sus procesos y para lograr la conformidad de los productos y servicios.

NOTA Un ambiente adecuado puede ser una combinación de factores humanos y físicos, tales como:

- a) sociales (por ejemplo, no discriminatorio, ambiente tranquilo, libre de conflictos);
- b) psicológicos (por ejemplo, reducción del estrés, prevención del síndrome de agotamiento, cuidado de las emociones);
- c) físicos (por ejemplo, temperatura, calor, humedad, iluminación, circulación del aire, higiene, ruido).

Estos factores pueden diferir sustancialmente dependiendo de los productos y servicios suministrados.

## 7.1.5 Recursos de seguimiento y medición

### 7.1.5.1 Generalidades

La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para asegurarse de la validez y fiabilidad de los resultados cuando se realice el seguimiento o la medición para verificar la conformidad de los productos y servicios con los requisitos.

La organización debe asegurarse de que los recursos proporcionados:

- a) son apropiados para el tipo específico de actividades de seguimiento y medición realizadas;
- b) se mantienen para asegurarse de la idoneidad continua para su propósito.

La organización debe conservar la información documentada apropiada como evidencia de que los recursos de seguimiento y medición son idóneos para su propósito.

### 7.1.5.2 Trazabilidad de las mediciones

Cuando la trazabilidad de las mediciones es un requisito, o es considerada por la organización como parte esencial para proporcionar confianza en la validez de los resultados de la medición, el equipo de medición debe:

- a) calibrarse o verificarse, o ambas, a intervalos especificados, o antes de su utilización, contra patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales; cuando no existan tales patrones, debe conservarse como información documentada la base utilizada para la calibración o la verificación;
- b) identificarse para determinar su estado;
- c) protegerse contra ajustes, daño o deterioro que pudieran invalidar el estado de calibración y los posteriores resultados de la medición.

La organización debe determinar si la validez de los resultados de medición previos se ha visto afectada de manera adversa cuando el equipo de medición se considere no apto para su propósito previsto, y debe tomar las acciones adecuadas cuando sea necesario.

## 7.1.6 Conocimientos de la organización

La organización debe determinar los conocimientos necesarios para la operación de sus procesos y para lograr la conformidad de los productos y servicios.

Estos conocimientos deben mantenerse y ponerse a disposición en la medida en que sea necesario.

Cuando se abordan las necesidades y tendencias cambiantes, la organización debe considerar sus conocimientos actuales y determinar cómo adquirir o acceder a los conocimientos adicionales necesarios y a las actualizaciones requeridas.

NOTA 1 Los conocimientos de la organización son conocimientos específicos que la organización adquiere generalmente con la experiencia. Es información que se utiliza y se comparte para lograr los objetivos de la organización.

NOTA 2 Los conocimientos de la organización pueden basarse en:

- a) fuentes internas (por ejemplo, propiedad intelectual; conocimientos adquiridos con la experiencia; lecciones aprendidas de los fracasos y de proyectos de éxito; capturar y compartir conocimientos y experiencia no documentados; los resultados de las mejoras en los procesos, productos y servicios);
- b) fuentes externas (por ejemplo, normas; academia; conferencias; recopilación de conocimientos provenientes de clientes o proveedores externos).

## 7.2 Competencia

La organización debe:

- a) determinar la competencia necesaria de las personas que realizan, bajo su control, un trabajo que afecta al desempeño y eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- b) asegurarse de que estas personas sean competentes, basándose en la educación, formación o experiencia apropiadas;
- c) cuando sea aplicable, tomar acciones para adquirir la competencia necesaria y evaluar la eficacia de las acciones tomadas;
- d) conservar la información documentada apropiada como evidencia de la competencia.

NOTA Las acciones aplicables pueden incluir, por ejemplo, la formación, la tutoría o la reasignación de las personas empleadas actualmente; o la contratación o subcontratación de personas competentes.

## 7.3 Toma de conciencia

La organización debe asegurarse de que las personas que realizan el trabajo bajo el control de la organización tomen conciencia de:

- a) la política de la calidad;
- b) los objetivos de la calidad pertinentes;
- c) su contribución a la eficacia del sistema de gestión de la calidad, incluidos los beneficios de una mejora del desempeño;
- d) las implicaciones del incumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de la calidad.

## 7.4 Comunicación

La organización debe determinar las comunicaciones internas y externas pertinentes al sistema de gestión de la calidad, que incluyan:

- a) qué comunicar;
- b) cuándo comunicar;
- c) a quién comunicar;
- d) cómo comunicar;
- e) quién comunica.

## 7.5 Información documentada

### 7.5.1 Generalidades

El sistema de gestión de la calidad de la organización debe incluir:

- a) la información documentada requerida por esta Norma Internacional;
- b) la información documentada que la organización determina como necesaria para la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

NOTA La extensión de la información documentada para un sistema de gestión de la calidad puede variar de una organización a otra, debido a:

- el tamaño de la organización y su tipo de actividades, procesos, productos y servicios;
- la complejidad de los procesos y sus interacciones; y
- la competencia de las personas.

### 7.5.2 Creación y actualización

Al crear y actualizar la información documentada, la organización debe asegurarse de que lo siguiente sea apropiado:

- a) la identificación y descripción (por ejemplo, título, fecha, autor o número de referencia);
- b) el formato (por ejemplo, idioma, versión del software, gráficos) y los medios de soporte (por ejemplo, papel, electrónico);
- c) la revisión y aprobación con respecto a la conveniencia y adecuación.

### 7.5.3 Control de la información documentada

**7.5.3.1** La información documentada requerida por el sistema de gestión de la calidad y por esta Norma Internacional se debe controlar para asegurarse de que:

- a) esté disponible y sea idónea para su uso, donde y cuando se necesite;
- b) esté protegida adecuadamente (por ejemplo, contra pérdida de la confidencialidad, uso inadecuado o pérdida de integridad).

**7.5.3.2** Para el control de la información documentada, la organización debe abordar las siguientes actividades, según corresponda:

- a) distribución, acceso, recuperación y uso;
- b) almacenamiento y preservación, incluida la preservación de la legibilidad;
- c) control de cambios (por ejemplo, control de versión);
- d) conservación y disposición.

La información documentada de origen externo, que la organización determina como necesaria para la planificación y operación del sistema de gestión de la calidad, se debe identificar, según sea apropiado, y controlar.

La información documentada conservada como evidencia de la conformidad debe protegerse contra modificaciones no intencionadas.

NOTA El acceso puede implicar una decisión en relación al permiso, solamente para consultar la información documentada, o al permiso y a la autoridad para consultar y modificar la información documentada.

## 8 Operación

### 8.1 Planificación y control operacional

La organización debe planificar, implementar y controlar los procesos (véase 4.4) necesarios para cumplir los requisitos para la provisión de productos y servicios, y para implementar las acciones determinadas en el capítulo 6, mediante:

- a) la determinación de los requisitos para los productos y servicios;

- b) el establecimiento de criterios para:
  - 1) los procesos;
  - 2) la aceptación de los productos y servicios;
- c) la determinación de los recursos necesarios para lograr la conformidad con los requisitos de los productos y servicios;
- d) la implementación del control de los procesos de acuerdo con los criterios;
- e) la determinación, el mantenimiento y la conservación de la información documentada en la extensión necesaria para:
  - 1) tener confianza en que los procesos se han llevado a cabo según lo planificado;
  - 2) demostrar la conformidad de los productos y servicios con sus requisitos.

La salida de esta planificación debe ser adecuada para las operaciones de la organización.

La organización debe controlar los cambios planificados y revisar las consecuencias de los cambios no previstos, tomando acciones para mitigar cualquier efecto adverso, según sea necesario.

La organización debe asegurarse de que los procesos contratados externamente estén controlados (véase 8.4).

## **8.2 Requisitos para los productos y servicios**

### **8.2.1 Comunicación con el cliente**

La comunicación con los clientes debe incluir:

- a) proporcionar la información relativa a los productos y servicios;
- b) tratar las consultas, los contratos o los pedidos, incluyendo los cambios;
- c) obtener la retroalimentación de los clientes relativa a los productos y servicios, incluyendo las quejas de los clientes;
- d) manipular o controlar la propiedad del cliente;
- e) establecer los requisitos específicos para las acciones de contingencia, cuando sea pertinente.

### **8.2.2 Determinación de los requisitos para los productos y servicios**

Cuando se determinan los requisitos para los productos y servicios que se van a ofrecer a los clientes, la organización debe asegurarse de que:

- a) los requisitos para los productos y servicios se definen, incluyendo:
  - 1) cualquier requisito legal y reglamentario aplicable;
  - 2) aquellos considerados necesarios por la organización;
- b) la organización puede cumplir con las declaraciones acerca de los productos y servicios que ofrece.

### 8.2.3 Revisión de los requisitos para los productos y servicios

**8.2.3.1** La organización debe asegurarse de que tiene la capacidad de cumplir los requisitos para los productos y servicios que se van a ofrecer a los clientes. La organización debe llevar a cabo una revisión antes de comprometerse a suministrar productos y servicios a un cliente, para incluir:

- a) los requisitos especificados por el cliente, incluyendo los requisitos para las actividades de entrega y las posteriores a la misma;
- b) los requisitos no establecidos por el cliente, pero necesarios para el uso especificado o previsto, cuando sea conocido;
- c) los requisitos especificados por la organización;
- d) los requisitos legales y reglamentarios aplicables a los productos y servicios;
- e) las diferencias existentes entre los requisitos del contrato o pedido y los expresados previamente.

La organización debe asegurarse de que se resuelven las diferencias existentes entre los requisitos del contrato o pedido y los expresados previamente.

La organización debe confirmar los requisitos del cliente antes de la aceptación, cuando el cliente no proporcione una declaración documentada de sus requisitos.

NOTA En algunas ocasiones, como las ventas por internet, es irrealizable llevar a cabo una revisión formal para cada pedido. En su lugar la revisión puede cubrir la información del producto pertinente, como catálogos.

**8.2.3.2** La organización debe conservar la información documentada, cuando sea aplicable:

- a) sobre los resultados de la revisión;
- b) sobre cualquier requisito nuevo para los productos y servicios.

### 8.2.4 Cambios en los requisitos para los productos y servicios

La organización debe asegurarse de que, cuando se cambien los requisitos para los productos y servicios, la información documentada pertinente sea modificada, y de que las personas pertinentes sean conscientes de los requisitos modificados.

## 8.3 Diseño y desarrollo de los productos y servicios

### 8.3.1 Generalidades

La organización debe establecer, implementar y mantener un proceso de diseño y desarrollo que sea adecuado para asegurarse de la posterior provisión de productos y servicios.

### 8.3.2 Planificación del diseño y desarrollo

Al determinar las etapas y controles para el diseño y desarrollo, la organización debe considerar:

- a) la naturaleza, duración y complejidad de las actividades de diseño y desarrollo;
- b) las etapas del proceso requeridas, incluyendo las revisiones del diseño y desarrollo aplicables;
- c) las actividades requeridas de verificación y validación del diseño y desarrollo;
- d) las responsabilidades y autoridades involucradas en el proceso de diseño y desarrollo;

- e) las necesidades de recursos internos y externos para el diseño y desarrollo de los productos y servicios;
- f) la necesidad de controlar las interfaces entre las personas que participan activamente en el proceso de diseño y desarrollo;
- g) la necesidad de la participación activa de los clientes y usuarios en el proceso de diseño y desarrollo;
- h) los requisitos para la posterior provisión de productos y servicios;
- i) el nivel de control del proceso de diseño y desarrollo esperado por los clientes y otras partes interesadas pertinentes;
- j) la información documentada necesaria para demostrar que se han cumplido los requisitos del diseño y desarrollo.

### 8.3.3 Entradas para el diseño y desarrollo

La organización debe determinar los requisitos esenciales para los tipos específicos de productos y servicios a diseñar y desarrollar. La organización debe considerar:

- a) los requisitos funcionales y de desempeño;
- b) la información proveniente de actividades previas de diseño y desarrollo similares;
- c) los requisitos legales y reglamentarios;
- d) normas o códigos de prácticas que la organización se ha comprometido a implementar;
- e) las consecuencias potenciales de fallar debido a la naturaleza de los productos y servicios.

Las entradas deben ser adecuadas para los fines del diseño y desarrollo, estar completas y sin ambigüedades.

Las entradas del diseño y desarrollo contradictorias deben resolverse.

La organización debe conservar la información documentada sobre las entradas del diseño y desarrollo.

### 8.3.4 Controles del diseño y desarrollo

La organización debe aplicar controles al proceso de diseño y desarrollo para asegurarse de que:

- a) se definen los resultados a lograr;
- b) se realizan las revisiones para evaluar la capacidad de los resultados del diseño y desarrollo para cumplir los requisitos;
- c) se realizan actividades de verificación para asegurarse de que las salidas del diseño y desarrollo cumplen los requisitos de las entradas;
- d) se realizan actividades de validación para asegurarse de que los productos y servicios resultantes satisfacen los requisitos para su aplicación especificada o uso previsto;
- e) se toma cualquier acción necesaria sobre los problemas determinados durante las revisiones, o las actividades de verificación y validación;
- f) se conserva la información documentada de estas actividades.

NOTA Las revisiones, la verificación y la validación del diseño y desarrollo tienen propósitos distintos. Pueden realizarse de forma separada o en cualquier combinación, según sea idóneo para los productos y servicios de la organización.

### 8.3.5 Salidas del diseño y desarrollo

La organización debe asegurarse de que las salidas del diseño y desarrollo:

- a) cumplen los requisitos de las entradas;
- b) son adecuadas para los procesos posteriores para la provisión de productos y servicios;
- c) incluyen o hacen referencia a los requisitos de seguimiento y medición, cuando sea apropiado, y a los criterios de aceptación;
- d) especifican las características de los productos y servicios que son esenciales para su propósito previsto y su provisión segura y correcta.

La organización debe conservar información documentada sobre las salidas del diseño y desarrollo.

### 8.3.6 Cambios del diseño y desarrollo

La organización debe identificar, revisar y controlar los cambios hechos durante el diseño y desarrollo de los productos y servicios, o posteriormente en la medida necesaria para asegurarse de que no haya un impacto adverso en la conformidad con los requisitos.

La organización debe conservar la información documentada sobre:

- a) los cambios del diseño y desarrollo;
- b) los resultados de las revisiones;
- c) la autorización de los cambios;
- d) las acciones tomadas para prevenir los impactos adversos.

## 8.4 Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente

### 8.4.1 Generalidades

La organización debe asegurarse de que los procesos, productos y servicios suministrados externamente son conformes a los requisitos.

La organización debe determinar los controles a aplicar a los procesos, productos y servicios suministrados externamente cuando:

- a) los productos y servicios de proveedores externos están destinados a incorporarse dentro de los propios productos y servicios de la organización;
- b) los productos y servicios son proporcionados directamente a los clientes por proveedores externos en nombre de la organización;
- c) un proceso, o una parte de un proceso, es proporcionado por un proveedor externo como resultado de una decisión de la organización.

La organización debe determinar y aplicar criterios para la evaluación, la selección, el seguimiento del desempeño y la reevaluación de los proveedores externos, basándose en su capacidad para proporcionar procesos o productos y servicios de acuerdo con los requisitos. La organización debe conservar la información documentada de estas actividades y de cualquier acción necesaria que surja de las evaluaciones.

#### **8.4.2 Tipo y alcance del control**

La organización debe asegurarse de que los procesos, productos y servicios suministrados externamente no afectan de manera adversa a la capacidad de la organización de entregar productos y servicios conformes de manera coherente a sus clientes.

La organización debe:

- a) asegurarse de que los procesos suministrados externamente permanecen dentro del control de su sistema de gestión de la calidad;
- b) definir los controles que pretende aplicar a un proveedor externo y los que pretende aplicar a las salidas resultantes;
- c) tener en consideración:
  - 1) el impacto potencial de los procesos, productos y servicios suministrados externamente en la capacidad de la organización de cumplir regularmente los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables;
  - 2) la eficacia de los controles aplicados por el proveedor externo;
- d) determinar la verificación u otras actividades necesarias para asegurarse de que los procesos, productos y servicios suministrados externamente cumplen los requisitos.

#### **8.4.3 Información para los proveedores externos**

La organización debe asegurarse de la adecuación de los requisitos antes de su comunicación al proveedor externo.

La organización debe comunicar a los proveedores externos sus requisitos para:

- a) los procesos, productos y servicios a proporcionar;
- b) la aprobación de:
  - 1) productos y servicios;
  - 2) métodos, procesos y equipos;
  - 3) la liberación de productos y servicios;
- c) la competencia, incluyendo cualquier calificación requerida de las personas;
- d) las interacciones del proveedor externo con la organización;
- e) el control y el seguimiento del desempeño del proveedor externo a aplicar por parte de la organización;
- f) las actividades de verificación o validación que la organización, o su cliente, pretende llevar a cabo en las instalaciones del proveedor externo.

### **8.5 Producción y provisión del servicio**

#### **8.5.1 Control de la producción y de la provisión del servicio**

La organización debe implementar la producción y provisión del servicio bajo condiciones controladas.

Las condiciones controladas deben incluir, cuando sea aplicable:

- a) la disponibilidad de información documentada que defina:
  - 1) las características de los productos a producir, los servicios a prestar, o las actividades a desempeñar;
  - 2) los resultados a alcanzar;
- b) la disponibilidad y el uso de los recursos de seguimiento y medición adecuados;
- c) la implementación de actividades de seguimiento y medición en las etapas apropiadas para verificar que se cumplen los criterios para el control de los procesos o sus salidas, y los criterios de aceptación para los productos y servicios;
- d) el uso de la infraestructura y el entorno adecuados para la operación de los procesos;
- e) la designación de personas competentes, incluyendo cualquier calificación requerida;
- f) la validación y revalidación periódica de la capacidad para alcanzar los resultados planificados de los procesos de producción y de prestación del servicio, cuando las salidas resultantes no puedan verificarse mediante actividades de seguimiento o medición posteriores;
- g) la implementación de acciones para prevenir los errores humanos;
- h) la implementación de actividades de liberación, entrega y posteriores a la entrega.

### **8.5.2 Identificación y trazabilidad**

La organización debe utilizar los medios apropiados para identificar las salidas, cuando sea necesario, para asegurar la conformidad de los productos y servicios.

La organización debe identificar el estado de las salidas con respecto a los requisitos de seguimiento y medición a través de la producción y prestación del servicio.

La organización debe controlar la identificación única de las salidas cuando la trazabilidad sea un requisito, y debe conservar la información documentada necesaria para permitir la trazabilidad.

### **8.5.3 Propiedad perteneciente a los clientes o proveedores externos**

La organización debe cuidar la propiedad perteneciente a los clientes o a proveedores externos mientras esté bajo el control de la organización o esté siendo utilizado por la misma.

La organización debe identificar, verificar, proteger y salvaguardar la propiedad de los clientes o de los proveedores externos suministrada para su utilización o incorporación dentro de los productos y servicios.

Cuando la propiedad de un cliente o de un proveedor externo se pierda, deteriore o de algún otro modo se considere inadecuada para su uso, la organización debe informar de esto al cliente o proveedor externo y conservar la información documentada sobre lo ocurrido.

NOTA La propiedad de un cliente o de un proveedor externo puede incluir materiales, componentes, herramientas y equipos, instalaciones, propiedad intelectual y datos personales.

### **8.5.4 Preservación**

La organización debe preservar las salidas durante la producción y prestación del servicio, en la medida necesaria para asegurarse de la conformidad con los requisitos.

NOTA La preservación puede incluir la identificación, la manipulación, el control de la contaminación, el embalaje, el almacenamiento, la transmisión de la información o el transporte, y la protección.

### 8.5.5 Actividades posteriores a la entrega

La organización debe cumplir los requisitos para las actividades posteriores a la entrega asociadas con los productos y servicios.

Al determinar el alcance de las actividades posteriores a la entrega que se requieren, la organización debe considerar:

- a) los requisitos legales y reglamentarios;
- b) las consecuencias potenciales no deseadas asociadas a sus productos y servicios;
- c) la naturaleza, el uso y la vida útil prevista de sus productos y servicios;
- d) los requisitos del cliente;
- e) la retroalimentación del cliente.

NOTA Las actividades posteriores a la entrega pueden incluir acciones cubiertas por las condiciones de la garantía, obligaciones contractuales como servicios de mantenimiento, y servicios suplementarios como el reciclaje o la disposición final.

### 8.5.6 Control de los cambios

La organización debe revisar y controlar los cambios para la producción o la prestación del servicio, en la extensión necesaria para asegurarse de la continuidad en la conformidad con los requisitos.

La organización debe conservar información documentada que describa los resultados de la revisión de los cambios, las personas que autorizan el cambio y de cualquier acción necesaria que surja de la revisión.

## 8.6 Liberación de los productos y servicios

La organización debe implementar las disposiciones planificadas, en las etapas adecuadas, para verificar que se cumplen los requisitos de los productos y servicios.

La liberación de los productos y servicios al cliente no debe llevarse a cabo hasta que se hayan completado satisfactoriamente las disposiciones planificadas, a menos que sea aprobado de otra manera por una autoridad pertinente y, cuando sea aplicable, por el cliente.

La organización debe conservar la información documentada sobre la liberación de los productos y servicios. La información documentada debe incluir:

- a) evidencia de la conformidad con los criterios de aceptación;
- b) trazabilidad a las personas que autorizan la liberación.

## 8.7 Control de las salidas no conformes

**8.7.1** La organización debe asegurarse de que las salidas que no sean conformes con sus requisitos se identifican y se controlan para prevenir su uso o entrega no intencionada.

La organización debe tomar las acciones adecuadas basándose en la naturaleza de la no conformidad y en su efecto sobre la conformidad de los productos y servicios. Esto se debe aplicar también a los productos y servicios no conformes detectados después de la entrega de los productos, durante o después de la provisión de los servicios.

La organización debe tratar las salidas no conformes de una o más de las siguientes maneras:

- a) corrección;
- b) separación, contención, devolución o suspensión de provisión de productos y servicios;
- c) información al cliente;
- d) obtención de autorización para su aceptación bajo concesión.

Debe verificarse la conformidad con los requisitos cuando se corrigen las salidas no conformes.

**8.7.2** La organización debe conservar la información documentada que:

- a) describa la no conformidad;
- b) describa las acciones tomadas;
- c) describa todas las concesiones obtenidas;
- d) identifique la autoridad que decide la acción con respecto a la no conformidad.

## **9 Evaluación del desempeño**

### **9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación**

#### **9.1.1 Generalidades**

La organización debe determinar:

- a) qué necesita seguimiento y medición;
- b) los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos;
- c) cuándo se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición;
- d) cuándo se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe conservar la información documentada apropiada como evidencia de los resultados.

#### **9.1.2 Satisfacción del cliente**

La organización debe realizar el seguimiento de las percepciones de los clientes del grado en que se cumplen sus necesidades y expectativas. La organización debe determinar los métodos para obtener, realizar el seguimiento y revisar esta información.

**NOTA** Los ejemplos de seguimiento de las percepciones del cliente pueden incluir las encuestas al cliente, la retroalimentación del cliente sobre los productos y servicios entregados, las reuniones con los clientes, el análisis de las cuotas de mercado, las felicitaciones, las garantías utilizadas y los informes de agentes comerciales.

#### **9.1.3 Análisis y evaluación**

La organización debe analizar y evaluar los datos y la información apropiados que surgen por el seguimiento y la medición.

Los resultados del análisis deben utilizarse para evaluar:

- a) la conformidad de los productos y servicios;
- b) el grado de satisfacción del cliente;
- c) el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- d) si lo planificado se ha implementado de forma eficaz;
- e) la eficacia de las acciones tomadas para abordar los riesgos y oportunidades;
- f) el desempeño de los proveedores externos;
- g) la necesidad de mejoras en el sistema de gestión de la calidad.

NOTA Los métodos para analizar los datos pueden incluir técnicas estadísticas.

## 9.2 Auditoría interna

**9.2.1** La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para proporcionar información acerca de si el sistema de gestión de la calidad:

- a) es conforme con:
  - 1) los requisitos propios de la organización para su sistema de gestión de la calidad;
  - 2) los requisitos de esta Norma Internacional;
- b) se implementa y mantiene eficazmente.

**9.2.2** La organización debe:

- a) planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas;
- b) definir los criterios de la auditoría y el alcance para cada auditoría;
- c) seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría;
- d) asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente;
- e) realizar las correcciones y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada;
- f) conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de las auditorías.

NOTA Véase la Norma ISO 19011 a modo de orientación.

## **9.3 Revisión por la dirección**

### **9.3.1 Generalidades**

La alta dirección debe revisar el sistema de gestión de la calidad de la organización a intervalos planificados, para asegurarse de su conveniencia, adecuación, eficacia y alineación continuas con la dirección estratégica de la organización.

### **9.3.2 Entradas de la revisión por la dirección**

La revisión por la dirección debe planificarse y llevarse a cabo incluyendo consideraciones sobre:

- a) el estado de las acciones de las revisiones por la dirección previas;
- b) los cambios en las cuestiones externas e internas que sean pertinentes al sistema de gestión de la calidad;
- c) la información sobre el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad, incluidas las tendencias relativas a:
  - 1) la satisfacción del cliente y la retroalimentación de las partes interesadas pertinentes;
  - 2) el grado en que se han logrado los objetivos de la calidad;
  - 3) el desempeño de los procesos y conformidad de los productos y servicios;
  - 4) las no conformidades y acciones correctivas;
  - 5) los resultados de seguimiento y medición;
  - 6) los resultados de las auditorías;
  - 7) el desempeño de los proveedores externos;
- d) la adecuación de los recursos;
- e) la eficacia de las acciones tomadas para abordar los riesgos y las oportunidades (véase 6.1);
- f) las oportunidades de mejora.

### **9.3.3 Salidas de la revisión por la dirección**

Las salidas de la revisión por la dirección deben incluir las decisiones y acciones relacionadas con:

- a) las oportunidades de mejora;
- b) cualquier necesidad de cambio en el sistema de gestión de la calidad;
- c) las necesidades de recursos.

La organización debe conservar información documentada como evidencia de los resultados de las revisiones por la dirección.

## 10 Mejora

### 10.1 Generalidades

La organización debe determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implementar cualquier acción necesaria para cumplir los requisitos del cliente y aumentar la satisfacción del cliente.

Éstas deben incluir:

- a) mejorar los productos y servicios para cumplir los requisitos, así como considerar las necesidades y expectativas futuras;
- b) corregir, prevenir o reducir los efectos no deseados;
- c) mejorar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

NOTA Los ejemplos de mejora pueden incluir corrección, acción correctiva, mejora continua, cambio abrupto, innovación y reorganización.

### 10.2 No conformidad y acción correctiva

**10.2.1** Cuando ocurra una no conformidad, incluida cualquiera originada por quejas, la organización debe:

- a) reaccionar ante la no conformidad y, cuando sea aplicable:
  - 1) tomar acciones para controlarla y corregirla;
  - 2) hacer frente a las consecuencias;
- b) evaluar la necesidad de acciones para eliminar las causas de la no conformidad, con el fin de que no vuelva a ocurrir ni ocurra en otra parte, mediante:
  - 1) la revisión y el análisis de la no conformidad;
  - 2) la determinación de las causas de la no conformidad;
  - 3) la determinación de si existen no conformidades similares, o que potencialmente puedan ocurrir;
- c) implementar cualquier acción necesaria;
- d) revisar la eficacia de cualquier acción correctiva tomada;
- e) si fuera necesario, actualizar los riesgos y oportunidades determinados durante la planificación; y
- f) si fuera necesario, hacer cambios al sistema de gestión de la calidad.

Las acciones correctivas deben ser apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas.

**10.2.2** La organización debe conservar información documentada como evidencia de:

- a) la naturaleza de las no conformidades y cualquier acción tomada posteriormente;
- b) los resultados de cualquier acción correctiva.

### **10.3 Mejora continua**

La organización debe mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe considerar los resultados del análisis y la evaluación, y las salidas de la revisión por la dirección, para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua.

## Anexo A (Informativo)

### Aclaración de la nueva estructura, terminología y conceptos

#### A.1 Estructura y terminología

La estructura de los capítulos (es decir, la secuencia de capítulos) y parte de la terminología de la presente edición de esta Norma Internacional, en comparación con la edición anterior (Norma ISO 9001:2008), han cambiado para mejorar la alineación con otras normas de sistemas de gestión.

Esta Norma Internacional no establece requisitos en su estructura y terminología para aplicarse en la información documentada del sistema de gestión de la calidad de una organización.

La estructura de los capítulos pretende proporcionar una presentación coherente de los requisitos, más que un modelo para documentar las políticas, objetivos y procesos de una organización. A menudo la estructura y el contenido de la información documentada relacionada con un sistema de gestión de la calidad puede ser más pertinente para sus usuarios si relaciona tanto los procesos operados por la organización como la información mantenida para otros propósitos.

No hay ningún requisito para que los términos utilizados por una organización se reemplacen por los términos utilizados en esta Norma Internacional para especificar requisitos del sistema de gestión de la calidad. Las organizaciones pueden elegir utilizar términos que se adecuen a sus operaciones (por ejemplo: utilizar “registros”, “documentación” o “protocolos” en lugar de “información documentada”; o “proveedor”, “socio” o vendedor en lugar de “proveedor externo”). La tabla A.1 muestra las principales diferencias en terminología entre esta edición de esta Norma Internacional y la edición anterior.

**Tabla A.1 – Principales diferencias en terminología entre las Normas ISO 9001:2008 e ISO 9001:2015**

ISO 9001:2008	ISO 9001:2015
Productos	Productos y servicios
Exclusiones	No se utiliza (Véase el Capítulo A.5 para aclarar su aplicabilidad)
Representante de la dirección	No se utiliza  (Se asignan responsabilidades y autoridades similares pero ningún requisito para un único representante de la dirección)
Documentación, manual de la calidad, procedimientos documentados, registros	Información documentada
Ambiente de trabajo	Ambiente para la operación de los procesos
Equipo de seguimiento y medición	Recursos de seguimiento y medición
Productos comprados	Productos y servicios suministrados externamente
Proveedor	Proveedor externo

## A.2 Productos y servicios

La Norma ISO 9001:2008 usaba el término “producto” para incluir todas las categorías de salidas. La presente edición de esta Norma Internacional utiliza “productos y servicios”. Los “productos y servicios” incluyen todas las categorías de salidas (hardware, servicios, software y materiales procesados).

La inclusión específica de “servicios” pretende destacar las diferencias entre productos y servicios en la aplicación de algunos requisitos. La característica de los servicios es que al menos parte de las salidas se realiza en la interfaz con el cliente. Esto significa, por ejemplo, que la conformidad con los requisitos no puede confirmarse necesariamente antes de la entrega del servicio.

En la mayoría de los casos, productos y servicios se usan juntos. La mayoría de las salidas que las organizaciones proporcionan a los clientes, o que les suministran los proveedores externos, incluyen tanto productos como servicios. Por ejemplo, un producto tangible o intangible puede tener algún servicio asociado o un servicio puede tener algún producto tangible o intangible asociado.

## A.3 Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas

El apartado 4.2 especifica requisitos para que la organización determine las partes interesadas que son pertinentes para el sistema de gestión de la calidad y los requisitos de esas partes interesadas. Sin embargo, el apartado 4.2 no implica la ampliación de los requisitos del sistema de gestión de la calidad más allá del objeto y campo de aplicación de esta Norma Internacional. Como se establece en el objeto y campo de aplicación, esta Norma Internacional es aplicable cuando una organización necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que cumplen los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, y que aspira a aumentar la satisfacción del cliente.

Esta Norma Internacional no establece requisitos para que la organización considere partes interesadas cuando ha decidido que esas partes no son pertinentes para su sistema de gestión de la calidad. La organización es la que decide si es pertinente para su sistema de gestión de la calidad un requisito particular de una parte interesada pertinente.

## A.4 Pensamiento basado en riesgos

El concepto de pensamiento basado en riesgos ha estado implícito en ediciones previas de esta Norma Internacional, por ejemplo, mediante requisitos para la planificación, la revisión y la mejora. Esta Norma Internacional especifica requisitos para que la organización entienda su contexto (véase 4.1) y determine los riesgos como base para la planificación (véase 6.1). Esto representa la aplicación del pensamiento basado en riesgos a la planificación e implementación de los procesos del sistema de gestión de la calidad (véase 4.4) y ayudará a determinar la extensión de la información documentada.

Uno de los propósitos fundamentales de un sistema de gestión de la calidad es actuar como una herramienta preventiva. Consecuentemente, esta Norma Internacional no tiene un capítulo o apartado separado sobre acciones preventivas. El concepto de acción preventiva se expresa mediante el uso del pensamiento basado en riesgos al formular requisitos del sistema de gestión de la calidad.

El pensamiento basado en riesgos aplicado en esta Norma Internacional ha permitido alguna reducción en los requisitos prescriptivos y su sustitución por requisitos basados en el desempeño. Existe una mayor flexibilidad que en la Norma ISO 9001:2008 en los requisitos para los procesos, la información documentada y las responsabilidades de la organización.

Aunque el apartado 6.1 especifica que la organización debe planificar acciones para abordar los riesgos, no hay ningún requisito en cuanto a métodos formales para la gestión del riesgo ni un proceso documentado de la gestión del riesgo. Las organizaciones pueden decidir si desarrollar o no una metodología de la gestión del riesgo más amplia de lo que requiere esta Norma Internacional, por ejemplo mediante la aplicación de otra orientación u otras normas.

No todos los procesos de un sistema de gestión de la calidad representan el mismo nivel de riesgo en términos de la capacidad de la organización para cumplir sus objetivos, y los efectos de la incertidumbre no son los mismos para todas las organizaciones. Bajo los requisitos del apartado 6.1, la organización es responsable de la aplicación del pensamiento basado en riesgos y de las acciones que toma para abordar los riesgos, incluyendo si conserva o no información documentada como evidencia de su determinación de riesgos.

## **A.5 Aplicabilidad**

Esta Norma Internacional no hace una referencia a las “exclusiones” en relación con la aplicabilidad de sus requisitos para el sistema de gestión de la calidad de la organización. Sin embargo, una organización puede revisar la aplicabilidad de los requisitos debido al tamaño o la complejidad de la organización, el modelo de gestión que adopte, el rango de las actividades de la organización y la naturaleza de los riesgos y oportunidades que encuentre.

Los requisitos para la aplicabilidad se tratan en el apartado 4.3, que define las condiciones bajo las que una organización puede decidir que un requisito no se puede aplicar a ninguno de los procesos dentro del alcance de su sistema de gestión de la calidad. La organización sólo puede decidir que un requisito no es aplicable si su decisión no tuviera como resultado el fracaso a la hora de alcanzar la conformidad de los productos y servicios.

## **A.6 Información documentada**

Como parte de la alineación con otras normas de sistemas de gestión, se ha adoptado un capítulo común sobre “información documentada” sin ningún cambio o adición significativa (véase 7.5). Cuando sea apropiado, el texto de esta Norma Internacional se ha alineado con sus requisitos. Consecuentemente, “información documentada” se utiliza para todos los requisitos de documentos.

Donde la Norma ISO 9001:2008 utilizaba una terminología específica como “documento” o “procedimientos documentados”, “manual de la calidad” o “plan de la calidad”, la presente edición de esta Norma Internacional define requisitos para “mantener la información documentada”.

Donde la Norma ISO 9001:2008 utilizaba el término “registros” para denotar los documentos necesarios para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos, esto ahora se expresa como un requisito para “conservar la información documentada”. La organización es responsable de determinar qué información documentada se necesita conservar, el periodo de tiempo por el que se va a conservar y qué medios se van a utilizar para su conservación.

Un requisito para “mantener” información documentada no excluye la posibilidad de que la organización también podría necesitar “conservar” la misma información documentada para un propósito particular, por ejemplo, para conservar versiones anteriores de ella.

Donde esta Norma Internacional hace referencia a “información” en lugar de “información documentada” (por ejemplo, en el apartado 4.1: “La organización debe realizar el seguimiento y la revisión de la información sobre estas cuestiones externas e internas”), no hay ningún requisito de que esa información se tenga que documentar. En tales situaciones, la organización puede decidir si es necesario o no, o si es apropiado mantener información documentada.

## **A.7 Conocimientos de la organización**

En el apartado 7.1.6 de esta Norma Internacional se considera la necesidad de determinar y gestionar los conocimientos mantenidos por la organización, para asegurarse de la operación de sus procesos y que puede lograr la conformidad de sus productos y servicios.

Los requisitos relativos a los conocimientos de la organización se introdujeron con el propósito de:

- a) salvaguardar a la organización de la pérdida de conocimientos, por ejemplo:
  - por causa de rotación de personal;
  - fracaso a la hora de capturar y compartir información;

b) fomentar que la organización adquiriera conocimientos, por ejemplo:

- aprendiendo de la experiencia;
- tutorías;
- estudios comparativos con las mejores prácticas.

### **A.8 Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente**

Todas las formas de provisión externa de procesos, productos y servicios se tratan en el apartado 8.4, por ejemplo, mediante:

- a) compra a un proveedor, o;
- b) un acuerdo con una compañía asociada, o;
- c) procesos contratados externamente a un proveedor externo.

La contratación externa siempre tiene la característica esencial de un servicio, ya que tendrá al menos una actividad desempeñada necesariamente en la interfaz entre el proveedor y la organización.

Los controles requeridos para la prestación externa pueden variar ampliamente dependiendo de la naturaleza de los procesos, productos y servicios. La organización puede aplicar el pensamiento basado en riesgos para determinar el tipo y la extensión de los controles apropiados para los proveedores externos particulares y para procesos, productos y servicios suministrados externamente.

## Anexo B (Informativo)

### Otras Normas Internacionales sobre gestión de la calidad y sistemas de gestión de la calidad desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176

Las Normas Internacionales descritas en este anexo han sido desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176 para proporcionar información de apoyo para las organizaciones que apliquen esta Norma Internacional, y para proporcionar orientación para las organizaciones que elijan ir más allá de sus requisitos. La orientación o los requisitos contenidos en los documentos citados en este anexo no aumentan, o modifican, los requisitos de esta Norma Internacional.

La tabla B.1 muestra la relación entre estas normas y los capítulos pertinentes de esta Norma Internacional.

Este anexo no incluye la referencia a normas del sistema de gestión de la calidad específicas de un sector desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176.

Esta Norma Internacional es una de las tres normas fundamentales desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176.

- ISO 9000 *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario* proporciona una referencia esencial para la comprensión e implementación adecuadas de esta Norma Internacional. Los principios de la gestión de la calidad se describen en detalle en la Norma ISO 9000 y se han tenido en cuenta en el desarrollo de esta Norma Internacional. Estos principios no son requisitos por sí mismos, pero constituyen la base de los requisitos especificados en esta Norma Internacional. La Norma ISO 9000 también define los términos, definiciones y conceptos utilizados en esta Norma Internacional.
- ISO 9001 (esta Norma Internacional) especifica requisitos orientados principalmente a dar confianza en los productos y servicios proporcionados por una organización y por lo tanto a aumentar la satisfacción del cliente. También se puede esperar que su adecuada implementación aporte otros beneficios a la organización tales como la mejora de la comunicación interna, mejor comprensión y control de los procesos de la organización.
- ISO 9004 *Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad* proporciona orientación para las organizaciones que elijan ir más allá de los requisitos de esta Norma Internacional, para considerar un rango más amplio de temas que pueden conducir a la mejora del desempeño global de la organización. La Norma ISO 9004 incluye orientación sobre una metodología de autoevaluación para que una organización sea capaz de evaluar el nivel de madurez de su sistema de gestión de la calidad.

Las Normas Internacionales que figuran a continuación pueden proporcionar asistencia a las organizaciones cuando establecen o buscan mejorar sus sistemas de gestión de la calidad, sus procesos o sus actividades.

- ISO 10001 *Gestión de la Calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para los códigos de conducta de las organizaciones* proporciona orientación a una organización para determinar que sus disposiciones para lograr la satisfacción del cliente cumplen las necesidades y expectativas del cliente. Su uso puede aumentar la confianza del cliente en una organización y mejorar la comprensión del cliente sobre lo que espera de una organización, reduciendo por lo tanto la probabilidad de malentendidos y quejas.
- ISO 10002 *Gestión de la Calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para el tratamiento de las quejas en las organizaciones* proporciona orientación sobre el proceso de tratamiento de quejas al reconocer y tratar las necesidades y expectativas de quienes reclaman y al resolver cualquier queja recibida. La Norma ISO 10002 proporciona un proceso de quejas abierto, eficaz y de uso fácil, incluyendo la formación de las personas. También proporciona orientación para negocios pequeños.

- ISO 10003 *Gestión de la Calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para la resolución de conflictos de forma externa a las organizaciones* proporciona orientación para la resolución eficaz y eficiente de los conflictos de forma externa por quejas relacionadas con productos. La resolución de conflictos proporciona una vía de reparación cuando las organizaciones no ponen remedio a las quejas de forma interna. La mayoría de las quejas pueden resolverse exitosamente dentro de la organización, sin procedimientos de confrontación.
- ISO 10004 *Gestión de la Calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para el seguimiento y la medición* proporciona directrices sobre acciones para aumentar la satisfacción del cliente y para determinar oportunidades de mejora de los productos, procesos y atributos valorados por los clientes. Tales acciones pueden fortalecer la lealtad del cliente y ayudar a conservar clientes.
- ISO 10005 *Sistemas de gestión de la Calidad. Directrices para los planes de la calidad* proporciona orientación para establecer y utilizar planes de la calidad como un medio de relacionar los requisitos del proceso, producto, proyecto o contrato con los métodos y prácticas de trabajo que apoyan la realización del producto. Los beneficios de establecer un plan de la calidad suponen una mayor confianza en que los requisitos se cumplirán, de que los procesos están bajo control y de la motivación que esto puede dar a los que participan activamente.
- ISO 10006 *Sistemas de gestión de la Calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos* es aplicable a proyectos desde pequeños hasta grandes, de simples a complejos, desde un proyecto individual a uno que es parte de un portafolio de proyectos. La Norma ISO 10006 se utiliza por el personal que gestiona proyectos y que necesita asegurarse de que su organización está aplicando las prácticas contenidas en las normas de sistemas de gestión de la calidad de ISO.
- ISO 10007 *Sistemas de gestión de la Calidad. Directrices para la gestión de la configuración* asiste a las organizaciones a aplicar la gestión de la configuración para la dirección técnica y administrativa a lo largo del ciclo de vida de un producto. La gestión de la configuración puede utilizarse para cumplir los requisitos de identificación y trazabilidad del producto especificados en esta Norma Internacional.
- ISO 10008 *Gestión de la Calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para las transacciones de comercio electrónico entre empresa y consumidor* proporciona orientación sobre cómo las organizaciones pueden implementar un sistema eficaz y eficiente de transacciones de comercio electrónico entre empresa y consumidor (B2C ECT, por sus siglas en inglés) y por lo tanto proporcionar una base para que los consumidores aumenten su confianza en las B2C ECT, las organizaciones aumenten la capacidad para satisfacer a los consumidores y ayuden a reducir las quejas y los conflictos.
- ISO 10012 *Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición* proporciona orientación para la gestión de los procesos de medición y la confirmación metrológica del equipo de medición utilizado para apoyar y demostrar el cumplimiento con los requisitos metrológicos. La Norma ISO 10012 proporciona criterios de gestión de la calidad para un sistema de gestión de las mediciones para asegurarse de que se cumplen los requisitos metrológicos.
- ISO/TR 10013 *Directrices para la documentación del sistema de gestión de la calidad* proporciona directrices para el desarrollo y el mantenimiento de la documentación necesaria para el sistema de gestión de la calidad. El ISO/TR 10013 puede utilizarse para documentar sistemas de gestión distintos de los de las normas de sistemas de gestión de la calidad de ISO, por ejemplo, sistemas de gestión ambiental y sistemas de gestión de la seguridad.
- ISO 10014 *Gestión de la calidad. Directrices para la obtención de beneficios financieros y económicos* está dirigida a la alta dirección. Proporciona directrices para la obtención de los beneficios financieros y económicos a través de la aplicación de los principios de la gestión de la calidad. Facilita la aplicación de los principios de la gestión y la selección de métodos y herramientas que permitan el éxito sostenido de una organización.
- ISO 10015 *Gestión de la calidad. Directrices para la formación* proporciona directrices para asistir a las organizaciones y tratar cuestiones relacionadas con la formación. La Norma ISO 10015 puede aplicarse cuando se requiera orientación para interpretar referencias a “educación” y “formación” dentro de las normas de sistemas de gestión de la calidad de ISO. Cualquier referencia a “formación” incluye todos los tipos de educación y formación.

- ISO/TR 10017 *Orientación sobre las técnicas estadísticas para la Norma ISO 9001:2000* explica las técnicas estadísticas que se derivan de la variabilidad que puede observarse en el comportamiento y en los resultados de los procesos, incluso bajo condiciones de aparente estabilidad. Las técnicas estadísticas permiten un mejor uso de los datos disponibles para asistir en la toma de decisiones, y por tanto, ayudar a mejorar continuamente la calidad de los productos y los procesos para lograr la satisfacción del cliente.
- ISO 10018 *Gestión de la calidad. Directrices para la participación activa y la competencia de las personas* proporciona directrices que influyen en la participación activa y la competencia de las personas. Un sistema de gestión de la calidad depende de la participación activa de personas competentes y la forma en la que hayan sido introducidas e integradas en la organización. Es crítico determinar, desarrollar y evaluar los conocimientos, las habilidades, el comportamiento y el ambiente de trabajo requerido.
- ISO 10019 *Directrices para la selección de consultores de sistemas de gestión de la calidad y la utilización de sus servicios* proporciona orientación para la selección de consultores del sistema de gestión de la calidad y el uso de sus servicios. Proporciona orientación sobre el proceso para evaluar la competencia de un consultor del sistema de gestión de la calidad y proporciona confianza en que los servicios del consultor cumplirán las necesidades y expectativas de la organización..
- ISO 19011 *Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión* proporciona orientación sobre la gestión de un programa de auditoría, sobre la planificación y realización de una auditoría del sistema de gestión, así como sobre la competencia y la evaluación de un auditor y de un equipo de auditoría. La Norma ISO 19011 pretende que sea aplicada a los auditores, a las organizaciones que implementan sistemas de gestión y a las organizaciones que necesitan realizar auditorías de sistemas de gestión.

**Tabla B.1 – Relación entre otras Normas Internacionales sobre la gestión de la calidad y los sistemas de gestión de la calidad y los capítulos de esta Norma Internacional**

Otra Norma Internacional	Capítulo en esta Norma Internacional						
	4	5	6	7	8	9	10
ISO 9000	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 9004	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10001					8.2.2, 8.5.1	9.1.2	
ISO 10002					8.2.1,	9.1.2	10.2.1
ISO 10003						9.1.2	
ISO 10004						9.1.2, 9.1.3	
ISO 10005		5.3	6.1, 6.2	Todo	Todo	9.1	10.2
ISO 10006	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10007					8.5.2		
ISO 10008	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10012				7.1.5			
ISO/TR 10013				7.5			
ISO 10014	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10015				7.2			
ISO/TR 10017			6.1	7.1.5		9.1	
ISO 10018	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10019					8.4		
ISO 19011						9.2	

NOTA "Todo" indica que todos los apartados en el capítulo específico de esta Norma Internacional están relacionados con la otra Norma Internacional.

## Bibliografía

- [1] ISO 9004, *Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad*
- [2] ISO 10001, *Gestión de la calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para los códigos de conducta de las organizaciones*
- [3] ISO 10002, *Gestión de la calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para el tratamiento de las quejas en las organizaciones*
- [4] ISO 10003, *Gestión de la calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para la resolución de conflictos de forma externa a las organizaciones*
- [5] ISO 10004, *Gestión de la calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para el seguimiento y la medición*
- [6] ISO 10005, *Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para los planes de la calidad*
- [7] ISO 10006, *Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos*
- [8] ISO 10007, *Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la configuración*
- [9] ISO 10008, *Quality management. Customer satisfaction. Guidelines for business-to-consumer electronic commerce transactions*
- [10] ISO 10012, *Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*
- [11] ISO/TR 10013, *Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad*
- [12] ISO 10014, *Gestión de la calidad. Directrices para la obtención de beneficios financieros y económicos*
- [13] ISO 10015, *Gestión de la calidad. Directrices para la formación*
- [14] ISO/TR 10017, *Orientación sobre las técnicas estadísticas para la Norma ISO 9001:2000*
- [15] ISO 10018, *Gestión de la calidad. Directrices para la participación activa y la competencia de las personas*
- [16] ISO 10019, *Directrices para la selección de consultores de sistemas de gestión de la calidad y la utilización de sus servicios*
- [17] ISO 14001, *Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso*
- [18] ISO 19011, *Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión*
- [19] ISO 31000, *Risk management. Principles and guidelines*
- [20] ISO 37500, *Guidance on outsourcing*
- [21] ISO/IEC 90003, *Software engineering. Guidelines for the application of ISO 9001:2008 to computer software*
- [22] IEC 60300-1, *Gestión de la confiabilidad. Parte 1: Directrices para su gestión y aplicación*
- [23] IEC 61160, *Revisión de diseño*

- [24] Quality management principles, ISO<sup>1)</sup>
- [25] Selection and use of the ISO 9000 family of standards, ISO<sup>1)</sup>
- [26] ISO 9001 for Small Businesses. What to do, ISO<sup>1)</sup>
- [27] Integrated use of management system standards, ISO<sup>1)</sup>
- [28] [www.iso.org/tc176/sc02/public](http://www.iso.org/tc176/sc02/public)
- [29] [www.iso.org/tc176/ISO9001AuditingPracticesGroup](http://www.iso.org/tc176/ISO9001AuditingPracticesGroup)

---

1) Disponible en: <http://www.iso.org>.

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Génova, 6  
28004 MADRID-España

[info@aenor.es](mailto:info@aenor.es)  
[www.aenor.es](http://www.aenor.es)

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 032

Septiembre 2012

### TÍTULO

**Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos**

**Parte 5: Equipo común y calibración**

*Tests for general properties of aggregates. Part 5: Common equipment and calibration.*

*Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats. Partie 5: Equipements communs et étalonnage.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 932-5:2012.

### OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 932-5:2000.

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 146 *Áridos* cuya Secretaría desempeña FdA.



Versión en español

## **Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos Parte 5: Equipo común y calibración**

**Tests for general properties of aggregates.  
Part 5: Common equipment and  
calibration.**

**Essais pour déterminer les propriétés  
générales des granulats. Partie 5:  
Equipements communs et étalonnage.**

**Prüfverfahren für allgemeine  
Eigenschaften von Gesteinskörnungen.  
Teil 5: Allgemeine Prüfeinrichtungen und  
Kalibrierung.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2011-12-30.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia, Suiza y Turquía.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles**

## ÍNDICE

	Página
<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>6</b>
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>2 NORMAS PARA CONSULTA</b> .....	<b>7</b>
<b>3 DEFINICIONES</b> .....	<b>7</b>
<b>4 EQUIPO COMÚN</b> .....	<b>8</b>
4.1 Tolerancias.....	8
4.1.1 Tolerancias de fabricación.....	8
4.1.2 Tolerancias de trabajo .....	9
4.2 Instrumentos de medida .....	9
4.2.1 Generalidades .....	9
4.2.2 Balanzas y pesas .....	9
4.2.3 Termómetros.....	9
4.2.4 Instrumentos de medida de las dimensiones .....	10
4.2.5 Temporizadores .....	10
4.2.6 Instrumentos de vidrio volumétricos .....	10
4.2.7 Hidrómetros de densidad.....	10
4.3 Otros instrumentos.....	10
4.3.1 Estufas .....	10
4.3.2 Baño de agua a temperatura constante .....	11
4.3.3 Tamices de ensayo y tamices de barras .....	11
4.3.4 Moldes y tambores .....	11
4.3.5 Vibradores de tamices.....	11
4.3.6 Desecadores y armarios desecadores .....	11
4.3.7 Agitadores de botellas oscilantes y rotatorios .....	11
4.3.8 Calefactores.....	11
4.3.9 Máquinas de rotación.....	11
4.3.10 Máquinas de vibración.....	12
4.3.11 Presión o vacío .....	12
<b>5 CALIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN</b> .....	<b>12</b>
5.1 Calibración de los patrones e instrumentos de referencia .....	12
5.1.1 Patrones de referencia de laboratorio .....	12
5.1.2 Especificaciones de los patrones e instrumentos de referencia.....	13
5.2 Calibración y comprobación de los equipos de ensayo .....	13
5.2.1 Trazabilidad.....	13
5.2.2 Calibración interna y externa .....	13
5.2.3 Calibración y comprobación de los instrumentos de medida .....	15
5.2.4 Comprobación de otros instrumentos .....	17
<b>6 REACTIVOS</b> .....	<b>20</b>
6.1 Agua destilada .....	20
6.2 Reactivos químicos .....	20
<b>ANEXO A (Normativo) MÉTODO PARA COMPROBAR EL RENDIMIENTO DE LOS TAMICES</b> .....	<b>21</b>

<b>ANEXO B (Normativo)</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA LA COMPROBACIÓN MANUAL DE LAS ABERTURAS DE LOS TAMICES DE ENSAYO DE CHAPA PERFORADA .....</b>	<b>24</b>
<b>B.1</b>	<b>Equipo para la comprobación manual de las aberturas de los tamices de ensayo de chapa perforada .....</b>	<b>24</b>
<b>B.2</b>	<b>Calibración de los calibres de comprobación del tamiz .....</b>	<b>24</b>
<b>B.3</b>	<b>Procedimiento de ensayo.....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO C (Informativo)</b>	<b>BALANZAS RECOMENDADAS PARA DIVERSOS MÉTODOS DE ENSAYO NORMALIZADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>27</b>

## PRÓLOGO

Esta Norma EN 932-5:2012 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 154 *Áridos*, cuya Secretaría desempeña BSI.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de agosto de 2012, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de agosto de 2012.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN 932-5:1999.

Esta norma europea forma parte de una serie sobre ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Los métodos de ensayo para otras propiedades de los áridos se tratan en las siguientes series de normas europeas:

EN 933 *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos.*

EN 1097 *Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos.*

EN 1367 *Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos.*

EN 1744 *Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos.*

EN 13179 *Ensayos de los áridos fillers empleados en las mezclas bituminosas.*

Las otras partes de la serie de Normas EN 932 *Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos*, son:

- *Parte 1: Métodos de muestreo.*
- *Parte 2: Métodos para la reducción de muestras de laboratorio.*
- *Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.*
- *Parte 6: Definiciones de la repetibilidad y de la reproducibilidad.*

En la bibliografía se hace referencia a la clasificación de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), que esta norma adopta para establecer una frecuencia de calibración para balanzas y pesas

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia, Suiza y Turquía.

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea especifica requisitos generales aplicables al equipo común, a los procedimientos de calibración y de comprobación, y a los reactivos para el ensayo de las propiedades de los áridos.

En el caso de la comprobación, se pueden utilizar otros procedimientos distintos a los indicados en esta norma a condición de que se establezcan las relaciones de trabajo apropiadas con los métodos correspondientes descritos en esta norma. En caso de litigio, se deben aplicar los métodos de comprobación descritos en esta norma.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 933-1 *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.*

EN 933-2 *Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.*

EN 933-3 *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.*

EN 933-8 *Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.*

EN ISO 3650 *Especificación geométrica de productos (GPS). Patrones de longitud. Bloques patrón. (ISO 3650:1998).*

ISO 384 *Material de vidrio para laboratorio. Principios de diseño y fabricación de material de vidrio volumétrico.*

ISO 386 *Termómetros de laboratorio por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio. Principios de diseño, fabricación y empleo.*

ISO 649-1 *Material de vidrio para laboratorio. Hidrómetros de densidad para uso general. Parte 1: Especificaciones.*

ISO 3310-1 *Tamices de ensayo. Requisitos técnicos y verificaciones. Parte 1: Tamices de ensayo de tela metálica.*

ISO 3310-2 *Tamices de ensayo. Requisitos técnicos y verificaciones. Parte 2: Tamices de ensayo de chapa metálica perforada.*

ISO 4788 *Material de vidrio para laboratorio. Probetas cilíndricas graduadas.*

ISO 6353-2 *Reactivos para análisis químicos. Parte 2: Especificaciones. Primera serie.*

ISO 6353-3 *Reactivos para análisis químicos. Parte 3: Especificaciones. Segunda serie.*

## 3 DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

### 3.1 calibración:

Operación que bajo unas condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores de las magnitudes y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita un resultado de medida a partir de una indicación.

NOTA 1 Una calibración se puede expresar mediante una declaración, una función de calibración, un diagrama de calibración, una curva de calibración, o una tabla de calibración. En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre de medición correspondiente.

NOTA 2 Para más información, consúltese el VIM – Vocabulario internacional de términos básicos y generales de metrología (disponible en la página <http://www.bipm.org/>).

### 3.2 comprobación:

Operación que consiste en asegurar:

- que los resultados de las mediciones de una propiedad (tal como longitud, masa, temperatura o tiempo) realizadas a valores seleccionados de un instrumento de medición, o de un conjunto de éstos, no se desvían de los valores medidos después de la última calibración del equipo más allá de tolerancias predefinidas; o
- que una propiedad (tal como velocidad de rotación o frecuencia de vibración) de un equipo o de un conjunto de equipos cumple con los requisitos aplicables del equipo en cuestión.

### 3.3 intervalo de la escala para verificación (e) de las balanzas:

Valor, expresado en unidades de masa, que se utiliza para la clasificación y verificación de una balanza.

### 3.4 intervalo de escala real (d):

Valor expresado como:

- la diferencia entre los valores correspondientes a dos marcas de escala consecutivas, en el caso de indicación analógica; o
- la diferencia entre dos valores indicados consecutivos, en el caso de indicación digital.

### 3.5 tolerancia:

Desviación máxima admisible del valor nominal de una característica mensurable.

NOTA En esta norma, las tolerancias se pueden expresar como bien en valor absoluto sin signo o bien como porcentaje del valor nominal de una característica mensurable.

## 4 EQUIPO COMÚN

### 4.1 Tolerancias

#### 4.1.1 Tolerancias de fabricación

NOTA Por convenio, y si no se indica otra cosa, las tolerancias (o límites) que se dan en las normas de ensayos de áridos son tolerancias (o límites) de fabricación.

##### 4.1.1.1 Dimensiones lineales

Cuando una dimensión se especifique con tolerancias o límites de fabricación, se debe considerar como una dimensión esencial.

NOTA Las dimensiones dadas sin tolerancias tienen carácter orientativo.

##### 4.1.1.2 Masa

Cuando se especifique la masa, la tolerancia de fabricación debe ser  $\pm 1\%$  de la masa especificada, salvo que se indique otra cosa.

#### 4.1.2 Tolerancias de trabajo

Las tolerancias de trabajo se aplican a los equipos (por ejemplo, aparatos) que ya hayan sufrido desgaste por el uso, y no deben ser superiores al doble de las tolerancias de fabricación, salvo que se especifique de otro modo.

### 4.2 Instrumentos de medida

#### 4.2.1 Generalidades

La precisión de medición de los instrumentos de medida debe ser mayor que la tolerancia correspondiente definida en el método de ensayo.

NOTA Salvo que se especifique lo contrario, la precisión de medición del instrumento utilizado debería ser como mínimo cinco veces mejor que la tolerancia correspondiente.

#### 4.2.2 Balanzas y pesas

Las balanzas y las pesas se deben calibrar. La calibración y la comprobación de las balanzas y de las pesas deben ser conformes con los apartados 5.2.3.2 y 5.2.3.3, respectivamente.

NOTA 1 Las balanzas pueden incorporar un dispositivo de presentación analógico o digital.

La balanza (y las pesas, si se requiere) seleccionada para una pesada debe permitir la determinación de la masa con la precisión exigida por el método de ensayo. Si la calibración determina que la balanza no es adecuada para su utilización en todo su rango de trabajo, se debe etiquetar indicando los límites inferior y superior de su capacidad utilizable.

NOTA 2 La tabla 1 muestra ejemplos de categorías de balanzas. El anexo C relaciona estas categorías con los métodos de ensayo normalizados de la mayoría de los áridos.

**Tabla 1 – Ejemplos de categorías de balanzas, sus clases de precisión y las tolerancias correspondientes para las comprobaciones intermedias**

Clase de precisión de la balanza	Categoría de la balanza	Intervalo de verificación de la escala (e) (g)	Intervalo de escala real (d) (g)	Tolerancia para comprobaciones intermedias (g)	Capacidad mínima (g)	Capacidad máxima (kg)
I (especial)	1	0,001	0,0001 <sup>a</sup>	0,0005	0,01 <sup>a</sup>	–
II (alta)	2	0,01	0,001 <sup>a</sup>	0,003	0,02 <sup>a</sup>	1
	3	0,1	0,01 <sup>a</sup>	0,03	0,5 <sup>a</sup>	10
	4	1	0,1 <sup>a</sup>	0,3	5 <sup>a</sup>	100
III (media)	5	1	1	2	20	10
	6	2	2	4	40	20
	7	200	200	400	4 000	2 000

NOTA Esta tabla está basada en la OIML (2006).

<sup>a</sup> Balanzas equipadas con un dispositivo de presentación auxiliar.

#### 4.2.3 Termómetros

Los termómetros se deben seleccionar en función del método de ensayo en el que se van a utilizar. El intervalo de escala real no debe ser mayor que la mitad de la precisión de lectura requerida.

La forma de las divisiones de escala de los termómetros por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio debe ser conforme con la Norma ISO 386. La calibración de los termómetros debe ser conforme con el apartado 5.2.3.4.

#### **4.2.4 Instrumentos de medida de las dimensiones**

##### **4.2.4.1 Reglas de acero**

Las reglas de acero deben tener unas divisiones de escala mínimas de 1 mm y se deben comprobar de acuerdo con el apartado 5.2.3.5.

##### **4.2.4.2 Calibres**

Los calibres digitales, de esfera y de nonio para la medida de dimensiones internas y externas deben tener un intervalo de escala real de 0,1 mm o mejor, y se deben calibrar de acuerdo con el apartado 5.2.3.5.

##### **4.2.4.3 Micrómetros**

Los dispositivos para mediciones micrométricas deben tener un intervalo de escala real de 0,01 mm o mejor, o de 0,002 mm o mejor, en función de la precisión especificada en el método de ensayo. La calibración debe ser conforme con el apartado 5.2.3.5.

##### **4.2.4.4 Comparadores de reloj**

Los comparadores de reloj deben tener un intervalo de escala real de 0,01 mm o mejor, o de 0,002 mm o mejor, en función de la precisión y del rango de escala de medida requerida por el método de ensayo. Los comparadores de reloj se deben calibrar de acuerdo con el apartado 5.2.3.5.

#### **4.2.5 Temporizadores**

Los temporizadores se deben calibrar de acuerdo con el apartado 5.2.3.6.

NOTA 1 Los temporizadores que tengan un intervalo de escala real de 1 s se consideran adecuados.

NOTA 2 Como alternativa aceptable, se puede utilizar un reloj de pared convenientemente situado, que tenga manecilla de segundos con las dimensiones adecuadas para que se pueda leer con facilidad desde el puesto de trabajo.

#### **4.2.6 Instrumentos de vidrio volumétricos**

Se deben utilizar instrumentos de vidrio volumétricos que correspondan a las clases A o B de la Norma ISO 384. Los instrumentos de vidrio volumétricos de la clase B se deben comprobar antes de su primera utilización, de acuerdo con el apartado 5.2.3.7.

No es necesario realizar dicha comprobación si se utilizan instrumentos de vidrio volumétricos certificados conforme a la clase A de la Norma ISO 384.

#### **4.2.7 Hidrómetros de densidad**

Los hidrómetros de densidad deben ser conformes con la Norma ISO 649-1, y tener un rango y un intervalo de escala que sea apropiado al método de ensayo. El intervalo de escala no debe ser mayor que la mitad de la precisión de lectura requerida. Los hidrómetros de densidad se deben calibrar de acuerdo con el apartado 5.2.3.8.

### **4.3 Otros instrumentos**

#### **4.3.1 Estufas**

Las estufas deben incorporar un control termostático de temperatura que se pueda ajustar para mantener la temperatura de trabajo especificada, con una tolerancia de  $\pm 5$  °C, salvo que en el método de ensayo se especifique una tolerancia diferente.

Cada estufa debe estar equipada con un dispositivo indicador de temperatura con el rango y la precisión requeridos.

Las estufas se deben comprobar de acuerdo con el apartado 5.2.4.2.

#### 4.3.2 Baño de agua a temperatura constante

Los baños de agua a temperatura constante deben incorporar un control termostático de temperatura que se pueda ajustar para mantener la temperatura de trabajo especificada dentro de la tolerancia apropiada a los requisitos del método de ensayo.

Cada baño de agua a temperatura constante debe estar equipado con un dispositivo indicador de temperatura con el rango y la precisión requeridos.

Los baños de agua a temperatura constante se deben comprobar de acuerdo con el apartado 5.2.4.3.

#### 4.3.3 Tamices de ensayo y tamices de barras

Los tamices de ensayo deben ser conformes con la Norma EN 933-2. Los tamices de barras deben ser conformes con la Norma EN 933-3. Los tamices de ensayo de chapa perforada con aberturas cuadradas conformes con la Norma ISO 3310-2 deben tener un tamaño de abertura mínimo de 4 mm. Los tamices de ensayo de tela metálica conformes con la Norma ISO 3310-1 deben tener un tamaño de abertura menor de 4 mm.

Cada tamiz se debe identificar por separado. Las comprobaciones de los tamices se deben realizar de acuerdo con el apartado 5.2.4.4.

#### 4.3.4 Moldes y tambores

Los elementos de equipo, tales como moldes y tambores, se deben comprobar de acuerdo con el apartado 5.2.4.5.

#### 4.3.5 Vibradores de tamices

Los vibradores mecánicos de tamices deben poder operar con un conjunto de tamices con su tapa y bandeja receptora. Su diseño debe garantizar que el material objeto del ensayo puede moverse sobre la superficie de cualquiera de los tamices cuando se le agita.

#### 4.3.6 Desecadores y armarios desecadores

Los desecadores deben estar provistos de una tapa que forme un cierre hermético. Los armarios desecadores deben estar provistos de una puerta que forme un cierre hermético. Si el armario viene equipado con estantes, éstos deben permitir la libre circulación vertical del aire mientras el desecador esté en funcionamiento.

NOTA 1 El desecador utilizado con más frecuencia es el formado por cristales de gel de sílice autoindicador.

NOTA 2 Los desecadores de vacío de vidrio deberían estar cubiertos por una jaula de seguridad durante la evacuación, mientras están en vacío y durante la liberación del vacío.

#### 4.3.7 Agitadores de botellas oscilantes y rotatorios

Una unidad provista de motor para la agitación y/o rotación de los recipientes debe ser capaz de rotar o agitar los recipientes de manera continua a la velocidad especificada.

Los agitadores de botellas oscilantes y rotatorios se deben comprobar de acuerdo con el apartado 5.2.4.8.

#### 4.3.8 Calefactores

La placa caliente eléctrica utilizada debe estar equipada con control regulable que permita llegar a ebullición y/o mantener unas temperaturas especificadas.

NOTA Como fuente de calor regulable alternativa se puede utilizar un mechero Bunsen, con trípode y tela metálica.

#### 4.3.9 Máquinas de rotación

Cuando la velocidad de rotación de un elemento de una máquina sea crítica para el método de ensayo, se debe comprobar de acuerdo con el apartado 5.2.4.9.

#### 4.3.10 Máquinas de vibración

Cuando la frecuencia de vibración de un elemento de una máquina sea crítica para el método de ensayo, se debe comprobar de acuerdo con el apartado 5.2.4.10.

#### 4.3.11 Presión o vacío

Cuando la presión o el vacío sean críticos para el método de ensayo, se deben comprobar de acuerdo con el apartado 5.2.4.11.

### 5 CALIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN

#### 5.1 Calibración de los patrones e instrumentos de referencia

##### 5.1.1 Patrones de referencia de laboratorio

##### 5.1.1.1 Patrones de referencia para calibración interna

Cuando el propio laboratorio realice la calibración de los instrumentos de medida empleados en los ensayos, éste debe conservar los patrones y los instrumentos de referencia adecuados, utilizados únicamente para fines de calibración.

Cuando no se utilicen, los patrones y los instrumentos de referencia se deben conservar en un ambiente apropiado separados de los patrones o instrumentos de trabajo. Únicamente se deben utilizar para fines de calibración, y por personal capacitado para su utilización.

Los patrones y los instrumentos de referencia deben tener una exactitud mayor que la del dispositivo de trabajo con objeto de conseguir la exactitud deseada de la medición de ensayo.

Los patrones e instrumentos de referencia se deben calibrar y certificar como se especifica en los apartados 5.1.1.2 y 5.1.2. Por conveniencia, los intervalos máximos de calibración de cada patrón de referencia y de cada instrumento de referencia cubiertos por el apartado 5.1.2 se resumen en la tabla 2.

**Tabla 2 – Intervalos de calibración para los patrones e instrumentos de referencia**

<b>Patrón o instrumento de referencia</b>	<b>Intervalo máximo de calibración</b>
Pesas	2 años
Termómetros por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio – Norma ISO 386	5 años
Otros termómetros por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio	5 años
Termómetros de resistencia de platino	1 año
Termopares	1 año
Patrones dimensionales	5 años
Sondas de presión	2 años
Manómetros	2 años

La recalibración de los patrones e instrumentos de referencia se debe realizar en intervalos no superiores a los especificados en el apartado 5.1.2 para cada tipo de instrumento. Independiente de la frecuencia prescrita, siempre que se sospeche un cambio en la exactitud de un patrón o instrumento de referencia, o cuando uno de estos dispositivos haya sido manejado de forma incorrecta, reparado, desmontado, ajustado o sometido a una revisión general, se deben recalibrar antes de utilizar de nuevo.

### **5.1.1.2 Calibración y trazabilidad de los patrones e instrumentos de referencia**

Los patrones y los instrumentos de referencia se deben calibrar en un laboratorio de calibración acreditado. El certificado de la certificación debe mostrar la trazabilidad a patrones de medición reconocidos.

NOTA Un laboratorio de calibración acreditado que cumpla la Norma EN ISO/IEC 17025 o un organismo internacional admitido se consideran adecuados. Este laboratorio debería estar acreditado para la calibración en cuestión.

## **5.1.2 Especificaciones de los patrones e instrumentos de referencia**

### **5.1.2.1 Pesas de referencia**

Las pesas de referencia deben ser adecuadas para la clase de balanza sometida a calibración, y deben tener una tolerancia (error máximo admisible) mejor que el intervalo de escala real de la balanza sometida a calibración. Las pesas de referencia se deben etiquetar como tales y se deben conservar en un lugar seguro, separadas de las pesas de trabajo.

Las pesas de referencia se deben calibrar antes de su primera utilización. Las pesas de referencia de las clases  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  y  $M_1$  se deben recalibrar cada 2 años (véase la nota de 5.2.3.3).

### **5.1.2.2 Termómetros y termopares de referencia**

Los termómetros por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio que se utilizan como termómetros de referencia para la calibración de termómetros de trabajo de laboratorio se deben calibrar antes de su primera utilización y, posteriormente, se deben calibrar o sustituir cada cinco años.

Además del requisito de calibración quinquenal anterior, los termómetros de referencia se deben someter a comprobación del punto de congelación o de cualquier otro punto único a los seis meses de su primera utilización y, posteriormente, cada año.

Los termopares calibrados y los termómetros de resistencia de platino utilizados como instrumentos de referencia se deben recalibrar al menos una vez al año.

### **5.1.2.3 Patrones dimensionales**

Los bloques patrón deben cumplir la Norma EN ISO 3650 y se deben recalibrar cada cinco años.

### **5.1.2.4 Manómetros y sondas de presión de referencia**

Los manómetros y las sondas de presión de referencia se deben recalibrar al menos una vez cada dos años.

## **5.2 Calibración y comprobación de los equipos de ensayo**

### **5.2.1 Trazabilidad**

Todas las mediciones necesarias para la realización de los ensayos cubiertos por esta norma deben tener trazabilidad, siempre que este concepto sea aplicable, a patrones de medida nacionales e internacionales, mediante una cadena ininterrumpida de calibración. El número de pasos intermedios del proceso no debe ser superior al estrictamente necesario para alcanzar la precisión requerida. Los resultados de la comprobación se deben documentar.

### **5.2.2 Calibración interna y externa**

#### **5.2.2.1 Requisitos generales**

Las calibraciones deben ser realizadas bien por una organización externa o bien internamente por el propio personal del laboratorio. Los sistemas empleados deben seguir los principios y requisitos dados en el apartado 5.2.4 y en el método de ensayo pertinente, cuando corresponda.

Los equipos calibrados sólo se deben utilizar dentro del rango para el que han sido calibrados.

### 5.2.2.2 Calibración externa

Siempre que sea posible, todas las calibraciones externas deben ser realizadas por un laboratorio de calibración acreditado reconocido nacionalmente. Si la calibración se contrata a una organización externa, la trazabilidad se debe establecer mediante un certificado de calibración del equipo en cuestión. El certificado debe incluir la siguiente información y se debe conservar archivado:

- a) el nombre de la organización de calibración;
- b) la entidad para la que se ha realizado la calibración y el lugar donde se realizó;
- c) la descripción del equipo calibrado, incluyendo su número de identificación;
- d) el método de calibración empleado;
- e) los equipos empleados, incluyendo los patrones o instrumentos de referencia;
- f) el número del certificado de calibración de los patrones o instrumentos de referencia empleados para la calibración del equipo, y la trazabilidad si la calibración no ha sido realizada por un laboratorio de calibración acreditado reconocido;
- g) la temperatura de calibración;
- h) los datos y los resultados de la calibración;
- i) la fecha de realización de la calibración;
- j) la firma de la persona responsable de la calibración;
- k) un identificador único del certificado (por ejemplo, un número de serie);
- l) una declaración del cumplimiento de las especificaciones aplicables;
- m) una declaración de la incertidumbre de medición del equipo.

### 5.2.2.3 Calibración interna

La calibración interna sólo puede ser realizada por personal cualificado y experimentado, de acuerdo con los procedimientos escritos para cada equipo. Los instrumentos o patrones de referencia empleados para la calibración de los instrumentos de trabajo deben ser conformes con el apartado 5.1.

Los registros de la calibración se deben conservar e incluir la siguiente información:

- a) una descripción del equipo calibrado, incluyendo su número de identificación;
- b) el método de calibración empleado;
- c) los equipos empleados, incluyendo los patrones o instrumentos de referencia;
- d) el número del certificado de calibración de los patrones o instrumentos de referencia empleados;
- e) la temperatura de calibración;
- f) los datos y los resultados de la calibración;
- g) la fecha de realización de la calibración;

- h) la fecha de la siguiente calibración, si procede;
- i) la firma de la persona responsable de la calibración;
- j) una declaración de cumplimiento de las especificaciones aplicables;
- k) una estimación cuantitativa de la incertidumbre de medición del equipo.

### 5.2.3 Calibración y comprobación de los instrumentos de medida

#### 5.2.3.1 Frecuencia de calibración y de comprobación

La calibración y las comprobaciones de rutina de los instrumentos de medida se deben realizar a intervalos basados en el uso y en el análisis de los datos documentados de calibración y de comprobación, para garantizar que se mantiene la precisión exigida entre las calibraciones o comprobaciones.

Los periodos entre calibraciones especificados en los apartados 5.2.3.2 a 5.2.3.8 son los periodos máximos para cada tipo de instrumento. En la tabla 3 se resumen los intervalos de calibración y/o comprobación de cada instrumento de medida cubierto por los apartados 5.2.3.2 a 5.2.3.8.

El intervalo de tiempo entre calibración/comprobación se puede reducir dependiendo de la estabilidad de los resultados.

Los intervalos de comprobación se pueden aumentar cuando los registros de las comprobaciones muestren estabilidad.

**Tabla 3 – Intervalos de calibración y/o comprobación de los instrumentos de medida**

Instrumento de medida	Intervalo máximo de calibración	Verificaciones intermedias
Balanzas	2 años	Utilizando una pesa de comprobación apropiada, con una frecuencia basada en la experiencia
Pesas	2 años	
Termómetros por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio (Norma ISO 386)	5 años	Comprobación de punto único 6 meses después de la primera utilización y después anualmente
Otros termómetros por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio	5 años	Comprobación de punto único 6 meses después de la primera utilización y después anualmente
Termopares	1 año	–
Reglas de acero		1 año
Pie de rey	1 año	
Micrómetros	1 año	
Comparadores de reloj	1 año	
Temporizadores	1 año	–
Instrumentos de vidrio volumétricos para laboratorio	–	5 años
Hidrómetros de densidad	5 años	

Cuando se sospeche un cambio en la precisión de un instrumento, o cuando un instrumento haya sido manejado de forma incorrecta, reparado, desmontado, ajustado o sometido a una revisión general, se debe recalibrar antes de ser utilizado de nuevo.

### 5.2.3.2 Balanzas

Las balanzas se deben ajustar y calibrar en toda su escala de trabajo, empleando pesas de referencia certificadas, a intervalos apropiados pero al menos cada dos años, a fin de asegurar la fiabilidad de los resultados.

En el intervalo de calibración se deben realizar comprobaciones intermedias de acuerdo con una frecuencia especificada basada en la experiencia documentada de laboratorio (por ejemplo, manuales de calidad). La tabla 1 recomienda tolerancias para evaluar los resultados de estas comprobaciones.

### 5.2.3.3 Pesas

Las pesas se deben calibrar antes de ser utilizadas por primera vez. Para las pesas de las clases E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub> e inferiores, la calibración se debe realizar cada dos años (véase la NOTA).

NOTA Las pesas se clasifican de acuerdo con la tolerancia o el error máximo admisible especificado en la Recomendación Internacional núm. 111 de la OIML (véase la bibliografía). Para la clasificación de las pesas, también se tiene en cuenta el material empleado para su fabricación y la calidad del acabado.

Clases E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub> Pesas completamente fabricadas con acero inoxidable, sin marcas ni cámara de ajuste (tolerancias  $\pm 0,5$  mg/kg y  $\pm 1,5$  mg/kg, respectivamente).

Clase F<sub>1</sub> Pesas de acero inoxidable, que pueden tener un pomo de tornillo (tolerancia  $\pm 5$  mg/kg).

Clase F<sub>2</sub> Pesas de latón niquelado (tolerancia  $\pm 15$  mg/kg).

Clase M<sub>1</sub> Pesas de latón (no oxidadas ni decoloradas) o de fundición con un acabado de pintura de buena calidad (tolerancia  $\pm 50$  mg/kg).

### 5.2.3.4 Termómetros

Los termómetros por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio que cumplan con la Norma ISO 386 se deben calibrar o sustituir a intervalos no superiores a cinco años. El resto de termómetros por dilatación de un líquido en un recipiente de vidrio se deben calibrar antes de su primera utilización con un patrón de referencia, y se deben recalibrar o sustituir a intervalos no superiores a cinco años.

Además del requisito de calibración quinquenal anterior, los termómetros se deben someter a comprobación del punto de hielo o de cualquier otro punto único apropiado a los seis meses de su primera utilización y, posteriormente, cada año.

Si se emplean termopares, por ejemplo para comprobar la temperatura de las estufas, se deben calibrar con un termopar de referencia, un termómetro de resistencia de platino de referencia o un termómetro de vidrio de columna líquida de referencia, al menos una vez al año.

### 5.2.3.5 Instrumentos de medida dimensionales

Las reglas de acero se deben comprobar antes de su utilización en cuanto a legibilidad de las divisiones y al desgaste de sus extremos, al menos una vez al año.

Los calibres y los micrómetros se deben calibrar al menos una vez al año, con bloques patrón longitudinales de referencia y con calibres anulares, si es apropiado.

Los comparadores de reloj se deben calibrar al menos una vez al año, con un dispositivo micrométrico calibrado, o en un marco comparador utilizando bloques de calibre o barras de longitud.

### 5.2.3.6 Temporizadores

Los dispositivos de temporización, tales como cronómetros y cronógrafos, se deben calibrar a  $600 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$ , al menos una vez al año.

### 5.2.3.7 Instrumentos de vidrio volumétricos

La capacidad de los instrumentos de vidrio volumétricos se debe comprobar pesando el volumen de agua hervida o sin aire contenida o dispensada por el recipiente, a una temperatura medida. Se debe utilizar una balanza calibrada y las tablas de corrección de temperatura de la Norma ISO 4788. Los instrumentos de vidrio volumétricos se deben volver a comprobar según un programa periódico, al menos una vez cada cinco años.

### 5.2.3.8 Hidrómetros de densidad

Los hidrómetros de densidad se deben calibrar antes de la primera utilización, y recalibrar o sustituir a intervalos que no superen cinco años.

## 5.2.4 Comprobación de otros instrumentos

### 5.2.4.1 Generalidades

La comprobación de rutina de otros instrumentos se debe realizar a intervalos basados en el uso del instrumento y en el análisis de datos de comprobaciones documentadas para garantizar que se mantiene la precisión requerida entre comprobaciones. Por conveniencia, los intervalos de comprobación para los instrumentos indicados en los apartados 5.2.4.2 a 5.2.4.11 se resumen en la tabla 4.

El intervalo de tiempo entre comprobaciones se puede reducir o ampliar, dependiendo de la estabilidad de los resultados.

**Tabla 4 – Intervalos de comprobación para otros instrumentos**

<b>Parámetro del instrumento</b>	<b>Intervalo de verificación</b>
Ajuste de la temperatura de la estufa	1 año
Control del baño de temperatura constante	1 año
Tamices de ensayo de chapa perforada	2 años, además de la inspección visual antes de cada utilización
Tamices de ensayo de tela metálica	1 año, además de la inspección visual antes de cada utilización
Tamices de barras	2 años
Diámetro y masa de las bolas de acero	Dependiendo de la frecuencia de utilización
Probetas cilíndricas graduadas y pistón tarado para el ensayo del equivalente de arena	1 año
Dimensiones y masas de moldes y tambores	Dependiendo de la frecuencia de utilización
Velocidad de rotación o de oscilación de los agitadores de botellas oscilantes y rotatorios	1 año
Velocidad de rotación de las máquinas giratorias	1 año
Frecuencia de vibración de las máquinas vibradoras	1 año
Manómetros y sondas de presión	1 año

Cuando se sospeche un cambio en la precisión de un instrumento, o cuando un instrumento haya sido manejado de forma incorrecta, reparado, desmontado, ajustado o sometido a una revisión general, se debe recalibrar antes de ser utilizado de nuevo.

#### 5.2.4.2 Estufas

El perfil de temperaturas de una estufa vacía se debe comprobar antes de su primera utilización y después de cada reparación importante o sustitución de los elementos calefactores y/o del termostato.

La temperatura de regulación en el punto central del espacio interior utilizable de la estufa vacía se debe comprobar al menos una vez al año con un dispositivo calibrado de medición de temperatura.

NOTA El procedimiento descrito a continuación es adecuado para verificar el perfil de temperatura de la estufa, pero se pueden utilizar otros métodos siempre que se pueda demostrar que se pueden obtener datos con una precisión adecuada. Para medir el perfil de temperatura en el espacio interior utilizable de la estufa se deberían emplear ocho dispositivos calibrados de medición de la temperatura, junto con el dispositivo para el punto central. Cuatro se deberían colocar en el tercio superior del espacio interior de la estufa y otros cuatro se deberían colocar en el tercio inferior. Cada uno de los ocho dispositivos calibrados de medición de temperatura se debería situar con una separación mínima de 75 mm de los lados de la cámara de la estufa. La temperatura registrada por cada uno de los ocho dispositivos debería estar en el rango  $\pm 5$  °C de la temperatura de regulación medida en el punto central del espacio interior utilizable de la estufa.

#### 5.2.4.3 Baños a temperatura constante

Los baños de agua a temperatura constante se deben comprobar al menos una vez al año, utilizando un termómetro de inmersión calibrado en varios puntos de la superficie de trabajo del baño, y observando la temperatura cuando se estabiliza.

NOTA Para una temperatura ambiente uniforme determinada, el control de temperatura del agua se puede calibrar a varias temperaturas del agua, repitiendo el procedimiento para un rango de valores.

#### 5.2.4.4 Tamices de ensayo

##### 5.2.4.4.1 Comprobaciones visuales

El operador debe comprobar todos los tamices antes de cada utilización. Se debe realizar una comprobación visual detallada del estado de cada tamiz a intervalos regulares, en función de las condiciones de utilización.

Las comprobaciones visuales deben identificar cualquier daño, desgaste por abrasión u obstrucciones que puedan afectar a la funcionalidad de los tamices. En caso de duda, se debe realizar una comprobación de funcionalidad o de dimensiones, según sea apropiado, antes de continuar con su utilización.

Los tamices de ensayo que no superen las comprobaciones visuales se deben marcar claramente como defectuosos, y se deben desechar o bien emplear como tamices de reserva cuando sea apropiado.

##### 5.2.4.4.2 Tamices de ensayo de chapa perforada

Las aberturas de los tamices de ensayo de chapa perforada se deben comprobar al menos una vez cada dos años, o con más frecuencia dependiendo de la utilización, de acuerdo con uno de los procedimientos siguientes:

- por medición, de acuerdo con la Norma ISO 3310-2 (método de referencia);
- por comprobación del funcionamiento, de acuerdo con el método descrito en el anexo A;
- por el método del calibre de comprobación, de acuerdo con el anexo B.

En caso de duda se debe utilizar el método de referencia.

NOTA También se pueden utilizar métodos ópticos como métodos de examen.

##### 5.2.4.4.3 Tamices de ensayo de tela metálica

Las aberturas de los tamices de ensayo de tela metálica se deben comprobar al menos una vez al año, y con más frecuencia según la utilización, de acuerdo con uno de los procedimientos siguientes:

- por medición, de acuerdo con la Norma ISO 3310-1;

- por comprobación del funcionamiento, de acuerdo con el método descrito en el anexo A.

NOTA También se pueden utilizar métodos ópticos como métodos de examen.

#### **5.2.4.4.4 Tamices de barras**

La anchura de las aberturas de los tamices de barras se debe comprobar al menos una vez cada dos años, utilizando una galga calibrada o un calibre calibrado.

#### **5.2.4.5 Moldes y tambores**

Cuando sea aplicable, los elementos del equipo tales como moldes, se deben comprobar determinando sus dimensiones esenciales y su masa. Estas determinaciones se deben realizar antes de la primera utilización de los elementos y se debe repetir a intervalos determinados de tiempo, en función de la frecuencia de utilización, para comprobar el desgaste de dichos elementos. Cuando la variación debida al desgaste supere las tolerancias de trabajo admisibles, el elemento no se debe utilizar.

#### **5.2.4.6 Bolas de acero**

Cuando sea aplicable, las bolas de acero se deben comprobar utilizando instrumentos calibrados para determinar la masa y el diámetro. Estas determinaciones se deben realizar antes de la primera utilización de los elementos y se debe repetir a intervalos determinados de tiempo, en función de la frecuencia de utilización, para comprobar el desgaste de dichos elementos. Cuando la variación debida al desgaste supere las tolerancias de trabajo admisibles, el elemento no se debe utilizar.

#### **5.2.4.7 Probetas cilíndricas graduadas y pistón tarado para el ensayo del equivalente de arena**

Las probetas graduadas se deben comprobar al menos una vez al año, de acuerdo con los requisitos establecidos en la Norma EN 933-8, en cuanto al diámetro interior, la altura de la probeta y la altura de las dos marcas, utilizando un instrumento calibrado. El conjunto del pistón tarado de ensayo se tiene que comprobar utilizando instrumentos calibrados, al menos cada año, para determinar la altura de la varilla, el diámetro de la pieza de extremo, el espesor del disco y la masa del cabezal del pistón sin contar el disco.

#### **5.2.4.8 Agitadores de botellas oscilantes y rotatorios**

La velocidad de oscilación o de rotación de las máquinas utilizadas para la agitación o rotación de botellas y tarros de gas, se debe comprobar al menos una vez al año, utilizando un instrumento calibrado, y con el agitador o el rodillo totalmente cargados.

#### **5.2.4.9 Máquinas giratorias**

Cuando la velocidad de rotación de un elemento de la máquina sea crítica para el método de ensayo la velocidad, expresada en revoluciones por minuto (r/min) o en el régimen equivalente, la velocidad se debe comprobar al menos una vez al año utilizando un instrumento calibrado, tal como un tacómetro. Durante el procedimiento de comprobación, la máquina debe estar cargada normalmente.

#### **5.2.4.10 Máquinas vibradoras**

Cuando la frecuencia de vibración de un elemento de la máquina sea crítica para el método de ensayo, la frecuencia se debe comprobar al menos una vez al año utilizando un instrumento calibrado. Durante el procedimiento de comprobación, la máquina debe estar cargada normalmente.

#### **5.2.4.11 Manómetros y sondas de presión**

Los manómetros y las sondas de presión se deben comprobar al menos una vez al año utilizando una sonda de referencia o un manómetro de mercurio, a condición de que éste último esté calibrado y tenga trazabilidad a los patrones nacionales.

## 6 REACTIVOS

### 6.1 Agua destilada

Cuando se necesite agua destilada, ésta se debe obtener por destilación o mediante el empleo de equipos de desionización. El agua destilada o desionizada debe cumplir los requisitos siguientes:

- a) contenido de residuos no volátiles, no superior a 5 mg/l;
- b) valor pH, no inferior a 5,0, ni superior a 7,5.

### 6.2 Reactivos químicos

Los reactivos químicos deben ser del grado de calidad para análisis, por ejemplo reactivos de calidad AR (de acuerdo con las Normas ISO 6353-2 e ISO 6353-3).

NOTA Se pueden utilizar reactivos químicos de otras calidades distintas a la AR, cuando lo permita el método de ensayo empleado.

## ANEXO A (Normativo)

## MÉTODO PARA COMPROBAR EL RENDIMIENTO DE LOS TAMICES

Para cada tamaño de abertura del tamiz a comprobar, se debe utilizar una muestra de comprobación de la funcionalidad. Esta muestra debe ser de granulometría uniforme y además debe ser conforme con la tabla A.1.

**Tabla A.1 – Granulometría de la muestra para la comprobación de la funcionalidad de tamices de ensayo con un tamaño de abertura igual a  $d$  mm**

Tamaño de las aberturas del tamiz de ensayo (mm)	Porcentaje que pasa
$2d$ o el tamaño más próximo por encima de $2d$ de la serie de valores dados en la Norma EN 933-2, si $2d$ no se corresponde con ningún valor real de la serie	100
$D$	40 a 60
$0,5d$ o el tamaño más próximo por debajo de $0,5d$ de la serie de valores dados en la Norma EN 933-2, si $0,5d$ no se corresponde con ningún valor de la serie <sup>a</sup>	0 a 5
<sup>a</sup> El requisito del tamaño de abertura del tamiz de ensayo $0,5d$ no se debe aplicar si $0,5d$ es menor de $63\ \mu\text{m}$ .	

La masa total de la muestra para la comprobación de la funcionalidad no debe ser menor del 50% ni mayor del 100% de la masa retenida máxima especificada en la Norma EN 933-1 para el tamaño de abertura " $d$ " del tamiz.

Cada tamaño de tamiz de trabajo debe tener asociado un tamiz de referencia del mismo tamaño de aberturas. Este tamiz de referencia no debe haber sido utilizado previamente para ningún otro empleo y se debe conservar para ser utilizado exclusivamente como tamiz de referencia hasta su sustitución. Se debe sustituir después de 200 usos o cuando se sospeche que su precisión ha variado.

El procedimiento para la comprobación de la funcionalidad (véase la NOTA 1) se debe realizar antes de la primera utilización del tamiz de trabajo. El procedimiento de comprobación debe consistir en el tamizado en seco de la muestra para la comprobación de la funcionalidad sucesivamente sobre cada tamiz, el de referencia y el de trabajo, empleando métodos idénticos hasta que el material retenido no cambie en más del 1,0% durante 1 minuto de esta operación de tamizado. Se calcula la diferencia entre el porcentaje de masa que pasa el tamiz de trabajo ( $P_W$ ) y el porcentaje de masa que pasa el tamiz de referencia ( $P_M$ ), y se registra este valor.  $\Delta$  es el valor de esta diferencia antes de la primera utilización del tamiz de trabajo.

Transcurrido un intervalo adecuado se debe repetir el procedimiento de comprobación de la funcionalidad empleando otras muestras de comprobación de la funcionalidad (véase la NOTA 3). Si el valor de la diferencia ( $P_W - P_M$ ) difiere en más de cinco cuando se compara con el valor ( $\Delta$ ) registrado antes de la primera utilización, se debe considerar que el tamiz de trabajo no ha superado el procedimiento de comprobación de la funcionalidad (véase el ejemplo en la figura A.1).

Para los tamices de trabajo que hayan sido utilizados antes del momento de su primera comprobación de funcionalidad, se debe considerar que su funcionalidad es equivalente a la de su primera utilización si el valor de la diferencia no es superior a cinco en la primera comprobación.



Los tamices de ensayo que no superen la comprobación se deben marcar claramente como tales, y se deben desechar o utilizar como tamices de reserva, cuando sea apropiado.

Cuando se disponga de "muestras de referencia" adecuadamente certificadas de conformidad con los requisitos de las muestras de comprobación de la funcionalidad, el procedimiento de comprobación de la funcionalidad debe realizarse de acuerdo con las instrucciones de utilización del material de referencia certificado, no siendo necesario utilizar tamices de referencia. En caso de litigio, se utiliza una de los procedimientos descritos en el apartado 5.2.4.4.2 (para tamices de ensayo de chapa) o 5.2.4.4.3 (para tamices de ensayo de tela metálica).

NOTA 1 El procedimiento de comprobación de la funcionalidad establece la diferencia entre un tamiz de trabajo y un tamiz de referencia. El procedimiento comprueba la tasa de desgaste del tamiz de trabajo con una precisión que es coherente con los ensayos en los que se utiliza.

NOTA 2 Siempre que se tomen las medidas adecuadas para controlar la degradación y la pérdida de partículas de la muestra para la comprobación de la funcionalidad, los valores del porcentaje de masa que pasa a través del tamiz de referencia se pueden utilizar para compararlos con el porcentaje de masa que pasa por un número de tamices de trabajo que tengan el mismo tamaño de aberturas.

NOTA 3 La muestra para la comprobación de la funcionalidad se debe conservar para un uso posterior, a condición de que toda pérdida de partículas se limite a menos del 0,5% de la masa total y que la degradación esté controlada.

**ANEXO B (Normativo)****PROCEDIMIENTO PARA LA COMPROBACIÓN MANUAL DE LAS ABERTURAS DE LOS TAMICES DE ENSAYO DE CHAPA PERFORADA****B.1 Equipo para la comprobación manual de las aberturas de los tamices de ensayo de chapa perforada**

Calibres de referencia como se describen en la figura B.1, con sus dimensiones de acuerdo con la tabla B.1. El espesor del calibre debe ser igual a la mitad de la anchura de la abertura del tamiz correspondiente, con un valor máximo de 20 mm.

**B.2 Calibración de los calibres de comprobación del tamiz**

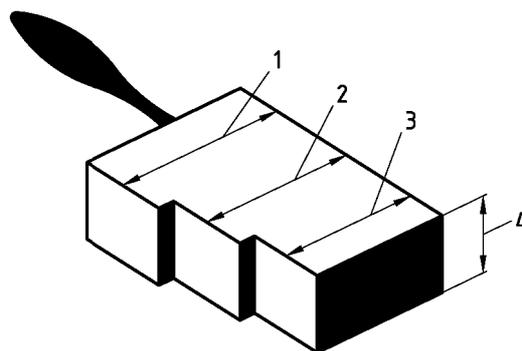
Los calibres de comprobación de los tamices se deben recalibrar a intervalos de cinco años. Se deben realizar comprobaciones intermedias a intervalos de tiempo basados en el uso.

**B.3 Procedimiento de ensayo**

Se limpia el tamiz de chapa a ensayar y mediante el calibre de referencia se comprueban en primer lugar las aberturas que se vean dañadas. Además, se comprueban las aberturas siguientes:

- |   |   |
|---|---|
| Tamices con aberturas de 4 mm a 22,4 mm:  | 2 × 15 aberturas en dos direcciones diferentes sobre la chapa del tamiz.                                      |
| Tamices con aberturas mayores de 22,4 mm: | todas las aberturas (máx. 25 para tamices de diámetro > 200 mm) en dos direcciones, la longitud y la anchura. |

Un tamiz se rechaza cuando al menos una abertura está dañada, por ejemplo la abertura es demasiado pequeña o demasiado grande comparada con los valores umbrales mínimo/máximo dados en la tabla B.1. Una abertura de un tamiz es demasiado pequeña cuando la anchura mínima del calibre correspondiente no entra en ella. Una abertura de un tamiz es demasiado grande cuando la anchura máxima del calibre correspondiente entra en ella.



- Leyenda
- 1 Anchura máxima
  - 2 Anchura nominal
  - 3 Anchura mínima
  - 4 Espesor

**Figura B.1 – Calibre de referencia**

Tabla B.1 – Tamaños de tamiz y dimensiones correspondientes de los calibres de referencia

Dimensiones y tolerancias en milímetros

Tamaño nominal de la abertura <i>A</i>	Tolerancia del tamaño individual de la abertura (±) <i>B</i>	Tamaño de la abertura		Dimensiones del calibre			
		mínimo <i>C = (A-B)</i>	máximo <i>D = (A+B)</i>	Anchura mínima <sup>a</sup>		Anchura máxima <sup>a</sup>	
				mínimo <i>C-(0,2 × B)</i>	máximo <i>C+(0,2 × B)</i>	mínimo <i>D-(0,2 × B)</i>	máximo <i>D+(0,2 × B)</i>
125	1	124	126	123,80	124,20	125,80	126,20
112	0,95	111,05	112,95	110,86	111,24	112,76	113,14
106	0,9	105,1	106,9	104,92	105,28	106,72	107,08
100	0,85	99,15	100,85	98,98	99,32	100,68	101,02
90	0,8	89,2	90,8	89,04	89,36	90,64	90,96
80	0,7	79,3	80,7	79,16	79,44	80,56	80,84
75	0,7	74,3	75,7	74,16	74,44	75,56	75,84
71	0,65	70,35	71,65	70,22	70,48	71,52	71,78
63	0,6	62,4	63,6	62,28	62,52	63,48	63,72
56	0,55	55,45	56,55	55,34	55,56	56,44	56,66
53	0,55	52,45	53,55	52,34	52,56	53,44	53,66
50	0,55	49,45	50,55	49,34	49,56	50,44	50,66
45	0,5	44,5	45,5	44,40	44,60	45,40	45,60
40	0,45	39,55	40,45	39,46	39,64	40,36	40,54
37,5	0,45	37,05	37,95	36,96	37,14	37,86	38,04
35,5	0,4	35,1	35,9	35,02	35,18	35,82	35,98
31,5	0,4	31,1	31,9	31,02	31,18	31,82	31,98
28	0,35	27,65	28,35	27,58	27,72	28,28	28,42
26,5	0,35	26,15	26,85	26,08	26,22	26,78	26,92
25	0,35	24,65	25,35	24,58	24,72	25,28	25,42
22,4	0,3	22,1	22,7	22,04	22,16	22,64	22,76
20	0,3	19,7	20,3	19,64	19,76	20,24	20,36
19	0,29	18,71	19,29	18,65	18,77	19,23	19,35
18	0,28	17,72	18,28	17,66	17,78	18,22	18,34
16	0,27	15,73	16,27	15,68	15,78	16,22	16,32
14	0,26	13,74	14,26	13,69	13,79	14,21	14,31
13,2	0,25	12,95	13,45	12,90	13,00	13,40	13,50
12,5	0,24	12,26	12,74	12,21	12,31	12,69	12,79
11,2	0,23	10,97	11,43	10,92	11,02	11,38	11,48
10	0,21	9,79	10,21	9,75	9,83	10,17	10,25
9,5	0,21	9,29	9,71	9,25	9,33	9,67	9,75
9	0,2	8,8	9,2	8,76	8,84	9,16	9,24
8	0,19	7,81	8,19	7,77	7,85	8,15	8,23
7,1	0,18	6,92	7,28	6,88	6,96	7,24	7,32
6,7	0,17	6,53	6,87	6,50	6,56	6,84	6,90
6,3	0,17	6,13	6,47	6,10	6,16	6,44	6,50
5,6	0,15	5,45	5,75	5,42	5,48	5,72	5,78
5	0,14	4,86	5,14	4,83	4,89	5,11	5,17
4,75	0,14	4,61	4,89	4,58	4,64	4,86	4,92
4,5	0,14	4,36	4,64	4,33	4,39	4,61	4,67
4	0,13	3,87	4,13	3,84	3,90	4,10	4,16

<sup>a</sup> Véase la figura B.1.

## ANEXO C (Informativo)

## BALANZAS RECOMENDADAS PARA DIVERSOS MÉTODOS DE ENSAYO NORMALIZADOS

Norma	Rango de pesada	Intervalo de escala real requerido <sup>a</sup>	Comentarios	Categoría de balanza recomendada <sup>c</sup>
EN 933-1	20 g/80 kg		Masa de la porción de ensayo, $m$ : $m \leq 1$ kg $1 \text{ kg} \leq m \leq 10$ kg $m \geq 10$ kg	2 a 4 3 a 5 4 a 6
EN 933-3	200 g/80 kg			
EN 933-4	100 g/45 kg			
EN 933-5	100 g/45 kg			
EN 933-6	1 kg/10 kg			
EN 933-7	100 g/45 kg			
EN 933-8	10 g/500 g	0,5 g	Preparación de la solución	2 a 4
	- / 120 g	1 g	Porción de ensayo	2 a 5
	EN 933-9	- / 200 g	1 g	
EN 933-9	- / 30 g	0,1 g	MBF sobre 0/0,125 mm	2 a 4
	- / 5 g	0,01 g	Preparación de la solución	1 a 3
	EN 933-10	- / 50 g	0,1 g	
EN 933-11	- /100 kg	0.1 g		Masa de la porción de ensayo, $m$ : $m \leq 1$ kg                    2 a 4 $1 \text{ kg} \leq m \leq 10$ kg        3 a 4 $m \geq 10$ kg                    4
EN 1097-1	- / 500 g	2 g	Árido grueso	2 a 6
	- / 10 kg	5 g	Balasto para vías férreas	3 a 6
EN 1097-2	- / 5 kg		Áridos gruesos LA	
	- / 10 kg		Balasto LA	
EN 1097-2	- / 5 kg	0,5 g	Valor de impacto	3 a 4
	EN 1097-3	1 kg / 45 kg <sup>b</sup>	0,063/D	Véase la Norma EN 933-1 anterior
EN 1097-3	- / 100 g	0,01 g	Filler en queroseno	1 a 3
EN 1097-4	- / 600 g <sup>b</sup>	0,01 g		2 a 3
EN 1097-5	200 g / 13 kg			Véase la Norma EN 933-1 anterior
EN 1097-6	7 kg / 15 kg		Capítulo 7	
	1 kg / 5 kg		Capítulo 8	
	- / 1 kg		Capítulo 9	
EN 1097-6	250 g / 1,5 kg		Anexo A	
EN 1097-7	- / 50g	0,001 g	Porción de ensayo	1 a 2
	50 g <sup>b</sup> / 150 g <sup>b</sup>	0,0001 g	Calibración con picnómetro	1
EN 1097-8	- / 2.5 kg	0,1 g	AAV	3 a 4
EN 1097-9	1 kg / 10 kg			3 a 5
EN 1097-10	250 g <sup>b</sup> / 28 kg <sup>b</sup>	0,1 g	Porción de ensayo	2 a 4
	10 g / 100 g	0,01 g	Reactivo	1 a 3
EN 1367-1	1 kg / 6 kg	0,1 g		3 a 4
EN 1367-2	0 / 2 kg	0,1 g		3
EN 1367-3	1 kg / 4 kg			3 a 5
EN 1367-4	- / 5 kg			
EN 1367-5	- / 5 kg	0,5 g		3 a 4
EN 1744-1	0 / 10 kg	1 g		3 a 5
	0 / 1 kg	0,01 g		2 a 3
	0 / 100 g	0,0001 g		1
EN 1744-3	- / 2 kg	0,1 g		3 a 4
EN 1744-4	0 / 2 kg	0,1 g		
EN 1744-4	0 / 100 g <sup>b</sup>	0,001 g		1 a 2
	EN 1744-5	0 / 100 g	0,0001 g	1

<sup>a</sup> 0,1% de la masa de la porción de ensayo, salvo que se indique otra cosa.

<sup>b</sup> Valor estimado.

<sup>c</sup> Véase la tabla 1.

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] EN ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories* (ISO/IEC 17025:2005)
- [2] VIM – International vocabulary of basic and general terms in metrology, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML
- [3] International Organisation for Legal Metrology (OIML) (2004), Internal Recommendation No 111, *Weights of Accuracy, classes E1, E2, F1, F2, M1, M2, M3.*
- [4] International Organisation for Legal Metrology (OIML) (2006), Internal Recommendation No R 76-1, *Non-automatic weighing instruments. Part 1: Metrological and technical requirements. Tests.*

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Génova, 6  
28004 MADRID-España

[info@aenor.es](mailto:info@aenor.es)  
[www.aenor.es](http://www.aenor.es)

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 032

Septiembre 2014

### TÍTULO

**Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos**

**Parte 5: Equipo común y calibración**

*Tests for general properties of aggregates. Part 5: Common equipment and calibration.*

*Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats. Partie 5: Equipements communs et étalonnage.*

### CORRESPONDENCIA

Este erratum es la versión oficial, en español, del Erratum Europeo EN 932-5:2012/AC:2014 que ha sido aprobado con fecha 2014-05-28.

### OBSERVACIONES

Este erratum modifica a la Norma UNE-EN 932-5:2012.

### ANTECEDENTES

Este erratum ha sido elaborado por el comité técnico AEN/CTN 146 *Áridos* cuya Secretaría desempeña Federación de Áridos – FdA.

## 1 Modificación al anexo A (normativo), Método para comprobar la funcionalidad de los tamices

*Bajo la figura A.1, sobre el título de la propia figura, se inserta el texto siguiente:*

### Leyenda

- X Tiempo
- Y Diferencia ( $P_W - P_M$ ) (% en masa)
- 1 Primera comprobación del comportamiento ( $P_W - P_M = \Delta$ )
- 2 Segunda comprobación del comportamiento
- 3 n-esima comprobación del comportamiento ( $P_W - P_M > \Delta + 5$ , por tanto el tamiz de trabajo no pasa la comprobación del comportamiento)
- 4 Rango sobre el que el tamiz de trabajo pasa la comprobación del comportamiento

Enero 2008

## TÍTULO

Áridos

Designación

*Aggregates. Designation.*

*Granulats. Designation.*

## CORRESPONDENCIA

## OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 146901:2002.

## ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 146 *Áridos* cuya Secretaría desempeña la Federación de Áridos – FdA.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 802:2008

© AENOR 2008  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00  
Fax 91 310 40 32

7 Páginas

**Grupo 4**



## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma tiene por objeto definir el procedimiento a seguir para la identificación (designación) de los áridos utilizados en las distintas aplicaciones.

Esta designación se utilizará tanto para la ejecución de estructuras de áridos de cualquier clase como en la fabricación de productos de la construcción.

La misma nomenclatura o código se utilizará tanto si los productos destinados a la fabricación de productos de la construcción han de sufrir alguna transformación previa como si se han de utilizar en su estado primitivo.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Los documentos que se citan a continuación son indispensables para la aplicación de esta norma. Únicamente es aplicable la edición de aquellos documentos que aparecen con fecha de publicación. Por el contrario, se aplicará la última edición (incluyendo cualquier modificación que existiera) de aquellos documentos que se encuentran referenciados sin fecha.

UNE-EN 12620:2003 *Áridos para hormigón.*

UNE-EN 13043:2003 *Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas.*

UNE-EN 13055-1:2003 *Áridos ligeros. Parte 1: Áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado.*

UNE-EN 13055-2:2005 *Áridos ligeros. Parte 2: Áridos ligeros para mezclas bituminosas, tratamientos superficiales y aplicaciones en capas tratadas y no tratadas.*

UNE-EN 13139:2003 *Áridos para morteros.*

UNE-EN 13242:2003 *Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.*

UNE-EN 13383-1:2003 *Escolleras. Parte 1: Especificaciones.*

UNE-EN 13450: 2003 *Áridos para balasto.*

## 3 DEFINICIONES

En el contexto de esta norma, además de las definiciones de las Normas referidas en el capítulo 2, es de aplicación la siguiente definición:

### 3.1 fracción granulométrica d/D:

Es la fracción de un árido definida por su tamaño mínimo  $d$  y su tamaño máximo  $D$ . El tamaño mínimo puede ser cero.

La definición de los parámetros “ $D$ ” y “ $d$ ” se establece en las normas para consulta del capítulo 2, según la aplicación que corresponda.

## 4 CÓDIGO DE DESIGNACIÓN NORMALIZADA

El árido que se trate de definir será designado por los campos de identificación que figuran en la tabla 1.

**Tabla 1 – Campos de identificación**

<b>GRUPO (opcional)</b>	<b>Fracción granulométrica</b>	<b>Forma de presentación</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Lavado (opcional)</b>
GR	d/D	F	N	L

donde

GR: Grupo. Puede ser cualquiera de las designaciones que figuran en la tabla A.1 del anexo A.

d/D: Fracción granulométrica. Para su designación se utilizará una de las series de tamices conforme a la tabla A.2 del anexo A y únicamente por la parte entera del número que caracteriza a los tamices nominales correspondientes.

F: Forma de presentación. Puede ser cualquier forma de las que figuran en la tabla A.3 del anexo A.

N: Naturaleza. Puede ser cualquiera de las designaciones que figuran en la tabla A.4 del anexo A.

L: Lavado. Su designación se realizará conforme a la tabla A.5 del anexo A.

El código de designación será:

**GR – d/D – F – N – L**

Donde las referencias al grupo (GR) y al lavado (L) son opcionales.

Ejemplo 1 Árido fino mezcla, de fracción granulométrica 2 mm - 4 mm, de naturaleza caliza y lavado, se designará como:

**AF – 2/4 – M – C – L**

Ejemplo 2 Árido grueso triturado, de fracción granulométrica 12 mm - 20 mm, de naturaleza silícea, no lavado, se designará como:

**AG – 12/20 – T – S**

**ANEXO A (Normativo)**  
**CAMPOS DE IDENTIFICACIÓN**

**Tabla A.1 – Grupo (opcional)**

<b>GRUPO</b>	
<b>GR</b>	
<b>Filler</b>	} – <b>PM</b>
<b>Polvo Mineral</b>	
<b>Finos</b>	– <b>FN</b>
<b>Árido Fino</b>	– <b>AF</b>
<b>Árido Grueso</b>	– <b>AG</b>

**Tabla A.2 – Series de tamices para definir los tamaños mínimo y máximo de la fracción granulométrica d/D**

<b>FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>		
<b>d/D</b>		
<b>Tamaños nominales</b>		
<b>Serie Básica mm</b>	<b>Serie Básica + Serie 1 mm</b>	<b>Serie Básica + Serie 2 mm</b>
0	0	0
0,063	0,063	0,063
0,125	0,125	0,125
0,250	0,250	0,250
0,500	0,500	0,500
1	1	1
2	2	2
4	4	4
	5,6 (5)	
		6,3 (6)
8	8	8
		10
	11,2 (11)	
		12,5 (12)
		14
16	16	16
		20
	22,4 (22)	
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
		40
	45	
	56	
63	63	63
		80
	90	

NOTA 1 Para aplicaciones específicas se pueden emplear tamaños de tamiz superiores a 90 mm.

NOTA 2 Se emplearán los tamaños redondeados entre paréntesis para su designación.

**Tabla A.3 – Forma de presentación**

<b>FORMA DE PRESENTACIÓN</b>	
<b>F</b>	
<b>Rodado .....</b>	<b>R</b>
<b>Triturado (de machaqueo).....</b>	<b>T</b>
<b>Mezcla .....</b>	<b>M</b>

**Tabla A.4 – Naturaleza**

<b>Naturaleza<sup>1)</sup></b>	
<b>N</b>	
Calizo	C
Siliceo	S
Granito	G
Ofita	O
Basalto	B
Dolomítico	D
Traquita	Q
Fonolita	I
Otros <sup>2)</sup>	V
Artificial <sup>3)</sup>	A
Reciclado <sup>3)</sup>	R

1) En el caso de áridos poligénicos, la naturaleza se puede designar por más de un carácter.  
 2) Otras naturalezas de áridos no habituales (por ejemplo: anfibolita, gneis,...).  
 3) Cuando sea posible se ha de indicar su procedencia.

**Tabla A.5 – Lavado (opcional)**

<b>Lavado</b>	
<b>L</b>	
<b>Lavado</b>	<b>L</b>
<b>No lavado</b>	<b>(En blanco)</b>

---

---

# **AENOR** Asociación Española de Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32