

# LABWASTE.12: Herramienta de cálculo para el diseño de vertederos de residuos con valorización de residuos inertes

Joan Esteban Altabella  
Francisco J. Colomer

# LABWASTE.12: Herramienta de cálculo para el diseño de vertederos de residuos con valorización de residuos inertes

Joan Esteban Altabella  
Francisco J. Colomer Mendoza



UNIVERSITAT  
JAUME I

DEPARTAMENT D'ENGINYERIA MECÀNICA  
I DE CONSTRUCCIÓ

■ Codi d'assignatura SIV014  
SIV017

Edita: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions  
Campus del Riu Sec. Edifici Rectorat i Serveis Centrals. 12071 Castelló de la Plana  
<http://www.tenda.uji.es> e-mail: [publicacions@uji.es](mailto:publicacions@uji.es)

© Compilació de totes les pràctiques i referències: Arcia Aguirre  
Col·lecció Sapientia 88  
[www.sapientia.uji.es](http://www.sapientia.uji.es)  
Primera edició, 2013

ISBN: 978-84-695-8870-3



Publicacions de la Universitat Jaume I és una editorial membre de l'UNE,  
cosa que en garanteix la difusió de les obres en els àmbits nacional i inter-  
nacional. [www.une.es](http://www.une.es)



Reconeixement-CompartirIgual  
CC BY-SA

Aquest text està subjecte a una llicència Reconeixement-CompartirIgual de Creative Commons, que permet copiar, distribuir i comunicar públicament l'obra sempre que s'especifique l'autor i el nom de la publicació fins i tot amb objectius comercials i també permet crear obres derivades, sempre que siguin distribuïdes amb aquesta mateixa llicència.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

# ÍNDICE

Agradecimientos .....	5
Capítulo 0. Introducción .....	7
Antecedentes .....	9
Justificación y objetivos .....	10
Herramienta: LABWASTE.12 ( <i>Descarga de la herramienta</i> ) .....	11
Esquema de vertedero tipo (EVT) .....	14
Capítulo I. Datos generales .....	15
Datos generales del vertedero (DGVE) .....	17
Datos climáticos (DCO) .....	22
Datos generales de la planta de valorización RCD (DGPV) .....	25
Datos generales de la planta de cantera (DGPC) .....	28
Datos generales de transporte (DGT) .....	31
Datos de viabilidad económica (DVE) .....	32
Datos generales de los tipos de áridos utilizados (DGTAU) .....	34
Capítulo II. Vaso .....	37
Datos generales del vaso (DGVA) .....	39
Datos áridos del vaso (DAV) .....	45
Datos características del vaso (DCV) .....	45
Datos económicos del vaso (DEV) .....	49
Capítulo III. Diques .....	53
Datos generales dique de fondo (DGDF) .....	55
Datos generales dique balsa de pluviales (DGDBP) .....	59
Datos generales dique balsa de lixiviados (DGDBL) .....	62
Datos estabilidad de taludes (DET) .....	64
Datos áridos de los diques (DAD) .....	67
Datos características de los diques (DCD) .....	68
Datos económicos de los diques (DED) .....	70
Capítulo IV. Celdas unitarias .....	73
Datos generales de las celdas unitarias (DGPU) .....	75
Datos áridos celda unitaria (DACU) .....	82
Datos características celda unitaria (DCCU) .....	83
Datos económicos celda unitaria (DECU) .....	87

Capítulo V. Pluviales .....	89
Datos generales canal perimetral recogida de pluviales (DGCPP) .....	91
Datos generales cuneta interna recogida de pluviales (DGCIPI) .....	101
Datos generales balsa de pluviales (DGBP) .....	113
Datos áridos recogida de pluviales (DARP) .....	123
Datos características recogida de pluviales (DCRP) .....	123
Datos económicos de recogida de pluviales (DERP) .....	125
Capítulo VI. Lixiviados .....	127
Datos generales recogida de lixiviados (DGRI) .....	129
Datos sistema evacuación de lixiviados (DGEL) .....	138
Datos generales balsa de lixiviados (DGBL) .....	140
Datos áridos recogida de lixiviados (DARI) .....	150
Datos características recogida de lixiviados (DCRI) .....	151
Datos económicos de recogida de lixiviados (DERL) .....	154
Capítulo VII. Biogás .....	157
Datos generales pozos de captación de biogás (DGP CB) .....	159
Datos generales conductos de captación de biogás (DGCCB) .....	165
Datos generales estimación captación de biogás (DGECB) .....	167
Datos áridos pozos de captación de biogás (DAP CB) .....	175
Datos características pozos de captación de biogás (DCPCB) .....	175
Datos económicos de los pozos de captación de biogás (DEPCB) .....	184
Capítulo VIII. Cerramiento .....	187
Datos generales cerramiento (DGC) .....	189
Datos características cerramiento (DCC) .....	191
Datos económicos cerramiento (DEC) .....	191
Capítulo IX. Clausura, sellado e integración .....	193
Datos generales de clausura (DGCL) .....	195
Datos áridos clausura (DAC) .....	199
Datos características de clausura (DCCL) .....	200
Datos económicos de clausura (DECL) .....	203
Capítulo X. Ejemplo de caso aplicado .....	207
Informe general .....	209
Presupuesto .....	224
Análisis de viabilidad económica .....	233
Capítulo XI. Referencias bibliográficas .....	237
Páginas web consultadas y recomendadas .....	240

# Agradecimientos

Agradecer el apoyo recibido a don Juan Esteban Sanchis, que como diseñador gráfico ha colaborado en el desarrollo de la herramienta y de manera muy especial en su diseño, creando así el logo de identificación.

Agradecer al Ministerio de Economía y Competitividad la financiación concedida mediante el proyecto ACI2009-0993 en la modalidad Convocatoria de Ayudas del Programa Nacional de Internacionalización de la I+D. Subprograma de Fomento de la Cooperación Científica Internacional (ACI-PROMOCIONA).

Así mismo, los autores también quieren mostrar agradecimiento a la financiación del proyecto con código P11B2011-34 dentro del marco de PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE LA ACCIÓN 1.1 DE LA CONVOCATORIA DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL PLAN DE PROMOCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSITAT JAUME I-BANCAIXA, con el título «Posibilidades de biometanización a partir de distintos tipos de residuos biodegradables».

# LAB WASTE.12



## CAPÍTULO 0

# Introducción



La herramienta LABWASTE.12 ha sido diseñada para permitir obtener de forma fácil resultados aproximados sobre la estructura de un vertedero. Para ello, se han creado una serie de apartados que han sido denominados como «capítulos» y que corresponden a una división de la estructura global que permite al usuario conocer los componentes principales de un vertedero y los cálculos necesarios para su diseño. El Capítulo 0 se ha creado a modo de índice y tiene como objeto mostrar de forma clara y directa la estructura global de LABWASTE.12.

## Antecedentes

Los planes nacionales y autonómicos de residuos hacen una especial mención a los residuos de construcción y demolición (RCD). De hecho, el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR, 2009) incluye un Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (2008-2015) y a nivel estatal está vigente el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Toda esta normativa establece los requisitos mínimos de su producción y gestión, con objeto de promover su prevención, reutilización, reciclado y valorización. Por otro lado, el Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana (PIR, 2010) describe un déficit en las plantas de tratamiento de RCD, de manera que está previsto construir en el futuro plantas de este tipo que se sumarán a la 7 ya existentes.

Sin embargo, una gran parte de los áridos procedentes del reciclaje de los RCD no tienen salida comercial y tienen que ser depositados en vertederos, sin ninguna utilidad alternativa. Una de las razones principales de la actual problemática, en lo que refiere a la incorporación de los áridos de construcción y demolición en el mercado, es causa directa de su heterogeneidad, que no permite fijar valores exactos en cuanto a sus propiedades se refiere y muchas de las aplicaciones posibles, como las de edificación, son en muchos casos descartadas.

Además, durante estos últimos años, esta problemática se ha visto agravada por la situación económica que atraviesa España, el descenso de las obras en general ha reducido más si cabe la salida de este producto al mercado nacional. En la actualidad, los áridos se acumulan en las plantas de tratamiento de RCD a la espera de encontrar cabida en un mercado que se ha visto gravemente influenciado por esta situación no ofreciéndose, en ningún caso, alternativas que permitan reactivar de nuevo su incorporación y conseguir alcanzar el doble objetivo: reciclar y reducir el impacto ambiental.

Por ello, uno de los aspectos clave para conseguir asegurar la incorporación de estos áridos en el mercado es analizar y asignar unas propiedades características que permitan fijar en una determinada clase de áridos unos valores mínimos y agruparlos como si de un producto homogéneo se tratara. Para ello, es necesario conocer en primer lugar, las propiedades de estos áridos, y, a continuación, detectar aquellas aplicaciones que respondan a un tipo de mercado menos influenciado por situaciones económicas, como sucede actualmente. Una posible aplicación sería su utilización en vertederos con fines constructivos, ya que la mayor parte de los vertederos existentes a nivel nacional hacen uso de áridos que proceden de canteras en la mayor parte de su estructura, utilizando en muchos casos miles de toneladas que podrían ser sustituidas en cantidades equivalentes por áridos procedentes de RCD.

Reciclar y reducir el impacto medioambiental son las finalidades principales de este estudio, y la aplicación de RCD en vertederos permitiría incorporar este producto

de nuevo al mercado y por otra evitaría en gran medida la extracción de áridos procedentes de cantera. Por todo ello, se decide como nueva aplicación a estudiar la posibilidad de utilizar los áridos procedentes de RCD en la construcción, explotación y clausura de vertederos.

## Justificación y objetivos

El objetivo de este estudio es determinar la viabilidad técnica y económica de la utilización de áridos reciclados procedentes de plantas de reciclaje de RCD en la construcción, explotación y clausura de vertederos. Para ello, se analizan sus propiedades y, a continuación, se realiza un análisis técnico y económico que determina las características que permiten obtener un mínimo beneficio, con respecto a la utilización de áridos procedentes de cantera. Las propiedades de los áridos de construcción y demolición pueden determinarse mediante la recepción de analíticas realizadas en plantas de tratamiento de España y es precisamente esta la primera fase del estudio. En lo que respecta a la viabilidad económica, es necesario indicar que esta depende de muchos factores, entre los que cabe destacar el coste de los áridos demandados y su transporte.

Por ello, se establece como segunda fase del estudio la determinación de la demanda de áridos y su transporte, que resulta ser multifactorial, por lo que deben conocerse las características de los factores y cuál es la repercusión que tienen sus variaciones en la viabilidad económica final. Este estudio plantea la creación de una herramienta que tenga en cuenta esta cantidad de factores y que permita simplificar todo aquello que puede considerarse como complejo mediante la determinación de las relaciones matemáticas existentes entre ellos.

La creación de una herramienta de estas características permitirá que al introducir una serie de valores principales sea posible obtener de forma sencilla y aproximada la cantidad de áridos necesaria por unidad de tiempo o por fases, así como la viabilidad económica basada en la utilización de áridos reciclados con respecto a los procedentes directamente de cantera.

Además del estudio de la viabilidad del aprovechamiento de los áridos reciclados para su uso en vertederos, se han estudiado todos los factores y parámetros necesarios para prediseñar dichos vertederos, ya que en prácticamente todas las fases y elementos son necesarios los áridos.

Así pues, en la herramienta presentada se plantea la construcción, explotación y clausura de vertederos a nivel de anteproyecto, de manera que el usuario (empresa constructora, explotadora, administración pública, etc.) pueda conocer de manera aproximada las cantidades de materiales que serán necesarios para la explotación, así como poder hacer un estudio preliminar de los procesos y emisiones que se van a producir durante las fases del ciclo de vida de las instalaciones para el vertido de residuos.

Los cálculos más complejos de la herramienta se pueden realizar aplicando lo siguiente:

- Promedios de las propiedades de los RSU.
- Estudio de caracterización y propiedades de los áridos.
- Correlación estadística entre población y superficie de los vertederos.
- Estudio de la estabilidad de taludes y pre-dimensionamiento.
- Estudio del canal perimetral de evacuación a partir del método de Gumbel para conocer la capacidad del canal y el método de Manning para los cálculos hidráulicos.
- Estudio de la cuneta interna de evacuación a partir del método de Gumbel para conocer la capacidad del canal y el método de Manning para los cálculos hidráulicos.
- Estudio de la impermeabilización del vaso, capas de drenaje y tuberías de evacuación de lixiviados a partir de las directrices que marca la normativa de la UE y de datos históricos de vertederos existentes.
- Estudio de la generación de lixiviados utilizando distintos métodos para este cálculo (método suizo, método suizo modificado, HELP, etc.).
- Estudio del diseño de de las balsas de pluviales, lixiviados y predimensionado a partir de los datos proporcionados en los epígrafes anteriores.
- Estudio de la generación de biogás a partir del Modelo Swana Orden Cero y predimensionamiento de las chimeneas y tuberías de extracción del biogás.
- Estudio preliminar de la posibilidad de aprovechamiento del biogás y de los gases de efecto invernadero evitados a partir de los programas de cálculo de la *Environmental Protection Agency* (EPA) de EE. UU.
- Estudio del cerramiento del vertedero y de las balsas predimensionadas.
- Estudio de la clausura, sellado y re inserción, a partir de la normativa vigente.

Todo ello permite obtener, además de la cantidad de áridos necesarios, la cantidad de georred, geomembrana, geotextil, cerramientos, chimeneas, diques, conductos, etc. y la viabilidad de su utilización y presupuesto.

La memoria del estudio tiene por objeto definir de forma detallada las relaciones matemáticas utilizadas para la creación de la herramienta, permitiendo con ello que el lector de este documento sea siempre consciente del trabajo realizado y comprenda con exactitud las relaciones existentes entre los elementos que conforman el vertedero.

## Herramienta: LABWASTE.12

[⇒ Descarga de la herramienta](#)

La demanda de áridos en un vertedero depende de múltiples variables, por ello, es necesario crear una herramienta que las identifique y permita definir las relaciones existentes.

Para identificar estas variables y establecer las relaciones matemáticas que permiten enlazarlas, es necesario establecer previamente una división por capítulos,

grupos y apartados, de forma que pueda apreciarse fácilmente la relación entre estas y el grado de influencia que poseen con respecto al valor de la demanda final.

La herramienta de cálculo creada al efecto se denomina LABWASTE.12 y su estructura ha sido diseñada siguiendo un orden lógico que permite al usuario calcular la demanda de áridos y comprender fácilmente todo lo referente a diseño, explotación y clausura de vertederos. Además, también proporciona datos sobre otros materiales necesarios en este tipo de instalaciones, como geomembranas, tuberías, geotextiles, etc.

Se trata pues, de una herramienta didáctica y profesional, apta para todo tipo de usuarios. Mediante LABWASTE.12, el usuario debe ir introduciendo datos a medida que va avanzando en los diferentes capítulos, pudiendo en la mayor parte de los casos optar por el dato que aconseja la herramienta o el elegido por el propio usuario. Sin embargo, hay datos que son intrínsecos a las características concretas de un vertedero específico; en este caso debe ser el usuario el que defina esos parámetros. A continuación se presenta el desarrollo de LABWASTE.12 atendiendo su estructura. En primer lugar se realiza una división por capítulos, estableciéndose el siguiente criterio:

<b>Capítulo I</b>	Datos generales
<b>Capítulo II</b>	Vaso
<b>Capítulo III</b>	Diques
<b>Capítulo IV</b>	Celdas unitarias
<b>Capítulo V</b>	Pluviales
<b>Capítulo VI</b>	Lixiviados
<b>Capítulo VII</b>	Biogás
<b>Capítulo VIII</b>	Cerramientos
<b>Capítulo IX</b>	Clausura
<b>Capítulo X</b>	Informe
<b>Capítulo XI</b>	Presupuesto
<b>Capítulo XII</b>	Rentabilidad económica

En segundo lugar, se realiza una división por grupos que permite definir la relación matemática existente entre distintas variables y unificar la información por temáticas.

<b>Capítulo II</b>	Vaso
<b>Grupo I</b>	Datos generales del vaso (DGVA)
<b>Grupo II</b>	Datos áridos del vaso (DAV)
<b>Grupo III</b>	Datos características del vaso (DCV)
<b>Grupo IV</b>	Datos económicos del vaso (DEV)

NOTA: Se indica a modo de ejemplo la estructura correspondiente a los grupos del Capítulo II «Vaso».

En tercer lugar, se realiza una división por apartados que responden a la estructura interna de los grupos. Cada apartado presenta una serie de divisiones internas creadas para completar adecuadamente la herramienta y conseguir en mayor medida crear un entorno claro y fácil para el usuario, estableciéndose:

- Una primera división que identifica cada apartado mediante un código compuesto por letras y números.
- Una segunda división que tiene como finalidad ofrecer una descripción que permita comprender de forma clara y sencilla la información solicitada en cada apartado.
- Una tercera división denominada «Datos», que ha sido creada para que el usuario seleccione o introduzca la información que la herramienta solicita para el apartado correspondiente.
- Además de ello, existe una cuarta división vertical en cada apartado que permite al usuario conocer instantáneamente si la información seleccionada o introducida es o no correcta.
- Finalmente, existe una última división que ofrece al usuario toda aquella información considerada de interés con la finalidad de permitir facilitar más si cabe la selección o introducción de datos. En este caso, la herramienta muestra automáticamente una serie de observaciones que van en función de si la información indicada o seleccionada es correcta o incorrecta.

Capítulo II		Vaso		
Grupo I		Datos generales del vaso (DGVA)		
Nº	Descripción	Datos	Comprobación	Observaciones
A.5	Perímetro estimado del vaso	3.000 m	Correcto	
A.6	Área estimada disponible del vaso ( $A_{EV}$ )	-200 m <sup>2</sup>	Incorrecto	No puede ser negativa

NOTA: Se indica a modo de ejemplo la estructura correspondiente de los apartados del grupo «Datos generales del vaso» correspondiente al Capítulo II «Vaso».

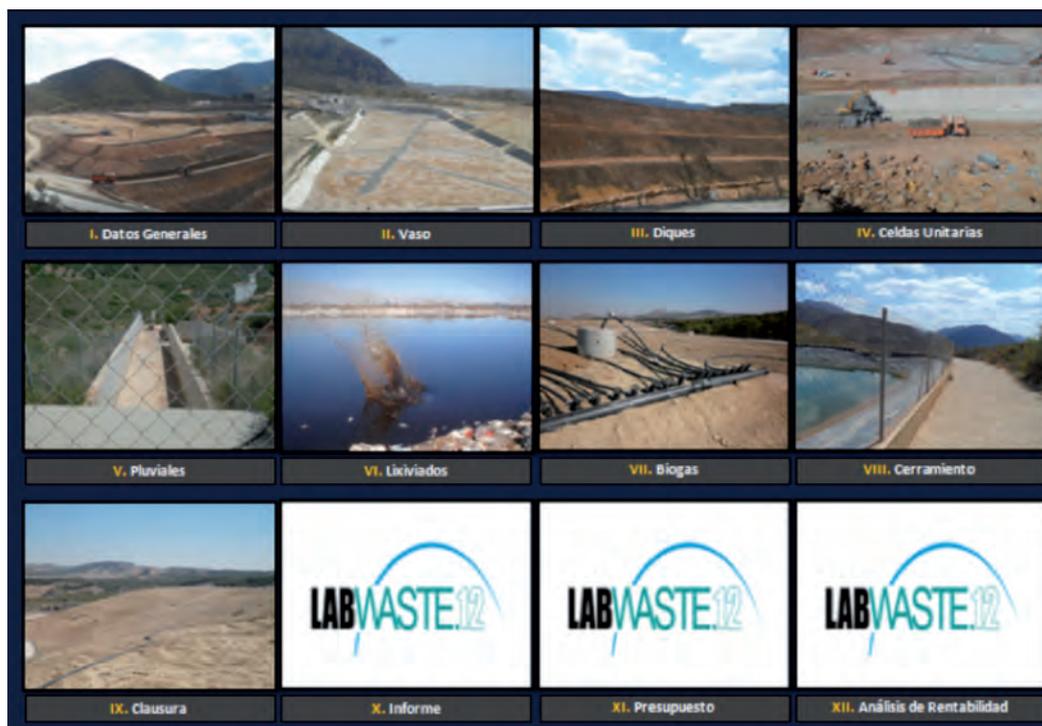
A continuación, conocida la estructura general de la herramienta de cálculo, se define la composición de la primera hoja de cálculo desarrollada en LABWASTE.12, correspondiente a la introducción de la herramienta.

No hay que olvidar que LABWASTE.12 es una herramienta didáctica y profesional, por ello, su diseño, como se podrá comprobar a continuación, no se ha centrado solo en aplicar conceptos y simplificar al máximo posible los cálculos necesarios, sino en conseguir que el usuario pueda aplicar de forma fácil y práctica los conocimientos adquiridos durante su formación académica.

## Esquema de vertedero tipo (EVT)

Este es el único grupo existente en la introducción y centra su funcionalidad, a diferencia de los grupos del resto de capítulos, en aportar al usuario una visión global de la estructura de un vertedero.

Por ello, este capítulo muestra, como reflejo de un vertedero tipo, un conjunto de imágenes captadas en varios vertederos. Sobre estas imágenes, existen una serie de iconos que hacen referencia a los distintos capítulos existentes en esta herramienta, y a través de estos, se incorporan unos hipervínculos que permiten al usuario interactuar fácilmente (Figura 1).



NOTA: Las imágenes seleccionadas pretenden aportar de forma gráfica una descripción de lo que en la actualidad es un vertedero. De este modo, el usuario interpreta de forma instantánea el significado de cada capítulo y su representación en los vertederos.

Figura 1. Esquema de vertedero tipo (EVT)

## CAPÍTULO I

# Datos generales



Para poder realizar de forma aproximada el cálculo de la demanda de áridos es necesario conocer con exactitud el valor de todos aquellos datos que son considerados como variables y que, por su condición de carácter general, no pueden ser incorporados en el resto de capítulos. Por todo ello, LABWASTE.12 ha sido diseñado incorporando en su estructura principal el Capítulo I «Datos generales», fundamental para el correcto funcionamiento. Este capítulo alberga todos los datos generales necesarios para realizar los cálculos en los diferentes capítulos, grupos y apartados que conforman la estructura de LABWASTE.12.

## Datos generales del vertedero (DGVE)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria y la herramienta de cálculo cree una base de datos generales que se utilizarán automáticamente según necesidades en los diferentes capítulos existentes.

La finalidad principal del estudio es determinar si la utilización de áridos procedentes de RCD en vertederos es viable económicamente. Para ello, es muy importante conocer, en primer lugar, la ubicación del vertedero y de la planta de tratamiento de RCD, determinando así, mediante un análisis de los costes de transporte, si es viable económicamente la utilización de estos áridos con respecto al uso de aquellos que proceden de cantera.

Por ello, la herramienta solicita en primer lugar que el usuario indique la comunidad autónoma donde se prevé la ubicación del vertedero. Se debe seleccionar alguna de las siguientes opciones:

A.1 Comunidad autónoma en la que se ubica el vertedero	Andalucía
	Aragón
	Asturias
	Baleares
	Canarias
	Cantabria
	Castilla la Mancha
	Castilla y León
	Cataluña
	Extremadura
	Galicia
	Madrid
	Región de Murcia
	Navarra
	País Vasco
	La Rioja
	Comunidad Valenciana
Melilla	
No especifica	

NOTA: El usuario debe indicar en el apartado correspondiente la distancia existente entre vertedero y planta de valorización de RCD que cubrirá la demanda de áridos solicitada por el vertedero.

Definida la ubicación del vertedero, es muy importante conocer la demanda de áridos procedentes de RCD aproximada. Esta depende entre otras muchas variables de

la clase de vertedero en función de su topografía. Por ello, la herramienta solicita que el usuario seleccione alguna de las siguientes opciones:

<b>A.2</b>	Clase de vertedero en función de la topografía	En área
		En trinchera
		En vaguada

Otro aspecto importante es identificar la clasificación en función del tipo de residuo que se pretende eliminar en el vertedero, ya que existen grandes diferencias entre las opciones disponibles.

A modo de ejemplo, como diferencia importante entre un vertedero de residuos urbanos y otro de rechazos, se debe indicar que un vaso de idéntica capacidad, para los dos tipos de residuos, ofrecerá una mayor vida útil si se destina a rechazo que si se hace para urbano. Los rechazos proceden de plantas de tratamiento y representan alrededor de un 50-70 % del peso de residuos que llegan a la planta inicialmente. La herramienta solicita que el usuario seleccione alguna de las siguientes opciones:

<b>A.3</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inerte
		No peligrosos industriales
		Urbano
		Rechazo

Conocida la ubicación del vertedero y su clasificación en función de la topografía y del tipo de residuo, la duda que se plantea para calcular la demanda de áridos necesarios para cubrir las celdas, el vaso, la balsa de lixiviados, los conductos de biogás, etc., es la cantidad de residuos que se prevé verter de forma diaria, mensual, anual y total hasta alcanzar la fase de sellado y clausura. Por ello, la herramienta solicita que el usuario indique la población que se prevé atender.

<b>A.4</b>	Población atendida ( $P_{AT}$ )	Dato aportado por el usuario
------------	---------------------------------	------------------------------

Para estimar la cantidad de residuos vertidos, en los periodos de tiempo indicados en el apartado anterior, es preciso indicar (además de la población) la cantidad estimada de residuos generados por habitante (tasa de generación). Por ello, la herramienta de cálculo solicita esta información, ofreciendo la posibilidad de introducir un valor cualquiera o seleccionar el existente.

<b>A.5</b>	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	1,035 kg/habitantes·día
		Dato aportado por el usuario

NOTA: La herramienta de cálculo solicitará ese valor si en el apartado A.2 el usuario selecciona las opciones de «urbanos» o «rechazos». No obstante, si la selección responde a las opciones de «inertes» o «no peligrosos», la herramienta solicitará como valor la generación de residuos anuales.

La herramienta realiza una serie de relaciones matemáticas que indican el contenido de humedad estimado, en base a la clasificación seleccionada en función del tipo de residuo. En este caso, la herramienta solicita que el usuario indique alguna de las siguientes opciones:

<b>A.6</b>	Composición y humedad de los residuos	Media inertes
		Media no peligrosos
		Media urbanos nacional
		Media urbanos C. Valenciana
		Media rechazos
		Usted decide

NOTA 1: La herramienta de cálculo ha sido diseñada para ofrecer estas opciones atendiendo lo especificado en el apartado A.2. Por ello, a modo de ejemplo, en el caso de seleccionarse que la clasificación del vertedero en función del residuo se corresponde con urbanos, las opciones disponibles en este apartado serán media urbanos/media nacional/usted decide.

NOTA 2: Las opciones de residuos urbanos, rechazos y «usted decide» permiten descomponer los residuos en seis fracciones: materia orgánica, papel/cartón, plástico, vidrio, metales y varios.

La herramienta define el valor de la humedad de los residuos considerando:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes	
	Composición y humedad de los residuos	Media inertes	
		Usted decide	
		Composición %	Humedad %
	Materia orgánica		
	Papel/cartón		
	Plástico		
	Vidrio		
	Metales		
	Varios		

NOTA: Si se selecciona como composición y humedad de los residuos «media inertes» no se considerará un desglose por composiciones ni la presencia de humedad por no existir materia orgánica y ser prácticamente despreciable. No obstante, si se selecciona la opción «usted decide» la herramienta permitirá que el usuario pueda introducir valores para ser considerados.

Los datos de composición y de humedad promedio que se incluyen son los proporcionados por el PNIR(2009), por el PIR(2010) y los obtenidos a partir de los trabajos del grupo de investigación INGRES, de la Universitat Jaume I.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos industriales	
	Composición y humedad de los residuos	Media no peligrosos	
		Usted decide	
		Composición	Humedad
	Materia orgánica	44,10%	69,33%
	Papel/cartón	21,20%	31,55%
	Plástico	10,60%	13,34%
	Vidrio	6,90%	1,86%
Metales	4,10%	20,54%	
Varios	13,10%	32,13%	

NOTA: Si se selecciona como composición y humedad de los residuos «media no peligrosos» se considerará un desglose por composiciones y la presencia de humedad según lo indicado por el Ministerio español con competencias en materia de medio ambiente.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Urbanos	
	Composición y humedad de los residuos	Media nacional	
		Media C. Valenciana	
		Usted decide	
		Composición	Humedad
	Materia orgánica	54,51%	69,33%
	Papel/cartón	11,36%	31,55%
	Plástico	10,28%	13,34%
Vidrio	5,78%	1,86%	
Metales	3,33%	20,54%	
Varios	14,73%	32,1%	

NOTA: Si se selecciona como composición y humedad de los residuos «media nacional» o «media Comunidad Valenciana» se considerará un desglose por composiciones y la presencia de humedad según lo indicado en las caracterizaciones de residuos realizadas por INGRES.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos	
	Composición y humedad de los residuos	Media rechazos	
		Usted decide	
		Composición	Humedad
	Materia orgánica	20,67%	55,71%
	Papel/cartón	30,53%	42,90%
	Plástico	20,45%	20,37%
	Vidrio	0,87%	1,32%
Metales	3,90%	16,44%	
Varios	23,60%	33,67%	

NOTA: Si se selecciona como composición y humedad de los residuos «media rechazos» se considerará un desglose por composiciones y la presencia de humedad según lo indicado en las caracterizaciones de residuos realizadas por INGRES.

Para calcular la demanda de áridos necesaria a utilizar en el sistema de evacuación de lixiviados, es necesario conocer (además de la clasificación del vertedero en función del tipo de residuo, la cantidad de residuos previstos a verter, la climatología de la zona o la capacidad del vaso) los metros de tuberías que se instalarán,

las características de los residuos y sus fracciones. Por ello, la herramienta calcula automáticamente el valor correspondiente a la humedad promedio de los residuos, estableciéndose:

A.7	Humedad promedio de los residuos ( $H_{MR}$ )	Media inertes	0,00%
		Media no peligrosos	43,86%
		Media urbano nacional	43,86%
		Media urbano C. Valenciana	48,27%
		Media rechazos	37,37%
		Usted decide	

NOTA: La opción «usted decide» obliga al usuario a introducir los datos de proporciones en porcentaje de cantidades y humedades de las fracciones: materia orgánica, papel/cartón, plástico, vidrio, metales y varios. A partir de esos valores la herramienta calcula de forma automática la humedad promedio de los residuos

La densidad media de los residuos es otra de las variables que debe considerarse para estimar la cantidad de residuos que pueden verse en un vaso, el ritmo de crecimiento de las celdas, la producción de lixiviados o el biogás generado. Esta variable guarda una estrecha relación con la información aportada en el resto apartados y forma parte de las relaciones matemáticas desarrolladas que permiten a la herramienta calcular de forma automática la cantidad de áridos demandados. El usuario debe seleccionar alguna de las opciones existentes en el desplegable y la herramienta informará de si trata de residuos de baja, media o alta densidad (Tchobanoglous *et al.*, 1994).

A.8	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	200 kg/m <sup>3</sup>
		300 kg/m <sup>3</sup>
		400 kg/m <sup>3</sup>
		500 kg/m <sup>3</sup>
		600 kg/m <sup>3</sup>
		700 kg/m <sup>3</sup>
		800 kg/m <sup>3</sup>
		900 kg/m <sup>3</sup>
		1000 kg/m <sup>3</sup>
		1100 kg/m <sup>3</sup>

NOTA: En la subdivisión del apartado «observaciones», el usuario podrá comprobar si el valor seleccionado se corresponde con lo designado como «vertedero baja densidad con cobertura», «vertedero de media densidad con cobertura» o «vertedero de alta densidad con trituración o en bala».

Conocer el perímetro del vertedero permite conocer otros aspectos importantes, entre los que cabe destacar la impermeabilización del vaso, los geotextiles o la capa de drenaje, pero sobre todo las longitudes de los cerramientos y del canal

perimetral para la evacuación de pluviales, por ello, la herramienta solicita que el usuario indique esta dimensión.

<b>A.9</b>	Perímetro del vertedero	m
------------	-------------------------	---

NOTA: El usuario debe introducir el valor del perímetro disponible en hectáreas, puede realizarlo de forma directa o mediante un cálculo aproximado utilizando el SIGPAC u otro portal con ortofotografías.

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/default.aspx>

Otra de las variables fundamentales para realizar un cálculo aproximado de la demanda de áridos, geomembranas, geotextiles, etc., es el área disponible para el vertedero. Este dato permitirá estimar la cantidad de basura vertida y por lo tanto el ritmo de generación de lixiviados.

<b>A.10</b>	Área disponible para el vertedero	ha
-------------	-----------------------------------	----

NOTA: El usuario debe introducir el valor del área disponible en hectáreas, puede realizarlo de forma directa o mediante un cálculo aproximado utilizando el SIGPAC o otro portal con ortofotografías.

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/default.aspx>

## Datos climáticos (DCO)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta de cálculo utiliza de forma automática para dimensionar la balsa de recogida de aguas pluviales, el canal perimetral, la cuneta interna, la balsa de lixiviados, etc.

Para dimensionar de forma adecuada los sistemas de evacuación y/o almacenamiento de agua, es necesario conocer, entre otros datos, los correspondientes al periodo de recogida de datos climáticos. Esta información es necesaria para que posteriormente, en el capítulo correspondiente, la herramienta realice de forma automática los cálculos necesarios, estableciéndose:

<b>B.1</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	años
------------	---	------

NOTA: El usuario debe introducir el número de años correspondiente al periodo desde el que se registran los datos. Se puede introducir este dato de forma directa, mediante consulta al *link* de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o a partir de datos recogidos de estaciones meteorológicas.

<http://www.aemet.es/>

La media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h es un valor que se debe tener en cuenta cuando se quiere dimensionar en un vertedero un elemento que sea capaz de evacuar y/o almacenar agua. Dimensionar los elementos teniendo en cuenta estos valores permite favorecer la seguridad de las instalaciones, y este aspecto es importante en urbanismo pero más, si cabe, en el diseño de vertederos.

<b>B.2</b>	Media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h ( $P_{MM}$ )	L/m <sup>2</sup>
------------	--	------------------

NOTA: El usuario debe introducir el valor de la media de precipitaciones máximas en 24 h más desfavorables del año, puede realizarlo de forma directa o mediante consulta al link de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o a partir de datos recogidos de estaciones meteorológicas.

<http://www.aemet.es/>

Del mismo modo que en el caso anterior, la desviación típica de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h es otro de los datos que la herramienta solicita y que posteriormente es utilizado en el apartado correspondiente para dimensionar los sistemas de evacuación y acumulación de pluviales, entre otros. Se establece:

<b>B.3</b>	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24 h ( $D_{TM}$ )	
------------	--	--

NOTA: El usuario debe introducir el valor de la desviación típica de los valores de precipitaciones máximas en 24 h más desfavorables del año para el periodo definido en el apartado B.1.

Para realizar correctamente la estimación de agua pluvial acumulada y de lixiviado generado es preciso conocer todo lo referente a datos de pluviometría media mensual. Esta información es utilizada en capítulos posteriores, como los correspondientes a pluviales o lixiviados. La herramienta solicita que el usuario introduzca estos datos, estableciéndose:

<b>B.4</b>	Precipitación	Enero	L/m <sup>2</sup>
		Febrero	L/m <sup>2</sup>
		Marzo	L/m <sup>2</sup>
		Abril	L/m <sup>2</sup>
		Mayo	L/m <sup>2</sup>
		Junio	L/m <sup>2</sup>
		Julio	L/m <sup>2</sup>
		Agosto	L/m <sup>2</sup>
		Septiembre	L/m <sup>2</sup>
		Octubre	L/m <sup>2</sup>
		Noviembre	L/m <sup>2</sup>
		Diciembre	L/m <sup>2</sup>

NOTA: El usuario debe introducir el valor de la precipitación media de cada mes del año, puede realizarlo de forma directa o mediante consulta del Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial.

<http://www.ucm.es/info/cif/>

El efecto de las precipitaciones sobre la producción de lixiviados no es instantáneo y para la correcta estimación se deben considerar otras variables, como la evapotranspiración de la zona, que reduce la cantidad de agua infiltrada.

La herramienta solicita que el usuario introduzca los valores correspondientes a real evapotranspiración, estableciéndose:

<b>B.5</b>	Real evapotranspiración	Enero	L/m <sup>2</sup>
		Febrero	L/m <sup>2</sup>
		Marzo	L/m <sup>2</sup>
		Abril	L/m <sup>2</sup>
		Mayo	L/m <sup>2</sup>
		Junio	L/m <sup>2</sup>
		Julio	L/m <sup>2</sup>
		Agosto	L/m <sup>2</sup>
		Septiembre	L/m <sup>2</sup>
		Octubre	L/m <sup>2</sup>
		Noviembre	L/m <sup>2</sup>
		Diciembre	L/m <sup>2</sup>

La información introducida por el usuario en lo que se refiere a precipitación media y real evapotranspiración de cada mes permite a la herramienta calcular de forma automática los valores de variación de reserva mensuales. Estos datos pueden ser utilizados posteriormente para estimar la producción de lixiviados en el Capítulo VI «lixiviados».

<b>B.6</b>	Variación de reserva	Enero	L/m <sup>2</sup>
		Febrero	L/m <sup>2</sup>
		Marzo	L/m <sup>2</sup>
		Abril	L/m <sup>2</sup>
		Mayo	L/m <sup>2</sup>
		Junio	L/m <sup>2</sup>
		Julio	L/m <sup>2</sup>
		Agosto	L/m <sup>2</sup>
		Septiembre	L/m <sup>2</sup>
		Octubre	L/m <sup>2</sup>
		Noviembre	L/m <sup>2</sup>
		Diciembre	L/m <sup>2</sup>

NOTA: La herramienta calcula automáticamente los valores mensuales correspondientes a la variación de reserva mediante la diferencia entre precipitación y real evapotranspiración.

Como se ha indicado anteriormente, la estimación de la cantidad de lixiviados generados mensualmente depende de muchas variables, entre las que cabe destacar la precipitación y la evapotranspiración.

Alcanzado este punto, el usuario debe introducir los valores de temperatura que permitirán estimar si existe una mayor o menor evapotranspiración, pero esta información sigue siendo insuficiente para calcular de forma aproximada la cantidad de lixiviados generados; por ello, la herramienta incorpora en su estructura un capítulo denominado «lixiviados», complementario a toda esta información.

B.7	Temperatura	Enero	°C
		Febrero	°C
		Marzo	°C
		Abril	°C
		Mayo	°C
		Junio	°C
		Julio	°C
		Agosto	°C
		Septiembre	°C
		Octubre	°C
		Noviembre	°C
		Diciembre	°C

NOTA: El usuario debe introducir el valor de la temperatura media de cada mes del año, puede realizarlo de forma directa o mediante consulta del Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial.

<http://www.ucm.es/info/cif/>

El riesgo de contaminación del subsuelo y los acuíferos es el principal impacto generado por los lixiviados, por lo que toda esta información permitirá evitar en mayor medida que ocurran este tipo de accidentes.

## Datos generales de la planta de valorización RCD (DGP V)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria de los tipos, características y costes de áridos que la planta de tratamiento de RCD seleccionada ofrece. Todo ello, permitirá estimar en primer lugar, la viabilidad económica de la utilización de áridos procedentes de RCD con respecto a los de cantera (Figura 2).



Figura 2. Planta de tratamiento de RCD

La finalidad principal del estudio es determinar si la utilización de áridos procedentes de RCD en vertederos es viable económicamente. Uno de los costes más importantes (además del derivado de la adquisición de áridos) es el de transporte, por ello, es muy importante conocer la ubicación de la planta de tratamiento de RCD.

La herramienta solicita en este apartado que el usuario indique la comunidad autónoma donde se ubica la planta que ofrece áridos procedentes de RCD. La Comunidad Valenciana mediante su Plan Integral de Residuos (PIR, 2010) prevé una inversión importante en instalaciones de clasificación y reciclaje de RCD, de manera que mediante los principios de autosuficiencia y proximidad puedan minimizarse los costes de transporte de áridos reciclados desde estas plantas a los vertederos. Para determinar el coste asociado al transporte se debe seleccionar alguna de las siguientes opciones:

<b>C.1</b> Comunidad autónoma en la que se ubica la planta de valorización que suministra los RCD	Andalucía
	Aragón
	Asturias
	Baleares
	Canarias
	Cantabria
	Castilla la Mancha
	Castilla y León
	Cataluña
	Extremadura
	Galicia
	Madrid
	Región de Murcia
	Navarra
	País Vasco
	La Rioja
Comunidad Valenciana	
C. Melilla	
No especifica	

NOTA: El usuario debe indicar en el apartado correspondiente la distancia existente entre vertedero y planta de RCD que cubrirá la demanda de áridos solicitada por el vertedero.

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/default.aspx>

Definida la ubicación de la planta de valorización de RCD, la herramienta solicita que el usuario la identifique. Esta información se mostrará en el capítulo «Informe» para que el usuario pueda comprobar posteriormente la veracidad de los datos

introducidos en referencia a las características de los áridos que esta planta ofrece y sus costes, todo ello, permitirá analizar su viabilidad económica. Se establece:

<b>C.2</b>	Nombre de la Planta de valorización de RCD	
------------	--	--

La viabilidad económica dependerá en gran medida de la distancia existente entre el vertedero y la planta de valorización de RCD, por ello, la herramienta solicita en este apartado que el usuario lo indique de forma aproximada, estableciéndose:

<b>C.3</b>	Distancia aproximada de la planta de valorización de RCD al vertedero de residuos	km
------------	---	----

NOTA: El usuario podrá introducir este valor de forma automática o bien calcularlo con el SIGPAC o cualquier otro sistema de información geográfica o cartográfica.

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/default.aspx>

Identificada la ubicación de la planta de RCD y determinada de forma aproximada la distancia entre esta y el vertedero sobre el que se centra el estudio, es necesario determinar el precio de los áridos demandados. Se debe tener en cuenta que las plantas de RCD suelen clasificar estos áridos en función de su composición, estableciéndose tres posibles tipos (hormigón, cerámico y/o mixto) con distintas agrupaciones entre ellos. Por esta razón, la herramienta solicita que el usuario seleccione la clase de árido que puede suministrar la planta de tratamiento de RCD seleccionada:

<b>C.4</b>	La planta de valorización de RCD dispone de la siguiente clase de áridos reciclados	Sólo reciclado hormigón
		Sólo reciclado cerámico
		Sólo reciclado mixto
		Reciclado hormigón y cerámico
		Reciclado hormigón y mixto
		Reciclado cerámico y mixto
		Reciclado de los tres tipos

La determinación del coste de los áridos reciclados es resultado de identificaciones previas, concretamente de las variables designadas como clasificación del árido y granulometría. Conocida ya la primera variable, la herramienta solicita que el usuario indique, en primer lugar, la clase de arena y seleccione los valores de granulometría, densidad y coste:

<b>C.5</b>	Características de la arena procedente de RCD:	Opción seleccionada apartado C.4	
<b>C.5.1</b>	Granulometría	0-6 mm/indicar	0-12 mm/indicar
<b>C.5.2</b>	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,30 / indicar	1,70 / indicar
<b>C.5.3</b>	Coste (€/t)	2,00 / indicar	2,10 / indicar

NOTA: El usuario podrá seleccionar los valores existentes por defecto o introducir otros distintos.

En segundo lugar, la herramienta solicita que el usuario indique la clase de zahorra y los valores en lo que refiere a granulometría, densidad y coste, estableciéndose:

C.6	Características de la zahorra procedente de RCD:	Opción seleccionada apartado C.4	
C.6.1	Granulometría	0-20 mm/indicar	0-40 mm/indicar
C.6.2	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,40 / indicar	1,60 / indicar
C.6.3	Coste tonelada (€/t)	3,00 / indicar	3,10 / indicar

NOTA: El usuario podrá seleccionar los valores existentes por defecto o introducir otros distintos.

A continuación, en tercer y último lugar, la herramienta solicita que el usuario indique la clase de grava y seleccione los valores existentes por defecto en lo que refiere a granulometría, densidad y coste. Puede introducir estos valores si dispone de dicha información:

C.7	Características de la grava procedente de RCD:	Opción seleccionada apartado C.4	
C.7.1	Granulometría	20-40 mm/indicar	40-80 mm/indicar
C.7.2	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	2,10 / indicar	1,90 / indicar
C.7.3	Coste tonelada (€/t)	4,00 / indicar	4,20 / indicar

NOTA: El usuario podrá seleccionar los valores existentes por defecto o introducirlos si estos son conocidos.

## Datos generales de la planta de cantera (DGP C)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria en referencia a los tipos, características y costes de áridos que la planta de cantera seleccionada ofrece. Esta información será contrastada con la incorporada en el grupo anterior de forma automática a través de la herramienta de cálculo, que informará sobre qué opción es más económica en el grupo designado como datos de viabilidad económica (DVE).

Como anteriormente se indicaba, para determinar la viabilidad económica de la adquisición de áridos procedentes de RCD es necesario conocer la ubicación de la planta de áridos de cantera. Esta información permitirá que esta herramienta calcule de forma aproximada uno de los costes más importantes (además del derivado de la adquisición de áridos), que es el de transporte.

La herramienta solicita en este apartado que el usuario indique la comunidad autónoma donde se ubica la planta que ofrece áridos procedentes de cantera. Se debe seleccionar alguna de las siguientes opciones:

<b>D.1</b>	Comunidad autónoma donde se ubica la planta que suministra áridos procedentes de cantera	Andalucía
		Aragón
		Asturias
		Baleares
		Canarias
		Cantabria
		Castilla la Mancha
		Castilla y León
		Cataluña
		Extremadura
		Galicia
		Madrid
		Región de Murcia
		Navarra
		País Vasco
		La Rioja
		Comunidad Valenciana
C. Melilla		
No específica		

Definida la ubicación de la planta de áridos procedentes de cantera, la herramienta solicita que el usuario la identifique. Esta información se mostrará en el Capítulo X «Informe» para que el usuario pueda comprobar posteriormente la veracidad de los datos introducidos en referencia a las características de los áridos que esta planta ofrece y sus costes. Todo ello permitirá calcular la viabilidad económica derivada de su utilización.

<b>D.2</b>	Nombre de la planta que ofrece áridos de cantera	
------------	--	--

La viabilidad económica dependerá en gran medida de la distancia existente entre el vertedero y la planta de áridos procedentes de cantera, por ello, la herramienta solicita en este apartado que el usuario lo indique de forma aproximada, estableciéndose:

<b>D.3</b>	Distancia aproximada de la planta seleccionada al vertedero de residuos	km
------------	---	----

NOTA: El usuario podrá introducir este valor de forma automática o bien calcularlo mediante la utilización del SIGPAC.

Identificada la ubicación de la planta de áridos procedentes de cantera y determinada de forma aproximada la distancia entre esta y el vertedero, es necesario determinar el precio de los áridos demandados. Se debe tener en cuenta que las plantas

suelen clasificar estos áridos en función de su composición, estableciéndose tres posibles agrupaciones y asignándole a cada una un precio distinto. Por ello, la herramienta solicita que el usuario seleccione la clase de árido que puede suministrar la planta, estableciéndose:

<b>D.4</b>	La planta de áridos procedente de cantera dispone de la siguiente clase de áridos.	Granito
		Caliza
		Mixto
		Otros

NOTA: La selección de alguna de estas opciones condicionará las del siguiente apartado, permitiendo al usuario seleccionar en otros apartados lo acorde a lo seleccionado en este.

La determinación del coste de los áridos es resultado de identificaciones previas, concretamente de las variables designadas como clasificación del árido y granulometría. En este apartado, conocida ya la primera variable, la herramienta solicita que el usuario indique la clase de arena y seleccione los valores existentes por defecto, en base a la granulometría, densidad y coste. En el caso de que se disponga de estos valores, cabe indicar que pueden ser introducidos.

<b>D.5</b>	Características de la arena procedente de cantera:	Opción seleccionada apartado D.4	
<b>D.5.1</b>	Granulometría	0-6 mm	0-12 mm
<b>D.5.2</b>	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,30 / indicar	1,70 / indicar
<b>D.5.3</b>	Coste (€/t)	2,00 / indicar	2,10 / indicar

NOTA: El usuario podrá seleccionar los valores existentes por defecto o introducirlos si estos son conocidos. No obstante, es importante saber que la herramienta seleccionará por defecto y sin opción de modificación los valores correspondientes a la fila D.5.1 «Granulometría», que deberá corresponderse con lo seleccionado en el grupo «Datos generales de la planta de valorización RCD (DGPV)». De esta forma se permite realizar un estudio económico entre áridos de características similares.

Conocidos los valores correspondientes a las arenas, la herramienta solicita en segundo lugar la misma información pero en este caso, en referencia a la clase de zahorra, estableciéndose:

<b>D.6</b>	Características de la zahorra procedente de cantera:	Opción seleccionada apartado D.4	
<b>D.6.1</b>	Granulometría	0-20 mm	0-40 mm
<b>D.6.2</b>	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,40 / indicar	1,60 / indicar
<b>D.6.3</b>	Coste (€/t)	3,00 / indicar	3,10 / indicar

NOTA: El usuario podrá seleccionar los valores existentes por defecto o introducirlos si estos son conocidos. No obstante, es importante saber que la herramienta seleccionará por defecto y sin opción de modificación los valores correspondientes a la fila D.6.1 «Granulometría», que deberá corresponderse con lo seleccionado en el grupo «Datos generales de la planta de valorización RCD (DGPV)». De esta forma se permite realizar un estudio económico entre áridos de características similares.

En tercer lugar, la herramienta solicita que el usuario indique la misma información, pero en este caso, en referencia al tipo de gravas, estableciéndose:

<b>D.7</b>	Características de la grava procedente de RCD:	Opción seleccionada apartado C.4	
<b>D.7.1</b>	Granulometría	20-40 mm	40-80 mm
<b>D.7.2</b>	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	2,10 / indicar	1,90 / indicar
<b>D.7.3</b>	Coste (€/t)	4,00 / indicar	4,20 / indicar

NOTA: El usuario podrá seleccionar los valores existentes por defecto o introducirlos si estos son conocidos. No obstante, es importante saber que la herramienta seleccionará por defecto y sin opción de modificación los valores correspondientes a la fila D.7.1 «Granulometría», que deberá corresponderse con lo seleccionado en el grupo «Datos Generales de la Planta de Valorización RCD (DGP V)». De esta forma se permite realizar un estudio económico entre áridos de características similares.

## Datos generales de transporte (DGT)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria en referencia al transporte de áridos.

Este apartado solicita que el usuario indique el tipo de transporte utilizado para cubrir la distancia existente entre las plantas y el vertedero. La finalidad principal es permitir que el usuario pueda indicar un tipo de vehículo y, posteriormente, al introducir los valores en referencia a la capacidad y el coste de transporte, pueda comprobar que toda la información es coherente. Se establece:

<b>E.1</b>	Tipo de vehículo utilizado para el transporte de áridos:	
------------	--	--

Conocer el volumen de transporte de áridos disponible en el vehículo seleccionado es muy importante, ya que, de este modo, la herramienta puede calcular de forma automática en el apartado correspondiente la capacidad de áridos en toneladas que pueden transportarse por viaje. Además de ello, esta información permite conocer de forma aproximada el número de viajes necesarios según la demanda de áridos obtenida en los diferentes capítulos existentes en esta herramienta. Se establece:

<b>E.2</b>	Capacidad del vehículo seleccionado:	m <sup>3</sup>
------------	--------------------------------------	----------------

Una vez conocida la capacidad del vehículo seleccionado y la cantidad de áridos en toneladas que pueden transportarse por viaje, es necesario ahora, para el estudio económico, conocer el coste del transporte por kilómetro de distancia. La herramienta utiliza esta información para calcular de forma automática, en el apartado correspondiente, el coste del transporte y de la carga de áridos posible.

<b>E.3</b>	Coste estimado del transporte	€/km
------------	-------------------------------	------

## Datos de viabilidad económica (DVE)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario conozca detalladamente el coste económico del transporte de áridos procedentes de la planta de valorización de RCD y de la planta que emplea áridos procedentes de cantera. En este caso, los datos de todos los apartados se obtienen de forma automática, gracias a la información existente en los grupos anteriores y a que la herramienta establece una serie de relaciones matemáticas que permiten estimar los costes aproximados.

Este apartado ofrece toda la información en referencia a los costes de la adquisición y del transporte de la arena. Se establece una estructura basada en cuatro subapartados que ofrecen información de la granulometría, de los costes y de la opción más rentable.

<b>F.1</b>	Coste económico de la adquisición de arenas y su transporte:	
<b>F.1.1</b>	Arena	Dato automático (mm)
<b>F.1.2</b>	Planta de valorización	Cálculo automático (€/viaje)
<b>F.1.3</b>	Planta de cantera	Cálculo automático (€/viaje)
<b>F.1.4</b>	Opción rentable	Dato automático (valorización/cantera)

NOTA: El subapartado «Opción rentable» informa directamente de cuál de estas opciones es la más económica.

A continuación, conociendo la opción más rentable, el usuario debe seleccionar si desea adquirir los áridos procedentes de la planta de DGPV o de la que los adquiere de cantera, permitiendo con ello que la herramienta pueda fijar definitivamente los valores de las densidades, del coste por tonelada de áridos y del coste de transporte por viaje según lo seleccionado. Esta información es muy importante debido a que influye directamente en el presupuesto final según las demandas obtenidas en los capítulos existentes. Se establece:

<b>F.2</b>	Datos generales del coste de adquisición de arenas seleccionadas y coste de su transporte:	
<b>F.2.1</b>	Usted selecciona	Valorización
		Cantera
<b>F.2.2</b>	Densidad	Dato automático (t/m <sup>3</sup> )
<b>F.2.3</b>	Coste tonelada	Dato automático (€/t)
<b>F.2.4</b>	Coste transporte	Dato automático (€/km)

NOTA: Esta información es muy importante porque será la utilizada para calcular el presupuesto.

En el caso de las ahorras, como en lo referente a las arenas, la herramienta muestra toda la información siguiendo la misma estructura. Los subapartados informan de la granulometría, de los costes y de la opción más rentable.

<b>F.3</b>	Coste económico de la adquisición de zahorras y su transporte:	
<b>F.3.1</b>	Zahorra	Dato automático (mm)
<b>F.3.2</b>	Planta de Valorización	Cálculo automático (€/viaje)
<b>F.3.3</b>	Planta de Cantera	Cálculo automático (€/viaje)
<b>F.3.4</b>	Opción rentable	Dato automático (valorización/cantera)

NOTA: El subapartado «Opción rentable» informa directamente de cuál de estas opciones es la más económica.

Del mismo modo que en el caso de la arena, conociendo la opción más rentable, el usuario debe seleccionar en este apartado si desea adquirir los áridos procedentes de la planta de RCD o de la que los adquiere de cantera. La herramienta define a partir de esta selección la densidad, el coste por tonelada de áridos y el coste de transporte por viaje. Esta información es muy importante porque influye directamente en el presupuesto final según las demandas obtenidas en los capítulos existentes. Se establece:

<b>F.4</b>	Datos generales del coste de adquisición de zahorras seleccionadas y coste de su transporte:	
<b>F.4.1</b>	Usted selecciona	Valorización
		Cantera
<b>F.4.2</b>	Densidad	Dato automático (t/m <sup>3</sup> )
<b>F.4.3</b>	Coste tonelada	Dato automático (€/t)
<b>F.4.4</b>	Coste transporte	Dato automático (€/km)

NOTA: Esta información es muy importante porque será la utilizada para calcular el presupuesto.

Finalmente, la herramienta muestra toda la información en referencia a lo indicado para las gravas. Los subapartados informan de la granulometría, de los costes y de la opción más rentable.

<b>F.5</b>	Coste económico de la adquisición de gravas y su transporte:	
<b>F.5.1</b>	Gravas	Valor automático (mm)
<b>F.5.2</b>	Planta de Valorización	Cálculo automático (€/viaje)
<b>F.5.3</b>	Planta de Cantera	Cálculo automático (€/viaje)
<b>F.5.4</b>	Opción rentable	Dato automático (valorización/cantera)

NOTA: El subapartado «Opción rentable» informa directamente de qué opción es la más económica.

A continuación, la herramienta define a partir de lo seleccionado por el usuario, la densidad, el coste por tonelada de áridos y el coste de transporte por viaje. Esta información es muy importante porque influye directamente en el presupuesto final según las demandas obtenidas en los capítulos existentes. Se establece:

<b>F.6</b>	Datos generales del coste de adquisición de gravas seleccionadas y coste de su transporte:	
<b>F.6.1</b>	Usted selecciona	Valorización
		Cantera
<b>F.6.2</b>	Densidad	Dato automático (t/m <sup>3</sup> )
<b>F.6.3</b>	Coste tonelada	Dato automático (€/t)
<b>F.6.4</b>	Coste transporte	Dato automático (€/km)

NOTA: Esta información es muy importante porque será la utilizada para calcular el presupuesto.

## Datos generales de los tipos de áridos utilizados (DGTAU)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria en referencia a los tipos de áridos y granulometrías a utilizar en todos los capítulos definidos.

Este primer apartado solicita que el usuario indique las características de los áridos utilizados para la formación de la capa de drenaje del vaso. La herramienta solo permite seleccionar la utilización de gravas, descartando las opciones de zahorras o arenas, por no ser adecuadas como material de drenaje (Figura 3).

<b>G.1</b>	Para la construcción de la capa de drenaje del vaso se utilizará:	
<b>G.1.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>G.1.2</b>	Tipo	Grava
<b>G.1.3</b>	Granulometría	Seleccionar valor (mm)

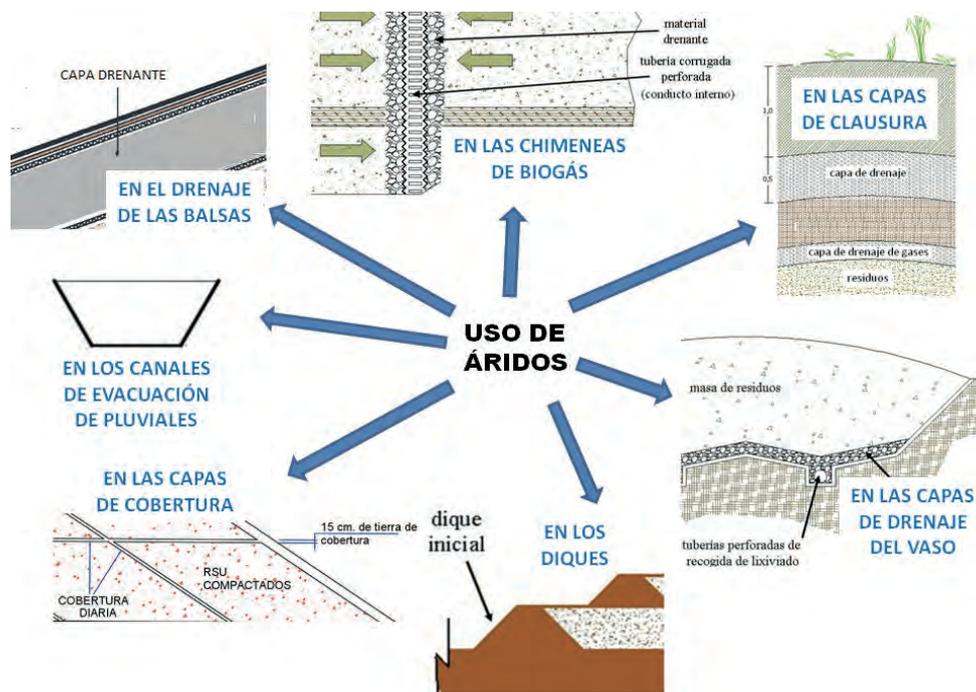


Figura 3. Necesidades de áridos en la construcción, explotación y clausura de un vertedero controlado

A continuación, la herramienta solicita que el usuario indique las características de los áridos utilizados para la formación de los diques. En este apartado solo se permite seleccionar la utilización de zahorras, por presentar una granulometría que ofrece mejores propiedades mecánicas que en el caso de arenas o gravas.

<b>G.2</b>	Para la construcción de los diques se utilizará:	
<b>G.2.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>G.2.2</b>	Tipo	Zahorra
<b>G.2.3</b>	Granulometría	Seleccionar valor (mm)

El siguiente apartado solicita información en referencia a las características de los áridos utilizados para la cobertura de los residuos que forman las celdas unitarias. En este caso la herramienta solo permite seleccionar la utilización de arenas o zahorras, por presentar una granulometría que impide el acceso de roedores a los residuos y las fugas de olores.

<b>G.3</b>	Para la construcción de las celdas se utiliza:	
<b>G.3.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>G.3.2</b>	Tipo	Arena / Zahorra
<b>G.3.3</b>	Granulometría	Seleccionar valor (mm)

Las características de los áridos utilizados para la construcción del canal perimetral y/o la cuneta interna de evacuación de pluviales vienen definidas en el siguiente apartado. En este caso la herramienta solo permite seleccionar la utilización de zahorras o gravas, por presentar una granulometría totalmente compatible con la elaboración del hormigón necesario para la construcción de estos elementos.

<b>G.4</b>	Para la construcción del sistema de evacuación de pluviales se utilizará:	
<b>G.4.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>G.4.2</b>	Tipo	Zahorra / Grava
<b>G.4.3</b>	Granulometría	Seleccionar valor (mm)

A continuación, el usuario debe indicar las características de los áridos utilizados para la cobertura de las zanjas que contienen los conductos de evacuación de lixiviados. La herramienta solo permite seleccionar la utilización de gravas, por ser las que presentan mayor granulometría y por tanto las que facilitan el drenaje de lixiviados. Se descarta en este apartado la posibilidad de seleccionar arenas o zahorras, reduciendo con ello el riesgo de colapso y posible falta de drenaje por presentar poros muy inferiores a los disponibles cuando se emplean gravas. Se establece:

<b>G.5</b>	Para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados se utilizará:	
<b>G.5.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>G.5.2</b>	Tipo	Grava
<b>G.5.3</b>	Granulometría	Seleccionar valor (mm)

El siguiente apartado solicita que el usuario indique las características de los áridos utilizados para la capa de drenaje de la balsa de lixiviados. La herramienta solo permite seleccionar la utilización de gravas, por ser, del mismo modo que en el apartado anterior, las que presentan mayor granulometría y por tanto las que facilitan el drenaje de lixiviados.

<b>G.6</b>	Para la construcción del drenaje de la balsa de lixiviados se utilizará:	
<b>G.6.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>G.6.2</b>	Tipo	Grava
<b>G.6.3</b>	Granulometría	Seleccionar valor (mm)

Las características de los áridos utilizados para la construcción de los sistemas de extracción y/o captación de biogás (refiere a los áridos utilizados para la construcción de las chimeneas) vienen definidas en este apartado.

La herramienta sólo permite seleccionar la utilización de gravas por ser las que representan mayor granulometría y por tanto las que facilitan la filtración de biogás.

<b>G.7</b>	Para la construcción del sistema de captación de biogás se utilizará:	
<b>G.7.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>G.7.2</b>	Tipo	Grava
<b>G.7.3</b>	Granulometría	Seleccionar valor (mm)

El siguiente apartado solicita que el usuario indique las características de los áridos utilizados para la fase de clausura y sellado de vertedero. La herramienta solo permite seleccionar la utilización de gravas cuando se trata de capas de drenaje, por ser las que presentan mayor granulometría y por tanto las que facilitan la filtración de pluviales o biogás según el caso.

<b>G.8</b>	Para las capas de drenaje del sellado y clausura del vertedero se utilizará:	
<b>G.8.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>G.8.2</b>	Tipo	Grava
<b>G.8.3</b>	Granulometría	Seleccionar valor (mm)

## CAPÍTULO II

# Vaso



El cálculo de la demanda de áridos necesarios para la construcción de la capa de drenajes, así como las láminas de geomembranas y geotextiles en caso de ser necesarias, se realiza de forma independiente. Por ello, LABWASTE.12 incorpora en su estructura el Capítulo II «Vaso». Este capítulo recoge de forma automática toda la información necesaria disponible en los capítulos anteriores y solicita al usuario toda aquella información adicional.

Este capítulo alberga toda la información respectiva a las características del vaso de vertido.

*Vaso*: espacio disponible utilizado para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, método este que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, para cubrir los residuos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final de cada jornada (Figura 4).



Figura 4. Construcción del vaso de un vertedero

## Datos generales del vaso (DGVA)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales del vaso, y poder con ello definir la estructura de las capas necesarias.

Es necesario conocer el tipo de vertedero en lo que se refiere a su clasificación en función de la topografía. Por ello, este apartado muestra de forma automática el dato seleccionado por el usuario en el grupo «DGVE» del Capítulo «Datos generales», estableciéndose:

<b>A.1</b>	Clase de vertedero en función de la topografía	Dato automático
------------	--	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE», donde ya fue introducida.

Para definir correctamente la estructura de las diferentes capas del vaso, es necesario conocer la clasificación del vertedero pero, en este caso, en función del tipo de residuo. Siendo este un dato que ya fue introducido por el usuario con anterioridad, la herramienta de cálculo copia este dato y lo muestra de nuevo, estableciéndose:

<b>A.2</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Dato automático
------------	---	-----------------

El dato en referencia al perímetro del vertedero permite que la herramienta pueda realizar de forma automática los cálculos, y mostrar los resultados en el grupo «DGVA» de este mismo capítulo; por ello, la herramienta, siendo este un dato ya introducido por el usuario en el grupo «DGVE» del Capítulo I, copia y muestra, en este apartado, este valor. Se establece:

<b>A.3</b>	Perímetro estimado del vertedero	Dato automático (m)
------------	----------------------------------	---------------------

En este apartado la herramienta muestra automáticamente el valor del área estimada disponible para el vertedero, por ser este un dato introducido en el grupo «DGVE» del Capítulo I, estableciéndose:

<b>A.4</b>	Área estimada disponible para el vertedero	Dato automático (ha)
------------	--	----------------------

Uno de los aspectos más importantes para el cálculo de la vida útil del vaso, es conocer la cantidad de residuos que en este se verterán. Para realizar una buena programación es necesario conocer, en primer lugar, el año de inicio de vertidos. Por ello, este apartado solicita que el usuario aporte esta información, estableciéndose:

<b>A.5</b>	Año previsto para el inicio del vertido de residuos en este vaso ( $A_{VR}$ )	2013
		2014
		2015
		2016

El perímetro del vaso, del mismo modo que ocurre con el vertedero o las balsas de pluviales y/o lixiviados, debe estar vallado; por ello, la herramienta solicita que el usuario introduzca esta información, estableciéndose:

<b>A.6</b>	Perímetro estimado del vaso	m
------------	-----------------------------	---

NOTA: Esta información es utilizada en el Capítulo VIII «Cerramientos» para obtener el presupuesto.

Para conocer de forma aproximada el área impermeabilizada, así como la estructura de las celdas unitarias, se necesita información sobre la superficie, perímetro y profundidad promedio del vaso. Por ello, la herramienta solicita en este apartado que el usuario indique el valor correspondiente al área estimada disponible para el vaso, estableciéndose:

<b>A.7</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	m <sup>2</sup>
------------	--	----------------

La profundidad promedio estimada del vaso permite calcular en el capítulo correspondiente la dimensión de los conductos de captación de biogás, así como la definición de la estructura de todas las celdas unitarias para estimar la producción de biogás y lixiviados. En este apartado, la herramienta solicita que el usuario indique este valor, estableciéndose:

<b>A.8</b>	Profundidad promedio estimada del vaso ( $P_{EV}$ )	m
------------	---	---

NOTA: Esta información es utilizada en el Capítulo VII «Biogás» para obtener el presupuesto.

La geometría del vaso generalmente suele adaptarse a la topografía del terreno, que presenta una serie de irregularidades que impiden a la herramienta hallar el volumen y el área impermeabilizada. El proceso de cálculo es mucho más complejo. Por ello, con la finalidad de evitar incluir una elevada cantidad de parámetros, la herramienta solicita que sea el usuario el que indique con un solo dato el área estimada de impermeabilización, o seleccione el valor por defecto que se corresponde con un incremento del 15% con respecto a lo indicado en el apartado A.7, estableciéndose:

<b>A.9</b>	Área estimada de impermeabilización ( $A_I$ )	Cálculo automático (ha)
------------	---	-------------------------

La información introducida en los apartados anteriores permite que el usuario sea consciente de las dimensiones del vaso y pueda estimar de forma aproximada su capacidad.

<b>A.10</b>	Capacidad estimada del vaso ( $C_V$ )	m <sup>3</sup>
-------------	---------------------------------------	----------------

La capacidad estimada del vaso es utilizada por la herramienta para calcular de forma automática la vida útil en función de lo indicado en otros apartados, concretamente, de la población atendida, la generación diaria y la densidad media del vertedero seleccionada en el grupo «Datos generales del vertedero» del Capítulo I, estableciéndose:

<b>A.11</b>	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	Cálculo automático (años)
-------------	--	---------------------------

La vida útil del vaso se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero según tipo de residuo	Inertes
	Capacidad del vaso en m <sup>3</sup> (C <sub>V</sub> )	1.500.000 m <sup>3</sup>
	Densidad media del vaso (D <sub>M</sub> )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Tasa de generación anual (T <sub>GA</sub> )	200.000 t/año
	Vida útil estimada del vertedero (V <sub>UV</sub> )	
$V_{UV} = \frac{C_V \cdot D_M}{T_{GA} \cdot 1000} \rightarrow V_{UV} = 3,75 \text{ años}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la vida útil del vaso cuando el tipo de residuo seleccionado es el correspondiente a inertes.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero según tipo de residuo	No peligrosos/urbanos
	Capacidad del vaso (C <sub>V</sub> )	1.500.000 m <sup>3</sup>
	Densidad media del vaso (D <sub>M</sub> )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Población atendida (P <sub>A</sub> )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria (T <sub>GD</sub> )	1,035 kg/hab·día
Vida útil estimada del vertedero (V <sub>UV</sub> )		
$V_{UV} = \frac{C_V \cdot D_M}{P_A \cdot T_{GD} \cdot 365} \rightarrow V_{UV} = 9,93 \text{ años}$		

NOTA: Cuando seleccionamos como clasificación «no peligrosos» o «urbanos».

<b>Ex</b>	Clase de vertedero según tipo de residuo	Rechazos
	Capacidad del vaso en m <sup>3</sup> (C <sub>V</sub> )	1.500.000 m <sup>3</sup>
	Densidad media del vaso (D <sub>M</sub> )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Población atendida (P <sub>AT</sub> )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria (T <sub>GD</sub> )	0,621 kg/hab·día
Vida útil estimada del vertedero (V <sub>UV</sub> )		
$V_{UV} = \frac{C_V \cdot D_M}{P_{AT} \cdot T_{GD} \cdot 365} \rightarrow V_{UV} = 16,54 \text{ años}$		

NOTA: Cuando seleccionamos como clasificación «rechazos».

El coeficiente de permeabilidad (k) de la barrera geológica natural es un dato que debe conocerse para determinar, conforme a su profundidad, la necesidad o no de colocar una barrera geológica artificial (Real Decreto 1481/2001; Directiva 31/1999). Por ello, la herramienta solicita que el usuario indique una de las opciones disponibles en el desplegable de este apartado, estableciéndose:

A.12	Coeficiente de permeabilidad (k) de la barrera geológica natural	$k < 10^{-7} / k < 10^{-9}$
		$k \geq 10^{-7} / k \geq 10^{-9}$

NOTA: Si el usuario selecciona en el grupo «DGVE» que la clasificación del vertedero en función del residuo, es «inertes», los valores mostrados en el desplegable serán ( $k < 10^{-7}$  y  $k \geq 10^{-7}$ ); si por lo contrario, selecciona que la clasificación se corresponde con residuos «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos», los valores mostrados serán ( $k < 10^{-9}$  y  $k \geq 10^{-9}$ ).

Pero, como se ha indicado anteriormente, la necesidad de colocar una barrera geológica artificial depende principalmente de dos factores, el primero se refiere al valor del coeficiente de permeabilidad analizado en el apartado anterior, y el segundo, a la profundidad de esta capa, es decir, el espesor que tiene la capa que representa el valor del coeficiente de permeabilidad indicado (Figura 5). La herramienta solicita que el usuario seleccione uno de los valores existentes en el desplegable, estableciéndose:

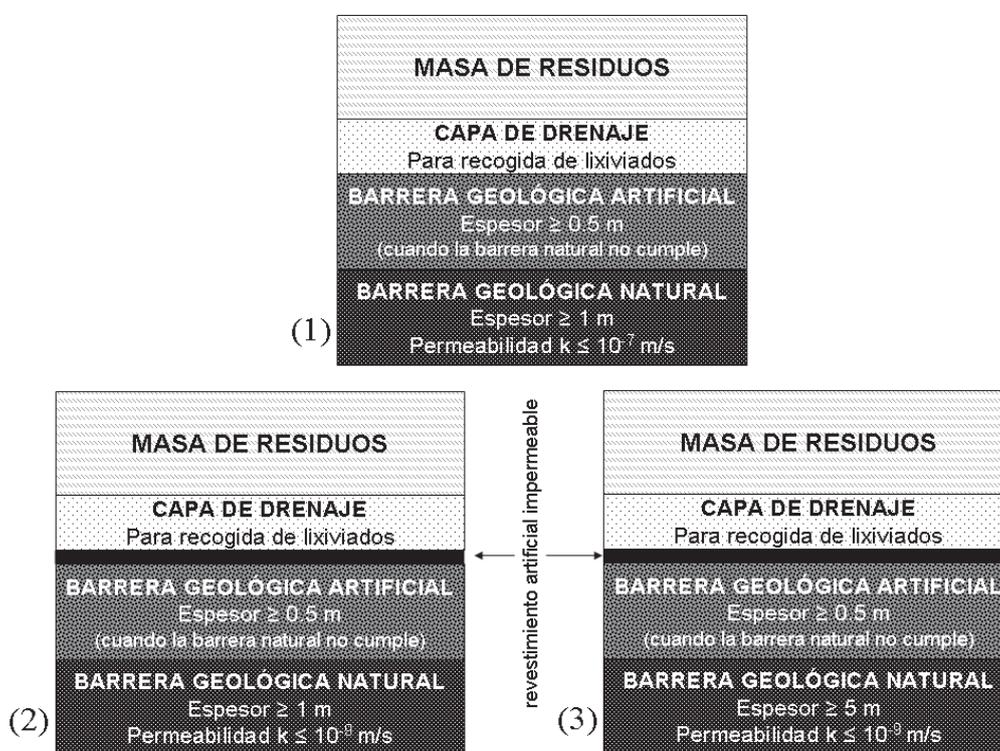


Figura 5. Impermeabilización del vaso según el Real Decreto 1481/2001. (1) vertedero de residuos inertes; (2) vertedero de residuos no peligrosos; (3) vertedero de residuos peligrosos

A.13	Profundidad equivalente de la barrera geológica natural (Pe)	$\leq 1m$
		$> 1m$

El coeficiente de permeabilidad (k) de la barrera geológica natural y su profundidad son los dos valores que necesita la herramienta para indicar de forma automática si es o no necesaria la construcción de una barrera geológica artificial; por ello, conocidos estos valores, este apartado muestra una de las siguientes opciones:

<b>A.14</b> Es necesaria una barrera geológica artificial	Dato automático (sí/no)
---	-------------------------

NOTA: La barrera geológica artificial será necesaria:

1. Residuo Inerte: cuando se cumpla que  $\langle k \geq 10^{-7} \rangle$  y/o  $\langle Pe \leq 1m \rangle$ .
2. Residuo No peligroso/Urbano/Rechazo: cuando se cumpla que  $\langle k \geq 10^{-9} \rangle$  y/o  $\langle Pe \leq 1m \rangle$ .

Como el espesor de la barrera geológica artificial debe ser superior en todos los casos a 0,5 m y es necesario que el usuario sea consciente de ello, la herramienta muestra este dato en este apartado, a partir del cual se realizan los cálculos de metros cúbicos y toneladas que se necesitan para la construcción del vaso:

<b>A.15</b> Espesor de la barrera geológica artificial ( $E_B$ )	Dato automático (>0,5 m)
--	--------------------------

NOTA: Si en el apartado anterior es necesaria una barrera geológica artificial, su espesor será (> 0,5 m).

Otro aspecto a tener en cuenta en la construcción del vaso, conocida su clasificación en función del tipo de residuo, es la necesidad o no de impermeabilizar paredes y fondo para evitar que la generación de lixiviados pueda contaminar el suelo y el agua subterránea.

Por todo ello, la herramienta, atendiendo los datos de los apartados anteriores, indica de forma automática si es o no necesaria la impermeabilización del vaso, estableciéndose:

<b>A.16</b> Es necesario: Geotextil + Geomembrana + Geotextil	Dato automático (sí/no)
---	-------------------------

NOTA: Estas capas serán necesarias siempre que el residuo se corresponda con «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos». La herramienta indicará en este apartado que no son necesarias estas capas si el residuo es «inertes», por considerarse que no se genera lixiviado.

La capa de drenaje es otro elemento fundamental para construir de forma adecuada el vaso de vertido, obligada en todas las clasificaciones de vertederos según tipo de residuos. La herramienta solicita que el usuario indique el espesor deseado, teniendo en cuenta que si este valor es inferior a 0,25 m será considerado como incorrecto. Se establece:

<b>A.17</b> Espesor de la capa de drenaje de recogida de lixiviados ( $E_{RL}$ )	m
--	---

En muchos casos, los vertederos clasificados en función de su residuo como no peligrosos, urbanos o rechazos, suelen hacer uso de una lámina geotextil situada en la cara superior de la capa de drenaje (Tchobanoglous, 1994; Vaquero, 2004; Colomer y Gallardo, 2007). La finalidad es evitar que los aportes plásticos y sólidos de los lixiviados generados sean filtrados hasta alcanzar esta capa, provocando su obstrucción. Por ello, el programa de cálculo indica de forma automática según el tipo de residuo utilizado si es o no necesaria la colocación de esta capa:

<b>A.18</b>	Lámina geotextil en la cara superior de la capa de drenaje	Dato automático (recomendable/no)
-------------	--	-----------------------------------

NOTA: Esta capa se recomienda siempre que los residuos seleccionados sean no peligrosos, urbanos o rechazos. La herramienta indicará en este apartado que no es necesaria si los residuos son inertes.

Como la capa de geotextil mencionada en el apartado anterior no es obligatoria, la herramienta de cálculo solicita que sea el usuario el que indique si la desea o no. Esta elección permite que la herramienta incluya o no este geotextil para ser considerado en el presupuesto final, estableciéndose:

<b>A.19</b>	¿Desea colocar lámina geotextil en la cara superior del drenaje?	Dato automático (sí/no)
-------------	--	-------------------------

## Datos áridos del vaso (DAV)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario compruebe las características del tipo de árido seleccionado para la construcción de la capa de drenaje.

La construcción de la capa de drenaje del vaso se realiza con áridos de gran granulometría, descartándose así todos aquellos áridos que puedan impedir la filtración de lixiviados, tales como arenas o zahorras de pequeño tamaño en lo que a su granulometría se refiere.

Este apartado informa al usuario de los valores introducidos previamente en el grupo «DGTAU» del Capítulo I, en referencia al tipo de árido seleccionado. Se establece:

<b>B.1</b>	Para la construcción de la capa de drenaje del vaso se utilizará:	
<b>B.1.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>B.1.2</b>	Tipo	Dato automático (grava)
<b>B.1.3</b>	Granulometría	Dato automático (mm)

## Datos características del vaso (DCV)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario conozca al detalle la composición de los residuos y otros materiales del vaso y, por tanto, las capas que conforman su estructura. Los datos de todos los apartados se obtienen de forma automática, gracias a la información existente en los grupos anteriores y a que la herramienta establece una serie de relaciones matemáticas que permiten estimar las cantidades aproximadas de cada elemento. A

partir de esos datos, la herramienta realiza en el capítulo correspondiente el presupuesto final.

Determinar la cantidad de arcilla necesaria para la barrera geológica artificial dependerá en primer lugar de si esta es o no necesaria. Por ello, la herramienta debe analizar varios apartados del grupo anterior y decidir en base a la información seleccionada por el usuario, si es necesaria y, en caso de serlo, estimar la cantidad en volumen y peso. Se establece:

<b>C.1</b>	Arcilla necesaria para la barrera geológica artificial ( $C_{AR}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
		Cálculo automático (t)

La arcilla necesaria se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	¿Es necesaria una barrera geológica artificial?	sí/no
	Espesor de la barrera geológica artificial ( $E_B$ )	0,50 m
	Área estimada de impermeabilización ( $A_I$ )	5,75 ha
	Densidad de la arcilla ( $D_{AR}$ )	1,75 t/ $m^3$
	Cantidad de árido necesario ( $C_{AR}$ )	
	$C_{AR1} = A_I \cdot 10000 \cdot E_B \rightarrow C_{AR1} = 28.750 m^3$	
	$C_{AR2} = C_{AR1} \cdot D_{AR} \rightarrow C_{AR2} = 50.312 t$	

NOTA: La herramienta realiza este cálculo siempre que el apartado A14 «¿Es necesaria una barrera geológica artificial?» indique «sí».

Cuando se trata de vertederos clasificados en función del tipo de residuos como «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos», es necesario colocar una capa adicional llamada geotextil. Su función es proteger la geomembrana frente a objetos cortantes o punzantes (piedras, raíces, etc.) y por lo tanto evitar punzonamientos y que la producción de lixiviados contamine el suelo y/o el agua de los acuíferos. La herramienta realiza el cálculo de forma automática y aporta como resultado la cantidad de geotextil necesario en  $m^2$ :

<b>C.2</b>	Lámina de geotextil inferior a la geomembrana ( $L_{GT1}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
------------	---	------------------------------

La lámina geotextil necesaria se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Es necesario: geotextil + geomembrana + geotextil	sí/no
	Área estimada de impermeabilización ( $A_I$ )	5,75 ha
	Cantidad de geotextil necesario ( $L_{GT1}$ )	
	$L_{GT1} = A_I \cdot 10000 \rightarrow L_{GT1} = 57.500 m^2$	

NOTA: La herramienta considera necesario este geotextil en vertederos clasificados como «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos», y no en los que se destinan a vertederos «inertes».

Colocado el geotextil, la segunda fase refiere a la geomembrana, que será la capa que impedirá la contaminación del suelo y el agua freática siempre y cuando su estanqueidad se cumpla. La herramienta realiza el cálculo de forma automática y aporta como resultado la cantidad de geomembrana necesaria en m<sup>2</sup>, estableciéndose:

C.3	Lámina de geomembrana (L <sub>GM</sub> )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
La lámina geomembrana necesaria se obtiene de la siguiente forma:		
Ex	Es necesario: geotextil + geomembrana + geotextil	sí/no
	Área estimada de impermeabilización (A <sub>I</sub> )	5,75 ha
	Cantidad de geomembrana necesaria (L <sub>GM</sub> )	
	$L_{GM} = A_I \cdot 10000 \rightarrow L_{GM} = 57.500 \text{ m}^2$	

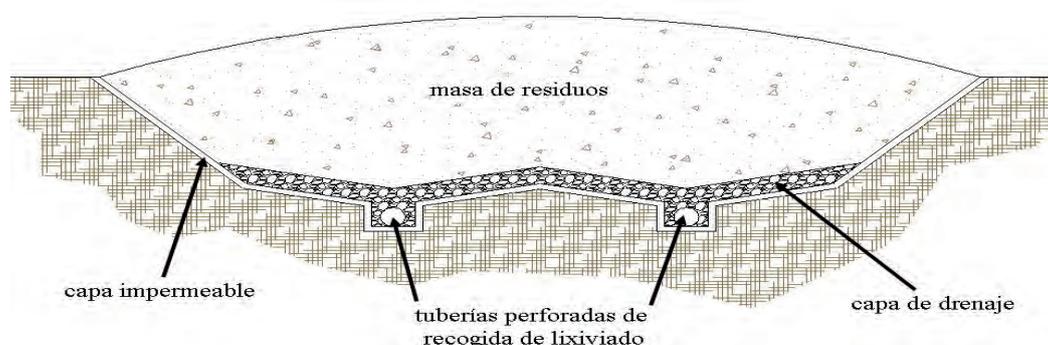


Figura 6. Representación gráfica de la sección de un vertedero con la disposición de las correspondientes capa de drenaje y capa impermeable.

La estanqueidad de la geomembrana queda garantizada frente a la capa de drenaje mediante la colocación de una capa basada en un geotextil. Con ello se evita que la grava utilizada en la capa de drenaje dañe la geomembrana y como consecuencia provoque una fuga de lixiviados que contamine el suelo y el agua subterránea. La herramienta realiza el cálculo de forma automática y aporta como resultado la cantidad de geotextil necesario en m<sup>2</sup>, estableciéndose:

C.4	Lámina geotextil superior a la geomembrana (L <sub>GT2</sub> )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
-----	--	--------------------------------------

La lámina geotextil necesaria se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Es necesario: geotextil + geomembrana + geotextil	sí/no
	Área estimada de impermeabilización ( $A_1$ )	5,75 ha
	Cantidad de geotextil necesario ( $L_{GT2}$ )	
	$L_{GT2} = A_1 \cdot 10000 \rightarrow L_{GT2} = 57.500 \text{ m}^2$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de geotextil necesario. La herramienta considera necesario este geotextil en vertederos clasificados en función del tipo de residuos como «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos», y no en los que se destinan a vertederos «inertes».

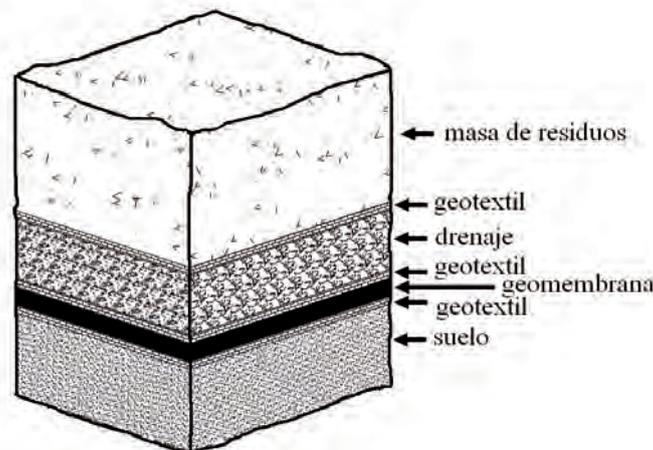


Figura 7. Representación gráfica del orden de las distintas capas en el fondo del vaso

La capa de drenaje (Figura 6), a diferencia de lo que ocurre con las correspondientes a geotextiles y geomembranas (Figura 7), es obligatoria para todos los casos. La herramienta calcula de forma automática la cantidad de áridos necesaria para conformar esta capa, en volumen y peso, según densidades. Se establece:

<b>C.5</b>	Capa de drenaje de recogida de lixiviados ( $C_{RL}$ )	Cálculo automático ( $\text{m}^3$ )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de áridos necesarios para la capa de drenaje se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Espesor de drenaje de la capa de recogida de lixiviados ( $E_{RL}$ )	0,60 m
	Área estimada de impermeabilización ( $A_I$ )	5,75 ha
	Densidad de la grava 40-80 mm ( $D_{GR}$ )	1,90 t/m <sup>3</sup>
	Cantidad de árido necesario ( $C_{RL}$ )	
	$C_{RL} = A_I \cdot 10000 \cdot E_{RL} \rightarrow C_{RL} = 34.500 \text{ m}^3$	
$C_{RL} = A_I \cdot 10000 \cdot E_{RL} \cdot D_{GR} \rightarrow C_{RL} = 65.550 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de áridos necesarios.

Como opción recomendable en el caso de tratar con vertederos clasificados en función del tipo de residuo como «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos», se establece la posibilidad de colocar una nueva capa basada en una lámina de geotextil sobre la capa de drenaje. Si el usuario indica que sí que se debe considerar esta capa, la herramienta calculará del mismo modo que en los apartados anteriores la cantidad en metros cuadrados de geotextil necesario, estableciéndose:

<b>C.6</b>	Lámina geotextil superior capa de drenaje ( $L_{GS}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
------------	--	--------------------------------------

La lámina geotextil necesaria se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	¿Desea colocar una lámina geotextil sobre la capa de drenaje?	sí/no
	Área estimada de impermeabilización ( $A_I$ )	5,75 ha
	Cantidad de geotextil necesario ( $L_{GS}$ )	
	$L_{GS} = A_I \cdot 10000 \rightarrow L_{GS} = 57.500 \text{ m}^2$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de geotextil necesario. La herramienta considera necesario este geotextil siempre que el usuario así lo indique en el apartado A.19.

## Datos económicos del vaso (DEV)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales de los materiales seleccionados para la construcción del vaso, y poder con ello definir posteriormente el presupuesto correspondiente.

Como se ha indicado en el grupo anterior «DCV» y siguiendo el mismo orden de apartados, es decir, el correspondiente al equivalente en el proceso de construcción de un vaso, se establecen en primer lugar, las características de la arcilla destinada para la barrera geológica artificial (cuando esta sea necesaria). Se establece:

	Referencia	Unidad	Coste Unidad	Descripción básica
<b>D.1</b>	DEV-D.1	m <sup>3</sup>	*	Arcilla destinada para barrera geológica artificial
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de material que tiene previsto utilizar

NOTA: El usuario debe saber que la incorporación de datos en los grupos anteriores condicionará de forma notable el presupuesto correspondiente a este capítulo, ya que en algunos casos no será necesario construir una barrera geológica artificial a base de arcillas y en otros sí, como se indica de forma justificada en el apartado correspondiente.

A continuación, la herramienta solicita que el usuario indique el coste y las características del geotextil seleccionado. Se utiliza para proteger la geomembrana y generalmente suelen colocarse dos capas, una de protección inferior y otra superior. Existe la posibilidad de que se considere necesaria la colocación de una capa adicional sobre la de drenaje; por ello, la herramienta lo contempla y solicita en el apartado A.17 que sea el usuario el que decida si desea o no colocarla, estableciéndose:

	Referencia	Unidad	Coste unidad	Descripción básica
<b>D.2</b>	DEV-D.2	m <sup>2</sup>	*	Geotextil inferior a la geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de material que tiene previsto utilizar.

Conocidas las características del geotextil que se va a colocar, la herramienta solicita que el usuario indique en este apartado el coste y las características en referencia a la geomembrana seleccionada. Esta se utiliza para evitar la contaminación del suelo por generación de lixiviados y generalmente suele colocarse entre dos capas de geotextil, utilizadas a modo de protección inferior y superior. Se establece:

	Referencia	Unidad	Coste Unidad	Descripción básica
<b>D.3</b>	DEV-D.3	m <sup>2</sup>	*	Geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de material que tiene previsto utilizar.

Como se indicaba en los apartados anteriores, sobre la geomembrana debe colocarse de nuevo un geotextil; por ello, siguiendo el orden establecido en el grupo anterior, la herramienta recoge en este apartado la información correspondiente a esta capa, estableciéndose:

	Referencia	Unidad	Coste Unidad	Descripción básica
<b>D.4</b>	DEV-D.4	m <sup>2</sup>	*	Geotextil superior a la geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de material que tiene previsto utilizar.

La construcción del vaso debe incorporar además de los geotextiles y la geomembrana, una capa de drenaje con un espesor igual o superior a 0,25 m. De esta forma se consigue filtrar los lixiviados y evitar que los elementos sólidos alcancen los conductos de evacuación. Se establece lo siguiente:

	Referencia	Unidad	Coste Unidad	Descripción básica
<b>D.5</b>	DEV-D.5	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la capa de drenaje
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de material que tiene previsto utilizar.

Finalmente, existe la posibilidad de que se considere necesaria la colocación de una capa adicional sobre la de drenaje; por ello, la herramienta lo contempla y solicita en el apartado A.17 que sea el usuario el que decida si desea o no colocarla. Este apartado recoge la información en referencia a esta capa, estableciéndose:

	Referencia	Unidad	Coste Unidad	Descripción básica
<b>D.6</b>	DEV-D.6	m <sup>2</sup>	*	Geotextil superior a la capa de drenaje
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de material que tiene previsto utilizar.

## CAPÍTULO III

# Diques



El cálculo de la demanda de áridos necesarios para la formación de los diques de fondo, así como los correspondientes a las balsas de pluviales y lixiviados, en caso de ser necesarios, se realiza de forma independiente. Por ello, LABWASTE.12 incorpora en su estructura el Capítulo III «Diques». Este capítulo recoge de forma automática toda la información necesaria disponible en los capítulos anteriores y solicita al usuario toda aquella información adicional. Se ofrece como resultado el valor de la demanda de áridos, la definición de la partida y su coste unitario.

Este capítulo alberga toda la información en referencia a las características de los diques.

*Diques*: construcción, normalmente de tierra o materiales sueltos compactados para contener los residuos y asegurar la estabilidad del talud del vertedero, situado como mínimo y de forma general, en la parte inferior. Se encarga de absorber los esfuerzos y transmitirlos al suelo conservando su posición original (Figura 8).



Figura 8. Diques que conforman el talud exterior de un vertedero

## Datos generales dique de fondo (DGDF)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales del dique.

Para definir correctamente la estructura del dique de fondo de cada vaso, es necesario, que el usuario sea consciente en todo momento de los datos introducidos en el grupo «DGVE» del Capítulo I. Se establece:

<b>A.1</b>	Clase de vertedero en función de la topografía	Dato automático
------------	--	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Otro de los aspectos que se debe tener en cuenta para definir correctamente la estructura del dique de fondo es la clasificación del vertedero en función del residuo. Este, como en el caso anterior, es un dato ya introducido en el grupo «DGVE» del Capítulo I. Por ello, la herramienta lo muestra de nuevo en este apartado de forma automática. Se establece:

<b>A.2</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Dato automático
------------	---	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Uno de los aspectos más importantes para calcular de forma aproximada la estructura del dique de fondo es su longitud. Por ello, este apartado muestra como dato de referencia el perímetro de vaso, indicado en el grupo «DGVA» del Capítulo II.

Esta información permite que el usuario, en apartados posteriores, pueda introducir información en referencia a las dimensiones del dique de fondo acordes con las del vaso diseñado. Se establece:

<b>A.3</b>	Perímetro estimado del vaso	Dato automático (m)
------------	-----------------------------	---------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida.

Ofrecer información sobre el área estimada disponible para el vaso evita que en algunos casos puedan introducirse valores desproporcionados en lo que se refiere a las dimensiones del dique de fondo. Por ello, del mismo modo que en el caso anterior, la herramienta muestra de forma automática esta información, ya introducida en el grupo «DGVA» del Capítulo II.

<b>A.4</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	Dato automático (ha)
------------	--	----------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida.

La profundidad del vaso, indicada en el grupo «DGVA» del Capítulo II, es otro dato importante para calcular adecuadamente la estructura necesaria del dique de fondo y para conocer posteriormente la estabilidad del talud. La herramienta copia este dato desde el grupo «DGVA» del Capítulo II y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>A.5</b>	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida.

La herramienta de cálculo muestra en el siguiente apartado la forma geométrica de la sección del dique de fondo. El usuario debe ser consciente en todo momento de que la estructura del dique siempre se corresponderá con la de un trapecio escaleno, es decir, con diferencia de ángulos entre inclinaciones aguas arriba y aguas abajo:

<b>A.6</b>	Sección del dique	Trapecio escaleno
------------	-------------------	-------------------

En lo que se refiere a las dimensiones del dique, la herramienta muestra por defecto una serie de valores con la finalidad de orientar al usuario sobre las dimensiones más comunes y a partir de las cuales no pueden introducirse valores inferiores. En el caso de la corona del dique, el usuario puede seleccionar el valor existente por defecto o introducir uno distinto, siempre superior, ya que debe considerarse una anchura lo suficientemente amplia como para permitir la circulación de camiones, estableciéndose:

A.7	Anchura de la corona ( $A_{Cl}$ )	5 m
		m

La altura del dique debe estar alrededor de los 10 m, por ello, la herramienta ofrece al usuario la posibilidad de seleccionar por defecto este valor o introducir uno distinto. De esta forma se diseña un sistema seguro (Figura 9), estableciéndose:

A.8	Altura del dique de fondo ( $H_{Df}$ )	10 m
		m

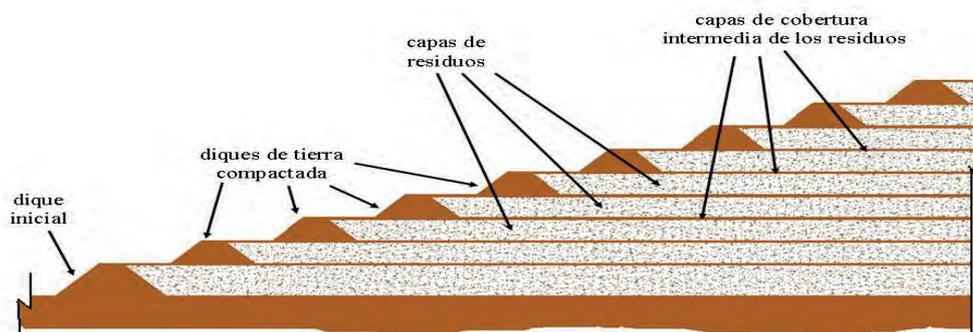


Figura 9. Tipo de disposición de los diques en un vertedero con el dique inicial o dique de fondo y las celdas (Colomer *et al.*, 2009a)

La inclinación del talud aguas arriba es otro dato importante para definir la estructura del dique de fondo, por ello, la herramienta solicita que el usuario seleccione el valor existente por defecto o introduzca uno distinto, siempre inferior. La estabilidad del talud depende de ello, por esa razón la herramienta indicará como erróneo cualquier ángulo superior al existente por defecto. Se establece:

A.9	Inclinación del talud aguas arriba ( $I_{ARI}$ )	45°
		°

La inclinación del talud aguas abajo, igual que en el caso anterior, es un dato importante porque define la estructura del dique de fondo y afecta directamente a su estabilidad. La herramienta de cálculo permite que el usuario seleccione el valor de ángulo existente por defecto o introduzca uno inferior. Si se introducen valores superiores, la herramienta indicará que estos son incorrectos. Se establece:

A.10	Inclinación del talud aguas abajo ( $I_{ABI}$ )	26,6°
		°

Introducida la información en los apartados anteriores, la herramienta calcula de forma automática el valor de la base inferior del dique, estableciéndose:

<b>A.11</b>	Anchura de la base inferior del dique ( $A_{B1}$ )	Cálculo automático (m)
-------------	--	------------------------

La anchura de la base inferior del dique se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Anchura de la corona ( $A_{C1}$ )	5,00 m
	Altura del dique de fondo ( $H_{D1}$ )	10,00 m
	Inclinación del talud aguas arriba ( $I_{AR1}$ )	45°
	Longitud base aguas arriba ( $L_{AR1}$ )	$L_{AR1} = \frac{H_{D1}}{\text{tg}(I_{AR1})} \rightarrow L_{AR1} = 10,00 \text{ m}$
	Inclinación del talud aguas abajo ( $I_{AB1}$ )	26.6°
	Longitud base aguas abajo ( $L_{AB1}$ )	$L_{AB1} = \frac{H_{D1}}{\text{tg}(I_{AB1})} \rightarrow L_{AB1} = 20 \text{ m}$
	Anchura de la base inferior del dique ( $A_{B1}$ )	$A_{B1} = (A_{C1} + L_{AR1} + L_{AB1}) \rightarrow A_{B1} = 35 \text{ m}$

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la anchura de la base inferior del dique. Los resultados variarán en función de los valores seleccionados.

Del mismo modo que en el caso anterior, la herramienta calcula de forma automática el valor del área de la sección del dique, estableciéndose:

<b>A.12</b>	Área de la sección del dique ( $A_{D1}$ )	Dato automático ( $\text{m}^2$ )
-------------	---	----------------------------------

El área de la sección del dique se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Anchura de la corona ( $A_{C1}$ )	5,00 m
	Altura del dique de fondo ( $H_{D1}$ )	10,00 m
	Longitud base aguas arriba ( $L_{AR1}$ )	10,00 m
	Longitud base aguas abajo ( $L_{AB1}$ )	19,97 m
	Área central ( $A_{C1}$ )	$A_{C1} = A_{C1} \cdot H_{D1} \rightarrow A_{C1} = 50 \text{ m}^2$
	Área triángulo aguas arriba ( $A_{TAR1}$ )	$A_{TAR1} = \frac{L_{AR1} \cdot H_{D1}}{2} \rightarrow A_{TAR1} = 50 \text{ m}^2$
	Área triángulo aguas abajo ( $A_{TAB1}$ )	$A_{TAB1} = \frac{L_{AB1} \cdot H_{D1}}{2} \rightarrow A_{TAB1} = 100 \text{ m}^2$
Área de la sección del dique ( $A_{D1}$ )	$A_{D1} = (A_{C1} + A_{TAR1} + A_{TAB1}) \rightarrow A_{D1} = 200 \text{ m}^2$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del área de la sección del dique. Los resultados variarán en función de los valores seleccionados.

Para completar la información de este grupo, es necesario que el usuario indique el valor correspondiente a la longitud del frente de dique. La herramienta incorpora

un enlace al SIGPAC que permite calcular de forma aproximada este valor, estableciéndose:

<b>A.13</b>	Longitud del frente de dique ( $L_{FD}$ )	m
-------------	---	---

## Datos generales dique balsa de pluviales (DGDBP)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales del dique de la balsa de pluviales en caso de ser necesario (Figura 10).

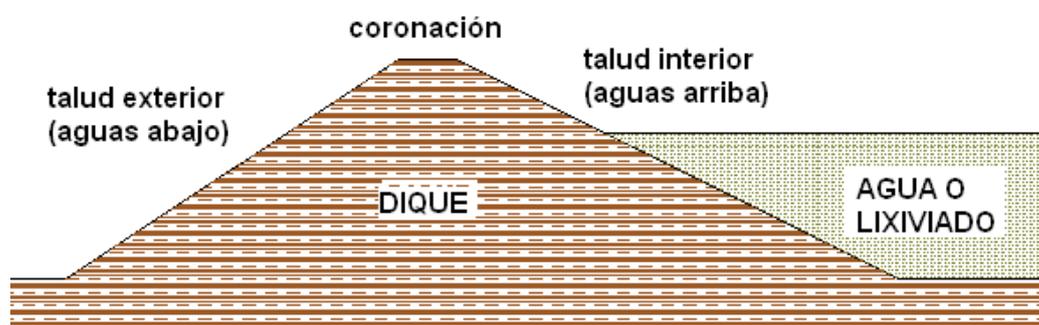


Figura 10. Sección de la representación gráfica de una balsa de lixiviados o de pluviales

Reflejada toda la información de interés en el grupo anterior, concretamente, aquella que hacía referencia a la clasificación del vertedero y a las características del vaso, la herramienta de cálculo solicita para este apartado que el usuario indique si es o no necesaria la construcción de un dique de contención para la balsa de pluviales, ya que, no siempre es necesario y ello depende de la topografía de la zona. Se establece:

<b>B.1</b>	¿Es necesario un dique de contención para la construcción de la balsa de pluviales?	Sí
		No

NOTA: Si el usuario selecciona la segunda opción «No», la herramienta de cálculo le indicará que no es necesario introducir información en los apartados de este grupo.

La herramienta de cálculo muestra en el siguiente apartado la forma geométrica de la sección del dique de contención. El usuario, del mismo modo que en el caso del dique de fondo, debe ser consciente en todo momento de que la estructura del dique siempre se corresponderá con la de un trapecio escaleno, es decir, con diferencia de ángulos entre inclinaciones aguas arriba y aguas abajo:

<b>B.2</b>	Sección del dique	Trapezio escaleno
------------	-------------------	-------------------

En lo que refiere a las dimensiones del dique, la herramienta muestra por defecto una serie de valores con la finalidad de orientar al usuario sobre las dimensiones más comunes. En el caso de la corona, el usuario puede seleccionar el valor existente por defecto o introducir uno distinto, pudiendo ser inferior. No obstante, en algunos casos debe considerarse una anchura suficiente como para permitir la circulación de camiones. Se establece:

<b>B.3</b>	Anchura de la corona ( $A_{C2}$ )	5 m
		m

La altura del dique de contención se corresponderá con lo indicado en el Capítulo V «Pluviales», concretamente con lo especificado en referencia a los datos de dimensionamiento de la balsa de pluviales. La herramienta copiará el valor y lo mostrará de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>B.4</b>	Altura del dique de la balsa de pluviales ( $H_{D2}$ )	Dato automático (m)
------------	--	---------------------

La inclinación del talud aguas arriba es otro dato importante para definir la estructura del dique de contención; no obstante, este valor lo aportará automáticamente la herramienta de cálculo desde el Capítulo V «Pluviales», ya que este depende directamente del dimensionamiento de la balsa de pluviales, estableciéndose:

<b>B.5</b>	Inclinación del talud aguas arriba ( $I_{AR2}$ )	Dato automático (°)
------------	--	---------------------

La inclinación del talud aguas abajo, igual que en el caso anterior, es un dato importante porque define la estructura del dique de contención y afecta directamente a su estabilidad. La herramienta de cálculo permite que el usuario seleccione el valor de ángulo existente por defecto o introduzca uno inferior. Si se introducen valores superiores, la herramienta indicará que estos son incorrectos, estableciéndose:

<b>B.6</b>	Inclinación del talud aguas abajo ( $I_{AB2}$ )	26,6°
		°

Introducida la información en los apartados anteriores, la herramienta calcula de forma automática el valor de la base inferior del dique, estableciéndose:

<b>B.7</b>	Anchura de la base inferior del dique ( $A_{B2}$ )	Cálculo automático (m)
------------	--	------------------------

La anchura de la base inferior del dique se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Anchura de la corona ( $A_{C2}$ )	5,00 m
	Altura del dique de contención ( $H_{D2}$ )	5,00 m
	Inclinación del talud aguas arriba ( $I_{AR2}$ )	45°
	Longitud base aguas arriba ( $L_{AR2}$ )	$L_{AR2} = \frac{H_{D2}}{\text{tg}(I_{AR2})} \rightarrow L_{AR2} = 5,00 \text{ m}$
	Inclinación del talud aguas abajo ( $I_{AB2}$ )	26,6°
	Longitud base aguas abajo ( $L_{AB2}$ )	$L_{AB2} = \frac{H_{D1}}{\text{tg}(I_{AB2})} \rightarrow L_{AB2} = 10 \text{ m}$
	Anchura de la base inferior del dique ( $A_{B2}$ )	$A_{B2} = A_{C2} + L_{AR2} + L_{AB2} \rightarrow A_{B2} = 20 \text{ m}$

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la anchura de la base inferior del dique. Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Del mismo modo que en el caso anterior, la herramienta calcula de forma automática el valor del área de la sección del dique, estableciéndose:

<b>B.8</b>	Área de la sección del dique ( $A_{D2}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
------------	---	--------------------------------------

El área de la sección del dique se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Anchura de la corona ( $A_{C2}$ )	5,00 m
	Altura del dique de balsa de pluviales ( $H_{D2}$ )	5,00 m
	Longitud base aguas arriba ( $L_{AR2}$ )	5,00 m
	Longitud base aguas abajo ( $L_{AB2}$ )	9,98 m
	Área central ( $A_{CP}$ )	$A_{CP} = A_{C2} \cdot H_{D2} \rightarrow A_{CP} = 25 \text{ m}^2$
	Área triángulo aguas arriba ( $A_{TARP}$ )	$A_{TARP} = \frac{L_{AR2} \cdot H_{D2}}{2} \rightarrow A_{TARP} = 13 \text{ m}^2$
	Área triángulo aguas abajo ( $A_{TABP}$ )	$A_{TABP} = \frac{L_{AB2} \cdot H_{D2}}{2} \rightarrow A_{TABP} = 25 \text{ m}^2$
Área de la sección del dique ( $A_{D2}$ )	$A_{D2} = (A_{CP} + A_{TARP} + A_{TABP}) \rightarrow A_{D2} = 63 \text{ m}^2$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del área de la sección del dique. Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Para completar la información de este grupo, es necesario que el usuario indique el valor correspondiente a la longitud del frente de dique. Es posible que el usuario desconozca este dato, por ello, la herramienta incorpora un enlace al SIGPAC que permite consultar de forma gráfica la ubicación del vertedero y calcular de forma aproximada este valor.

<b>B.9</b>	Longitud del frente de dique ( $L_{FD2}$ )	m
------------	--	---

## Datos generales dique balsa de lixiviados (DGDBL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales del dique de la balsa de lixiviados en caso de ser necesario.

Reflejada toda la información de interés en el primer grupo, concretamente aquella que hacía referencia a la clasificación del vertedero y a las características del vaso, la herramienta de cálculo solicita para este apartado que el usuario indique si es o no necesaria la construcción de un dique de contención para la balsa de lixiviados, ya que ello depende de la topografía de la zona, estableciéndose:

<b>C.1</b>	¿Es necesario un dique de contención para la construcción de la balsa de lixiviados?	Sí
		No

NOTA: Si el usuario selecciona la segunda opción «No», la herramienta de cálculo le indicará que no es necesario introducir información en los apartados de este grupo.

La herramienta de cálculo muestra en el siguiente apartado la forma geométrica de la sección del dique de contención. El usuario, del mismo modo que en el caso del dique de fondo, debe ser consciente en todo momento de que la estructura del dique siempre se corresponderá con la de un trapecio escaleno, es decir, con diferencia de ángulos entre inclinaciones aguas arriba y aguas abajo:

<b>C.2</b>	Sección del dique	Trapecio escaleno
------------	-------------------	-------------------

En lo que se refiere a las dimensiones del dique, la herramienta muestra por defecto una serie de valores con la finalidad de orientar al usuario sobre las dimensiones más comunes. En el caso de la corona, el usuario puede seleccionar el valor existente por defecto o introducir uno distinto, pudiendo ser inferior. No obstante, en algunos casos debe considerarse una longitud lo suficientemente amplia como para permitir la circulación de camiones. Se establece:

<b>C.3</b>	Anchura de la corona ( $A_{C3}$ )	5 m
		m

La altura del dique de contención se corresponderá con lo indicado en el Capítulo VI «Lixiviados», concretamente con los datos de dimensionamiento de la balsa de lixiviados. Este dato lo aportará la herramienta de cálculo de forma automática desde ese capítulo. Por ello, el usuario no tendrá que introducir ninguna información, estableciéndose:

<b>C.4</b>	Altura del dique de la balsa de lixiviados ( $H_{D3}$ )	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

La inclinación del talud aguas arriba es otro dato importante para definir la estructura del dique de contención. No obstante, este valor lo aportará automáticamente la herramienta de cálculo desde el Capítulo VI «Lixiviados». Se trata de un valor que depende directamente del dimensionamiento de la balsa de lixiviados, estableciéndose:

<b>C.5</b>	Inclinación del talud aguas arriba ( $I_{AR3}$ )	Dato automático ( $^{\circ}$ )
------------	--	--------------------------------

La inclinación del talud aguas abajo, igual que en el caso anterior, es un dato importante porque define la estructura del dique de contención y afecta directamente a su estabilidad. La herramienta de cálculo permite que el usuario seleccione el valor de ángulo existente por defecto o introduzca uno inferior. Si se introducen valores superiores, la herramienta indicará que estos son incorrectos. Se establece:

<b>C.6</b>	Inclinación del talud aguas abajo ( $I_{AB3}$ )	26,6 $^{\circ}$
		$^{\circ}$

Introducida la información en los apartados anteriores, la herramienta calcula de forma automática el valor de la base inferior del dique, estableciéndose:

<b>C.7</b>	Anchura de la base inferior del dique ( $A_{B3}$ )	Cálculo automático (m)
------------	--	------------------------

La anchura de la base inferior del dique se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Anchura de la corona ( $A_{C3}$ )	5,00 m
	Altura del dique de balsa de lixiviados ( $H_{D3}$ )	3,00 m
	Inclinación del talud aguas arriba ( $I_{AR3}$ )	45 $^{\circ}$
	Longitud base aguas arriba ( $L_{AR3}$ )	$L_{AR3} = H_{D3} / \text{tg}(I_{AR3}) \rightarrow L_{AR3} = 3 \text{ m}$
	Inclinación del talud aguas abajo ( $I_{AB3}$ )	26.6 $^{\circ}$
	Longitud base aguas abajo ( $L_{AB3}$ )	$L_{AB3} = H_{D3} / \text{tg}(I_{AB3}) \rightarrow L_{AB3} = 6 \text{ m}$
	Anchura de la base inferior del dique ( $A_{B3}$ )	$A_{B3} = (A_{C3} + L_{AR3} + L_{AB3}) \rightarrow A_{B3} = 14 \text{ m}$

NOTA: Los resultados variarán en función de los valores seleccionados.

Del mismo modo que en el caso anterior, la herramienta calcula de forma automática el valor del área de la sección del dique, estableciéndose:

<b>C.8</b>	Área de la sección del dique ( $A_{D3}$ )	Dato automático (m $^2$ )
------------	---	---------------------------

El área de la sección del dique se obtiene de la siguiente forma:

EX	Anchura de la corona ( $A_{C3}$ )	5,00 m
	Altura del dique de balsa de lixiviados ( $H_{D3}$ )	3,00 m
	Longitud base aguas arriba ( $L_{AR3}$ )	3,00 m
	Longitud base aguas abajo ( $L_{AB3}$ )	5,99 m
	Área central ( $A_{CT3}$ )	$A_{CT3} = A_{C3} \cdot H_{D3} \rightarrow A_{CT3} = 15 \text{ m}^2$
	Área triángulo aguas arriba ( $A_{TAR3}$ )	$A_{TAR3} = \frac{L_{AR3} \cdot H_{D3}}{2} \rightarrow A_{TAR3} = 5 \text{ m}^2$
	Área triángulo aguas abajo ( $A_{TAB3}$ )	$A_{TAB3} = \frac{L_{AB3} \cdot H_{D3}}{2} \rightarrow A_{TAB3} = 9 \text{ m}^2$
Área de la sección del dique ( $A_{D3}$ )	$A_{D3} = (A_{CT3} + I_{TAR3} + I_{TAB3}) \rightarrow A_{D3} = 29 \text{ m}^2$	

NOTA: Los resultados variarán en función de los valores seleccionados.

Para completar la información de este grupo, es necesario que el usuario indique el valor correspondiente a la longitud del frente de dique. La herramienta incorpora un enlace al SIGPAC que permite calcular de forma aproximada este valor.

C.9	Longitud del frente de dique ( $L_{F3}$ )	m
-----	---	---

## Datos estabilidad de taludes (DET)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para calcular la estabilidad del talud existente sobre el dique de fondo.

El programa informático «Estabilidad de taludes» (creado por el profesor B. Rechea (1996) de la Universidad Politécnica de Valencia) permite calcular la estabilidad de los taludes por medio de su factor de seguridad ( $F_S$ ). No obstante, para el diseño del nomograma representado en la Figura 4 se han aplicado las fórmulas y métodos de cálculo de la mecánica de suelos (Taylor, 1948; Janbu, 1967; Bishop, 1960). En este caso, la información resultante de fijar dos parámetros fundamentales para estar del lado de la seguridad, permite que la herramienta de cálculo pueda obtener automáticamente el valor del factor de seguridad. Como puede observarse en los siguientes apartados, estos datos han sido obtenidos de un resumen de las propiedades geotécnicas de los residuos recogido en Colomer *et al.* (2009a). Estas propiedades informan del valor fijado en referencia a la cohesión efectiva del material ( $C'_0$ ), que es de  $1 \text{ t/m}^2$ , valor muy bajo pero favorable a la seguridad, estableciéndose:

D.1	Cohesión efectiva del material ( $C'_0$ )	$1 \text{ t/m}^2$
-----	---	-------------------

El ángulo de rozamiento efectivo ( $\phi'$ ) es el otro parámetro cuyo valor queda fijado por defecto en  $14^\circ$ , valor muy bajo pero favorable a la seguridad. Estableciéndose:

<b>D.2</b>	Ángulo de rozamiento efectivo ( $\phi'$ )	14°
------------	---	-----

NOTA: Los valores de  $C'_0$  y  $\phi'$  son muy desfavorables, y por lo tanto proporcionan un factor de seguridad igual o menor que real. Para obtener valores más precisos deberían aplicarse los métodos tradicionales de cálculo de estabilidad de taludes, y las propiedades mecánicas del material de construcción del dique, obtenerlas mediante ensayos.

Para determinar la estabilidad de los taludes es necesario conocer el valor de dos variables. En este apartado el usuario deberá seleccionar uno de los valores existentes por defecto o introducir el que desee en referencia a la altura del talud (h), estableciéndose:

<b>D.3</b>	Altura del talud (h)	17 m
		24 m
		31 m
		38 m
		52 m
		66 m
		m

La segunda variable se corresponde con la determinación del valor de inclinación del talud. En este apartado, el usuario, del mismo modo que en el anterior, puede seleccionar unos valores existentes por defecto o introducir otro distinto, estableciéndose:

<b>D.4</b>	Inclinación (°)	14°
		16°
		19°
		23°
		27°
		32°
		45°
		°

Conocidos los valores de cohesión efectiva, ángulo de rozamiento efectivo, altura del talud e inclinación, la herramienta realiza el cálculo automático del valor del factor de seguridad:

<b>D.5</b>	Factor de seguridad (FS)	Cálculo automático
------------	--------------------------	--------------------

NOTA: La estabilidad del talud quedará garantizada siempre que el  $FS \geq 1,4$  (Bureau of Reclamation, 1980; Lambe *et al.*, 1990; Terzaghi *et al.*, 1996). Si la herramienta muestra un valor inferior, este se considerará incorrecto y el usuario tendrá que reducir la altura o su inclinación.

El factor de seguridad se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Cohesión efectiva del material ( $C'_0$ )	1 t/m <sup>2</sup>
	Ángulo de rozamiento efectivo ( $\phi'$ )	14°

<b>Ex</b>	Factor de seguridad	Inclinación talud (°)	Altura del talud (h)					
			17m	24m	31m	38m	52m	66m
		14°	4,30	3,00	1,85	1,55	1,39	1,39
		16°	3,70	2,60	1,70	1,47	1,27	1,23
		19°	3,10	2,22	1,45	1,25	1,16	1,07
		23°	2,84	1,78	1,21	1,09	0,96	0,89
		27°	2,55	1,64	1,10	0,97	0,85	0,79
		32°	2,35	1,55	1,01	0,86	0,74	0,68
		45	1,71	0,96	0,76	0,66	0,56	0,50

NOTA: A partir del programa de cálculo desarrollado por el profesor Rechea de la UPV, se han realizado unos nomogramas para el cálculo del factor de seguridad de un talud, los cuales ofrecen para una cohesión efectiva del material de 1 t/m<sup>2</sup>, un ángulo de rozamiento efectivo de 14° y distintos valores de altura del talud e inclinación, los factores de seguridad de la tabla.

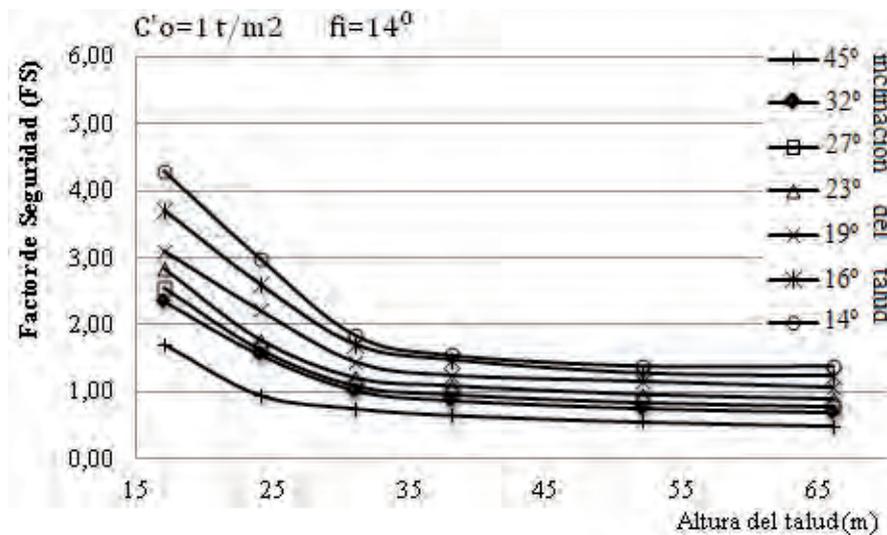


Figura 11. Nomograma realizado a partir de las fórmulas de la mecánica de suelos y propiedades geotécnicas de los residuos. Las líneas marcan distintas inclinaciones (°)

Con la ayuda de la herramienta de cálculo se analizan los valores mostrados en la gráfica y se establecen una serie de relaciones matemáticas que permiten adaptar los valores obtenidos con lo representado. El objetivo es permitir que el usuario pueda introducir cualquier valor en referencia a la altura del talud o de su inclinación y obtener con ello el factor de seguridad.

Factor de seguridad (FS)	Altura del talud (h)						
	17 m	24 m	31 m	38 m	52 m	66 m	
Ex	Inclinación talud (°)	14°	FS = -0,175 · h + 7,25				
					FS = -0,043 · h + 3,18		
							FS = -0,0057 · h + 1,74
		16°	FS = -0,143 · h + 6,10				
					FS = -0,033 · h + 2,72		
							FS = -0,009 · h + 1,75
	19°	FS = -0,118 · h + 5,09					
				FS = -0,029 · h + 2,34			
						FS = -0,006 · h + 1,49	
	23°	FS = 7,895 · e <sup>(-0,06 · h)</sup>					
				FS = -0,017 · h + 1,74			
						FS = -0,007 · h + 1,35	
27°	FS = 6,566 · e <sup>(-0,06 · h)</sup>						
			FS = -0,019 · h + 1,68				
					FS = -0,006 · h + 1,20		
32°	FS = 6,566 · e <sup>(-0,06 · h)</sup>						
			FS = -0,021 · h + 1,67				
					FS = -0,006 · h + 1,09		
45	FS = 0,006 · h <sup>2</sup> - 0,337 · h + 5,82						
			FS = -0,014 · h + 1,20				
					FS = -0,006 · h + 0,87		

## Datos áridos de los diques (DAD)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado para que el usuario compruebe las características del tipo de árido seleccionado para la construcción del dique de fondo y los de contención en caso de ser necesarios.

La construcción de los diques se debe realizar de forma que se garantice la estabilidad de los taludes en el caso de balsas de pluviales o lixiviados y en lo que respecta a diques de fondo. Se deben utilizar áridos de diferentes granulometrías, ya que a mayor compactación, mayor resistencia; por ello, en este caso, las zahorras son la mejor elección. Se establece:

<b>E.1</b>	Para la construcción de los diques de la zona de vertedero se utilizará:	
<b>E.1.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>E.1.2</b>	Tipo	Dato automático (zahorra)
<b>E.1.3</b>	Granulometría	Dato automático (mm)

## Datos características de los diques (DCD)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario conozca la cantidad de áridos necesarios para la construcción del dique de fondo y de los de contención en caso de ser necesarios. Los datos de todos los apartados se obtienen de forma automática, gracias a la información existente en los grupos anteriores y a que la herramienta establece una serie de relaciones matemáticas que siempre son detalladas en los apartados correspondientes.

A partir de la información seleccionada e introducida por el usuario en el primer grupo de este capítulo «Datos generales del dique de fondo», la herramienta determina de forma automática la cantidad de zahorra necesaria para la construcción del dique de fondo, estableciéndose:

<b>F.1</b>	Zahorra necesaria para la construcción del dique de fondo	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de zahorra necesaria para la construcción del dique de fondo se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Sección del dique	Trapezio escaleno
	Anchura de la corona ( $A_{C1}$ )	5 m
	Altura del dique de fondo ( $H_{D1}$ )	10 m
	Inclinación del talud aguas arriba ( $I_{AR1}$ )	45°
	Inclinación del talud aguas abajo ( $I_{AB1}$ )	26,6°
	Anchura de la base inferior del dique ( $A_{B1}$ )	35 m
	Área de la sección del dique ( $A_{D1}$ )	200 m <sup>2</sup>
	Longitud del frente de dique ( $L_{FD}$ )	100 m
	Densidad de la zahorra seleccionada (0-40mm) ( $Z_{G2}$ )	1,90 t/m <sup>3</sup>
	Zahorra necesaria para la construcción del dique de fondo ( $Z_{DF}$ )	
$Z_{DF1} = A_{D1} \cdot L_{FD} \rightarrow Z_{DF1} = 20 \text{ m}^3$		
$Z_{DF2} = Z_{DF1} \cdot Z_{G2} \rightarrow Z_{DF2} = 38 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten calcular de forma automática la cantidad de zahorra necesaria.

Determinar la cantidad de zorra necesaria para la construcción del dique de la balsa de pluviales (Figura 12) depende, en primer lugar, de si este es necesario o no. Por ello, antes de realizar cálculos, la herramienta comprueba los datos seleccionados por el usuario en el segundo grupo «Datos generales del dique de la balsa de pluviales». Si es necesario este dique, la herramienta calcula las cantidades de zorras necesarias, estableciéndose:

<b>F.2</b>	Zorra necesaria para la construcción del dique de la balsa de pluviales	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de zorra necesaria para la construcción del dique de la balsa de pluviales se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Sección del dique	Trapezio escaleno
	Anchura de la corona ( $A_{C2}$ )	5 m
	Altura del dique de la balsa de pluviales ( $H_{D2}$ )	5 m
	Inclinación del talud aguas arriba ( $I_{AR2}$ )	45°
	Inclinación del talud aguas abajo ( $I_{AB2}$ )	26,6°
	Anchura de la base inferior del dique ( $A_{B2}$ )	19,98 m
	Área de la sección del dique ( $A_{D2}$ )	62,46 m <sup>2</sup>
	Longitud del frente de dique ( $L_{FD2}$ )	45 m
	Densidad de la zorra seleccionada (0-40mm) ( $Z_{G2}$ )	1,90 t/m <sup>3</sup>
	Zorra necesaria para la construcción del dique de la balsa de pluviales ( $Z_{DP}$ )	
$Z_{DP1} = A_{D2} \cdot L_{FD2} \rightarrow Z_{DP1} = 2.811 \text{ m}^3$		
$Z_{DP2} = Z_{DP1} \cdot Z_{G2} \rightarrow Z_{DP2} = 5.341 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de zorra necesaria.



Figura 12. Dique de una balsa de lixiviados en un vertedero de un país tropical

También es necesario determinar la cantidad de zahorra necesaria para la construcción del dique de la balsa de lixiviados, teniendo en cuenta que ello depende en primer lugar de si este es necesario o no. Por ello, antes de realizar cálculos, la herramienta comprueba los datos seleccionados por el usuario en el tercer grupo «Datos generales del dique de la balsa de lixiviados». Si es necesario este dique, la herramienta muestra, aplicando la misma operación que en los apartados anteriores, las cantidades de zahorras estimadas, estableciéndose:

<b>F.3</b>	Zahorra necesaria para la construcción del dique de la balsa de lixiviados	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de zahorra necesaria para la construcción del dique de la balsa de lixiviados se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Sección del dique	Trapezio escaleno
	Anchura de la corona (A <sub>C3</sub> )	5 m
	Altura del dique de la balsa de pluviales (H <sub>D3</sub> )	3 m
	Inclinación del talud aguas arriba (I <sub>AR3</sub> )	45°
	Inclinación del talud aguas abajo (I <sub>AB3</sub> )	26,6°
	Anchura de la base inferior del dique (A <sub>B3</sub> )	14 m
	Área de la sección del dique (A <sub>D3</sub> )	28 m <sup>2</sup>
	Longitud del frente de dique (L <sub>FD3</sub> )	45 m
	Densidad de la zahorra seleccionada (0-40mm) (Z <sub>G2</sub> )	1,90 t/m <sup>3</sup>
	Zahorra necesaria para la construcción del dique de la balsa de pluviales (Z <sub>DL</sub> )	
$Z_{DL1} = A_{D3} \cdot L_{FD3} \rightarrow Z_{DL1} = 1.282 \text{ m}^3$		
$Z_{DL2} = Z_{DL1} \cdot Z_{G2} \rightarrow Z_{DL2} = 2.436 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de zahorra necesaria.

## Datos económicos de los diques (DED)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales los áridos seleccionados para la construcción de los diques, y poder con ello definir posteriormente el presupuesto correspondiente.

Como se ha indicado en el grupo «Datos características de los diques» y siguiendo el mismo orden de apartados, se define, en primer lugar, la partida correspondiente a la construcción del dique de fondo. La herramienta de cálculo aportará automáticamente el coste de las zahorras y una descripción completa que podrá ser seleccionada por el usuario o, si así lo desea, introducir una distinta.

	Referencia	ud	Coste ud	Descripción básica
<b>G.1</b>	DED-G.1	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la construcción del dique de fondo
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar

A continuación, se define la partida correspondiente a la construcción del dique de la balsa de pluviales. Si el usuario ha seleccionado en el grupo «Datos generales del dique de la balsa de pluviales» que este no es necesario, esta partida no influirá en el presupuesto final y no será necesaria su definición.

	Referencia	ud	Coste Ud	Descripción básica
<b>G.2</b>	DED-G.2	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la construcción del dique de la balsa de pluviales
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar

NOTA: El usuario debe saber que la incorporación de datos en los grupos anteriores condicionará de forma notable el presupuesto correspondiente a este capítulo, ya que en algunos casos no será necesario construir un dique en la balsa de pluviales y en otros sí, como se indica de forma justificada en el apartado correspondiente.

La última partida a definir es la correspondiente a la construcción del dique de la balsa de lixiviados. Del mismo modo que en el caso anterior, si el usuario ha seleccionado en el grupo «Datos generales del dique de la balsa de lixiviados» que este no es necesario, esta partida no influirá en el presupuesto final y no será necesaria su definición.

	Referencia	Ud	Coste ud	Descripción básica
<b>G.3</b>	DED-G.3	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la construcción del dique de la balsa de lixiviados
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar

NOTA: El usuario debe saber que la incorporación de datos en los grupos anteriores condicionará de forma notable el presupuesto correspondiente a este capítulo, ya que, en algunos casos no será necesario construir un dique en la balsa de lixiviados y en otros sí, como se indica de forma justificada en el apartado correspondiente.

## CAPÍTULO IV

# Celdas unitarias



El cálculo de la demanda de áridos necesarios para los recubrimientos de las celdas unitarias se realiza de forma independiente, por ello LABWASTE.12 incorpora en su estructura el Capítulo V «Celdas unitarias». Este capítulo recoge de forma automática toda la información necesaria disponible en los capítulos anteriores y solicita al usuario toda aquella información adicional. Se ofrece como resultado el valor de la demanda de áridos, la definición de la partida y su coste unitario.

Este capítulo alberga toda la información en referencia a las características de las celdas unitarias (EPA, 1993).

*Celda unitaria*: volumen de material depositado en un vertedero durante un periodo de explotación, normalmente de un día. Una celda incluye los propios residuos sólidos depositados y el material de cobertura, cuya función es minimizar los olores procedentes de la descomposición de estos, dificultar la presencia de roedores y minimizar el vuelo de materiales livianos. Esta cobertura tendrá un espesor de 15 a 30 cm de un material con características determinadas y que preferiblemente se pueda extraer de una zona cercana al vertedero para minimizar costes de transporte (Figura 13).

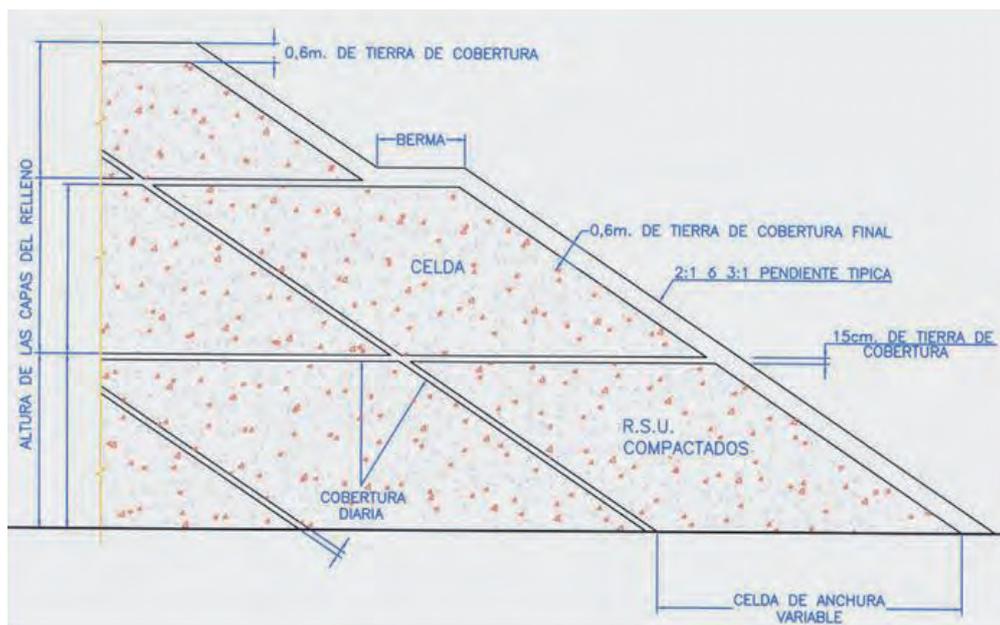


Figura 13. Representación gráfica de las celdas en un vertedero

## Datos generales de las celdas unitarias (DGPU)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente de modo que el usuario pueda introducir la información necesaria que el programa utiliza para conocer las características generales del vertedero, y poder con ello definir la estructura de las celdas necesarias.

Para definir la estructura de las celdas unitarias a lo largo de toda la vida útil del vaso, es necesario que el usuario sea consciente de algunos datos seleccionados en los capítulos anteriores. Por ello, la herramienta de cálculo aporta de forma automática aquella información que puede ser considerada de interés, como es el caso de la clase de vertedero en función de la topografía, estableciéndose:

<b>A.1</b>	Clase de vertedero en función de la topografía	Dato automático
------------	--	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo (DGVE) del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Conocer el tipo de residuo seleccionado, así como las características que lo definen es importante ya que ello puede influir en una mayor o menor compactación, así como en una menor o mayor cantidad de residuos. Se debe considerar que en el caso de rechazos la cantidad de residuos destinados al vertido puede reducirse aproximadamente en un 40 % con respecto a los urbanos sin tratamiento previo. Por ello, la herramienta de cálculo aporta automáticamente esta información desde el Capítulo I, donde ya fue introducida.

<b>A.2</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Dato automático
------------	---	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Conocer el área estimada del vertedero permite que el usuario pueda comprobar en el siguiente apartado si la dimensión del vaso es coherente o por el contrario es diferente a lo deseado.

<b>A.3</b>	Área estimada disponible para el vertedero	Dato automático (m <sup>2</sup> )
------------	--	-----------------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Uno de los datos más importantes para permitir que la herramienta realice los cálculos necesarios en este grupo, es conocer el área del vaso, por ello, se establece en este apartado:

<b>A.4</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	Dato automático (m <sup>2</sup> )
------------	--	-----------------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Para definir la estructura de las celdas, es preciso conocer la profundidad del vaso. Esta información, como la correspondiente al apartado anterior, es utilizada para realizar los cálculos necesarios. Se establece:

<b>A.5</b>	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida.

Para calcular el número de celdas que pueden formarse en el vaso diseñado, es necesario conocer previamente una serie de datos, entre ellos, el referente a la capacidad estimada del vaso. Se establece:

<b>A.6</b>	Capacidad estimada del vaso ( $C_V$ )	Dato automático ( $m^3$ )
------------	---------------------------------------	---------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida.

Conocer la cantidad de población atendida es importante, este dato ya fue introducido en el grupo «Datos generales del vertedero» y la herramienta de cálculo se encarga de mostrarlo de nuevo en este apartado. Se establece:

<b>A.7</b>	Población atendida ( $P_{AT}$ )	Dato automático (habitantes)
------------	---------------------------------	------------------------------

Para que la herramienta defina el número de celdas que puede contener el vaso diseñado en el Capítulo II «Vaso», es necesario conocer la tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ ). Este valor fue introducido por el usuario en el Capítulo I «Datos generales», la herramienta lo copia y lo muestra de nuevo en este apartado para que el usuario sea consciente de la cifra introducida y pueda comprobar la veracidad de los cálculos realizados. Se establece:

<b>A.8</b>	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	Dato automático (kg/hab·día)
------------	--	------------------------------

La densidad media del vertedero ( $D_M$ ) es otro de los valores que la herramienta utiliza para calcular el número de celdas que puede contener el vaso diseñado en el Capítulo II «Vaso». Como este dato ya fue introducido en el Capítulo I «Datos generales», la herramienta lo copia y lo refleja de nuevo en este apartado. De este modo, como en el caso anterior, el usuario es consciente del valor que se utilizará para el cálculo y puede comprobar si es o no un dato veraz. Se establece:

<b>A.9</b>	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	Dato automático (kg/ $m^3$ )
------------	--	------------------------------

Conocer el valor de la vida útil del vaso permite que la herramienta calcule el periodo de tiempo durante el cual se demandarán unas cantidades determinadas de áridos. Este dato, del mismo modo que los anteriores, ya fue introducido en el Capítulo II «Vaso», por ello, la herramienta lo copia y lo refleja de nuevo en esta apartado, estableciéndose:

<b>A.10</b>	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	Dato automático (años)
-------------	--	------------------------

Para poder realizar un cálculo aproximado del número de celdas que puede contener el vaso diseñado en el Capítulo II «Vaso», es necesario conocer, entre otros valores, el correspondiente a la altura de las celdas. Por ello, siendo este un valor desconocido, la herramienta solicita que el usuario seleccione uno de los valores existentes por defecto o introduzca otro distinto, estableciéndose:

<b>A.11</b>	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	3 m
		4 m
		5 m
		m

NOTA: La herramienta permite que el usuario introduzca valores entre 3 y 7 m. Si este valor es inferior, se indicará que lo recomendado es que se alcancen al menos los 3 m y si ocurre lo contrario, es decir, se introduce un valor superior a 7 m, se indicará que es incorrecto por verse afectada la estabilidad de las celdas.

La demanda de áridos en este capítulo va destinada principalmente a la construcción de la capa de cobertura. Esta, generalmente suele poseer un espesor que varía entre 0,15 m y 0,30 m. La herramienta solicita en este apartado que el usuario seleccione uno de los valores existentes por defecto o introduzca uno distinto, estableciéndose:

<b>A.12</b>	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
		0,30 m
		m

NOTA: La herramienta permite que el usuario introduzca valores entre 0,15 y 0,30 m. Si este valor es inferior, se indicará que lo recomendado es que se alcancen al menos los 0,15 m y si ocurre lo contrario, es decir, se introduce un valor superior a 0,30 m, se indicará que es incorrecto por dificultar la captación de biogás y/o captación de lixiviados.

La información reflejada en los apartados anteriores permite que la herramienta calcule de forma automática el área diaria necesaria para depositar los residuos. Este dato es utilizado para calcular en otros apartados el número de celdas que puede contener el vaso y estimar la cantidad de áridos demandados para la construcción de la capa de cobertura de las celdas.

<b>A.13</b>	Área diaria necesaria para depositar residuos ( $A_{DN}$ )	Cálculo automático ( $m^2/día$ )
-------------	--	----------------------------------

El área diaria necesaria para depositar residuos se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	Tasa de generación anual ( $T_{GA}$ )	200.000 t/año
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área diaria necesaria para depositar residuos ( $A_{DN}$ )	
$A_{DN} = \frac{T_{GA} \cdot 1000}{D_M \cdot H_{CU} \cdot 365} \rightarrow A_{DN} = 273,97 \text{ m}^2/\text{día}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten calcular automáticamente el valor del área diaria necesaria para depositar residuos. Si se selecciona «Inertes» como clase de vertedero en función del residuo.

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/urbanos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	1,035 kg/hab·día
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área diaria necesaria para depositar residuos ( $A_{DN}$ )	
$A_{DN} = \frac{P_{AT} \cdot T_{GD}}{D_M \cdot H_{CU}} \rightarrow A_{DN} = 103,50 \text{ m}^2/\text{día}$		

NOTA: Si se selecciona «No peligrosos» o «Urbanos» como clase de vertedero en función del residuo.

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	0,621 kg/hab·día
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área diaria necesaria para depositar residuos ( $A_{DN}$ )	
$A_{DN} = \frac{P_{AT} \cdot T_{GD}}{D_M \cdot H_{CU}} \rightarrow A_{DN} = 62,10 \text{ m}^2/\text{día}$		

NOTA: Si se selecciona la opción «Rechazos» como clase de vertedero en función del residuo.

A continuación, con la finalidad de permitir estimar la demanda mensual de áridos necesarios para la cobertura de las celdas, la herramienta calcula automáticamente y siguiendo el mismo proceso de cálculo que en el apartado anterior, el área mensual necesaria para depositar residuos, estableciéndose:

<b>A.14</b>	Área mensual necesaria para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> /mes)
-------------	---	--

El área mensual necesaria para depositar residuos se obtiene de la siguiente forma:

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	Tasa de generación anual ( $T_{GA}$ )	200.000 t/año
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área mensual necesaria para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	
	$A_{MN} = \frac{T_{GA} \cdot 1000}{D_M \cdot H_{CU} \cdot 12} \rightarrow A_{MN} = 8.333,33 \text{ m}^2/\text{mes}$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del área mensual necesaria para depositar residuos. La herramienta realiza este cálculo siempre que el usuario haya seleccionado la opción «Inertes» como clase de vertedero en función del residuo.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/urbanos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	1,035 kg/hab·día
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área mensual necesaria para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	
$A_{MN} = \frac{T_{GD} \cdot P_{AT} \cdot 365}{D_M \cdot H_{CU} \cdot 12} \rightarrow A_{MN} = 3.148,13 \text{ m}^2/\text{mes}$		
NOTA: Si se selecciona «No peligrosos» o «Urbanos» clase de vertedero en función del residuo.		

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	0,621 kg/hab·día
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área mensual necesaria para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	
$A_{MN} = \frac{T_{GD} \cdot P_{AT} \cdot 365}{D_M \cdot H_{CU} \cdot 12} \rightarrow A_{MN} = 1.888,88 \text{ m}^2/\text{mes}$		
NOTA: Si se selecciona la opción «Rechazos» como clase de vertedero en función del residuo.		

Del mismo modo que en el caso anterior, la herramienta calcula el área y la demanda de áridos necesaria para la capa de cobertura, pero en este apartado con una previsión anual, estableciéndose:

<b>A.15</b>	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> /año)
El área anual necesaria para depositar residuos se obtiene de la siguiente forma:		
<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	Tasa de generación anual ( $T_{GA}$ )	200.000 t/año
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	
	$A_{AN} = \frac{T_{GA} \cdot 1000}{D_M \cdot H_{CU}} \rightarrow A_{AN} = 100.000,00 \text{ m}^2/\text{año}$	
NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del área anual necesaria para depositar residuos. La herramienta realiza este cálculo siempre que el usuario haya seleccionado la opción «Inertes» como clase de vertedero en función del residuo.		

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/Urbanos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	1,035 kg/hab·día
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	
$A_{AN} = \frac{T_{GD} \cdot P_{AT} \cdot 365}{D_M \cdot H_{CU}} \rightarrow A_{AN} = 37.777,50 \text{ m}^2/\text{año}$		

NOTA: Si se selecciona «No peligrosos» o «Urbanos» clase de vertedero en función del residuo.

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	0,621 kg/día
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	
$A_{AN} = \frac{T_{GD} \cdot P_{AT} \cdot 365}{D_M \cdot H_{CU}} \rightarrow A_{AN} = 22.666,50 \text{ m}^2/\text{año}$		

NOTA: Si se selecciona la opción «Rechazos» como clase de vertedero en función del residuo.

Por último y siguiendo el mismo proceso de cálculo, la herramienta estima el área de vertido y la demanda de áridos destinados para la cobertura de las celdas durante toda la vida útil del vaso. Se establece:

<b>A.15</b>	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	Cálculo automático (ha)
-------------	---	-------------------------

El área necesaria para depositar residuos durante la vida útil estimada del vaso diseñado:

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	Tasa de generación anual ( $T_{GA}$ )	200.000 t/año
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	3,75 años
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área necesaria para depositar residuos durante la vida útil del vaso ( $A_{VN}$ )	
$A_{VN} = \frac{T_{GA} \cdot V_{UV}}{D_M \cdot H_{CU} \cdot 10} \rightarrow A_{VN} = 37,50 \text{ ha}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del área necesaria para depositar residuos durante la vida útil estimada del vaso. La herramienta realiza este cálculo siempre que el usuario haya seleccionado la opción «Inertes» como clase de vertedero.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/Urbanos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	1,035 kg/hab·día
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	9,93 años
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	
$A_{AN} = \frac{T_{GD} \cdot P_{AT} \cdot V_{UV} \cdot 365}{D_M \cdot H_{CU} \cdot 10000} \rightarrow A_{AN} = 37,50 \text{ ha}$		

NOTA: Si se selecciona «No peligrosos» o «Urbanos» clase de vertedero en función del residuo.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	0,621 kg/hab·día
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	16,54 años
	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	500 kg/m <sup>3</sup>
	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	4 m
	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	
$A_{AN} = \frac{T_{GD} \cdot P_{AT} \cdot V_{UV} \cdot 365}{D_M \cdot H_{CU} \cdot 10000} \rightarrow A_{AN} = 37,50 \text{ ha}$		

NOTA: Si se selecciona la opción «Rechazos» como clase de vertedero en función del residuo.

## Datos áridos celda unitaria (DACU)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario compruebe las características del tipo de árido seleccionado para la construcción de la capa de cobertura de las celdas unitarias.

La construcción de la capa de cobertura se debe realizar haciendo uso de áridos permeables y de granulometría fina, que permitan el paso de lixiviados a través de sus poros (Vaquero, 2004). Generalmente, el proceso de construcción se basa en el vertido de los áridos y la posterior compactación, quedando así una superficie plana y consistente sobre la que posteriormente pueden construirse nuevas celdas, en caso de ser necesarias. Se establece:

<b>B.1</b>	Para la construcción de las celdas unitarias se utilizará:	
<b>B.1.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>B.1.2</b>	Tipo	Dato automático (Arena)
<b>B.1.3</b>	Granulometría	Dato automático (mm)

## Datos características celda unitaria (DCCU)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario conozca la cantidad de áridos que son necesarios para la construcción de la capa de cobertura. Los datos de todos los apartados se clasifican en función del tiempo de estimación y se obtienen de forma automática. Todo ello, gracias a la información existente en los grupos anteriores y a que la herramienta aplica una serie de relaciones matemáticas; estas son detalladas en los apartados correspondientes.

A partir de la información seleccionada e introducida por el usuario en el primer grupo de este capítulo «Datos generales celda unitaria», la herramienta determina de forma automática la cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura diaria, estableciéndose:

<b>C.1</b>	Capa de cobertura necesaria diariamente ( $C_{CND}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura diaria se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área diaria necesaria para depositar residuos ( $A_{DN}$ )	273,97 $m^2/día$
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 $t/m^3$
	Capa de cobertura necesaria diariamente ( $C_{CND}$ )	
	$C_{CND1} = A_{DN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CND1} = 41,10 m^3$	
$C_{CND2} = C_{CND1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CND2} = 69,86 t$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura diaria. Cuando se selecciona «Inertes» como clase de vertedero en función del residuo.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/urbanos
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área diaria necesaria para depositar residuos ( $A_{DN}$ )	103,50 $m^2/día$
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 $t/m^3$
	Capa de cobertura necesaria diariamente ( $C_{CND}$ )	
	$C_{CND1} = A_{DN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CND1} = 15,53 m^3$	
$C_{CND2} = C_{CND1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CND2} = 26,39 t$		

NOTA: Si se selecciona «No peligrosos» o «Urbanos» clase de vertedero en función del residuo.

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área diaria necesaria para depositar residuos ( $A_{DN}$ )	62,10 m <sup>2</sup> /día
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura necesaria diariamente ( $C_{CND}$ )	
	$C_{CND1} = A_{DN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CND1} = 9,32 \text{ m}^3$	
$C_{CND2} = C_{CND1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CND2} = 15,84 \text{ t}$		
NOTA: Si se selecciona «Rechazos» clase de vertedero en función del residuo.		

A continuación, del mismo modo que en el apartado anterior, la herramienta determina de forma automática la cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura mensual, estableciéndose:

C.2	Capa de cobertura necesaria mensualmente ( $C_{CNM}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de árido necesaria para la construcción de la capa de cobertura mensual se obtiene de la siguiente forma:

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área mensual necesaria para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	8.333,33 m <sup>2</sup> /mes
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura necesaria mensualmente ( $C_{CNM}$ )	
	$C_{CNM1} = A_{MN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNM1} = 1.250,00 \text{ m}^3$	
$C_{CNM2} = C_{CNM1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNM2} = 2.125,00 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura mensual. Cuando se selecciona «Inertes» como clase de vertedero en función del residuo.

Ex	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/Urbanos
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área mensual necesaria para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	3.148,13 m <sup>2</sup> /mes
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura necesaria mensualmente ( $C_{CNM}$ )	
	$C_{CNM1} = A_{MN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNM1} = 472,22 \text{ m}^3$	
$C_{CNM2} = C_{CNM1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNM2} = 802,77 \text{ t}$		

NOTA: Si se selecciona «No peligrosos» o «Urbanos» clase de vertedero en función del residuo.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área mensual necesaria para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	1.888,88 m <sup>2</sup> /mes
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura necesaria mensualmente ( $C_{CNM}$ )	
	$C_{CNM1} = A_{MN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNM1} = 283,33 \text{ m}^3$	
$C_{CNM2} = C_{CNM1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNM2} = 481,66 \text{ t}$		

NOTA: Si se selecciona «Rechazos» clase de vertedero en función del residuo.

El tercer apartado de este grupo ha sido diseñado para que la herramienta calcule de forma automática la cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura anual. Las relaciones matemáticas establecidas permiten que la herramienta realice con éxito estos cálculos, estableciéndose:

<b>C.3</b>	Capa de cobertura necesaria anualmente ( $C_{CNA}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura anual se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	100.000,00 m <sup>2</sup> /anual
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura necesaria anualmente ( $C_{CNA}$ )	
	$C_{CNA1} = A_{AN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNA1} = 15.000,00 \text{ m}^3$	
$C_{CNA2} = C_{CNA1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNA2} = 25.500,00 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura anual. Cuando se selecciona «Inertes» como clase de vertedero en función del residuo.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/Urbanos
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	37.777,50 m <sup>2</sup> /anual
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura necesaria anualmente ( $C_{CNA}$ )	
	$C_{CNA1} = A_{AN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNA1} = 5.666,63 \text{ m}^3$	
$C_{CNA2} = C_{CNA1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNA2} = 9.633,26 \text{ t}$		

NOTA: Si se selecciona «no peligrosos» o «urbanos» como clase de vertedero en función del residuo.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	22.666,50 m <sup>2</sup> /año
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura necesaria anualmente ( $C_{CNA}$ )	
	$C_{CNA1} = A_{AN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNA1} = 3.399,98 \text{ m}^3$	
	$C_{CNA2} = C_{CNA1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNA2} = 5.779,96 \text{ t}$	

NOTA: Si se selecciona «rechazos» como clase de vertedero en función del residuo.

A continuación, la herramienta calcula de forma automática la cantidad de árido necesaria para la construcción de la capa de cobertura durante toda la vida útil del vaso. Las relaciones matemáticas establecidas permiten realizar estos cálculos, estableciéndose:

<b>C.4</b>	Capa de cobertura estimada para la vida útil del vaso ( $C_{CNAV}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de cobertura durante toda la vida útil del vaso se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	37,50 ha
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	3,75 años
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura estimada para la vida útil del vaso ( $C_{CNAV}$ )	
	$C_{CNAV1} = A_{VN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNAV1} = 56.250,00 \text{ m}^3$	
$C_{CNAV2} = C_{CNAV1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNAV2} = 95.625,00 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de árido necesaria para la construcción de la capa de cobertura durante la vida útil del vaso. Cuando se selecciona «Inertes» como clase de vertedero en función del residuo.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/Urbanos
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	37,50 ha
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	9,93 años
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura estimada para la vida útil del vaso ( $C_{CNV}$ )	
	$C_{CNV1} = A_{VN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNV1} = 56.250,00 \text{ m}^3$	
	$C_{CNV2} = C_{CNV1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNV2} = 96.625,26 \text{ t}$	

NOTA: Si se selecciona «no peligrosos» o «urbanos» clase de vertedero en función del residuo.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	0,15 m
	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	37,50 ha
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	16,54 años
	Densidad de la arena seleccionada ( $D_{AS}$ )	1,70 t/m <sup>3</sup>
	Capa de cobertura necesaria para la vida útil del vaso ( $C_{CNV}$ )	
	$C_{CNV1} = A_{VN} \cdot E_{MC} \rightarrow C_{CNV1} = 56.250,00 \text{ m}^3$	
	$C_{CNV2} = C_{CNV1} \cdot D_{AS} \rightarrow C_{CNV2} = 95.625,00 \text{ t}$	

NOTA: Si se selecciona «rechazos» como clase de vertedero en función del residuo.

## Datos económicos celda unitaria (DECU)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente con el fin de que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales de los áridos seleccionados para la construcción de las capas de cobertura, y poder con ello, definir posteriormente el presupuesto correspondiente.

El coste económico de la construcción de la capa de cobertura queda reflejado por un presupuesto que se compone de una única partida. La herramienta de cálculo aporta automáticamente el coste de las arenas y una descripción completa que puede ser seleccionada por el usuario o, si así lo desea, introducir una distinta. Es importante mencionar que en esta partida el usuario puede seleccionar, en descripción básica, si el cálculo de la demanda de áridos quiere que se realice en previsión de: días, meses, años o para la vida útil estimada del vaso.

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
<b>D.1</b>	DECU-D.1	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la construcción de la capa de cobertura (previsión diaria)
				Áridos para la construcción de la capa de cobertura (previsión mensual)
				Áridos para la construcción de la capa de cobertura (previsión anual)
				Áridos para la construcción de la capa de cobertura (previsión vida útil)
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar. Seleccionará una de las opciones disponibles en el desplegable de descripción básica.

## CAPÍTULO V

# Pluviales



La evacuación de pluviales es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en el diseño de un vertedero, ya que puede acarrear problemas graves derivados de la contaminación del suelo aguas abajo por arrastre de contaminantes. LABWASTE.12 considera este aspecto y por ello incorpora en su estructura el Capítulo V «Pluviales», que recoge de forma automática toda la información necesaria disponible en los capítulos anteriores y solicita al usuario toda aquella información adicional.

Este capítulo alberga todos los datos correspondientes a las estructuras de evacuación y captación de aguas pluviales en los vertederos (EPA, 1993; Vaquero, 2004).

## Datos generales canal perimetral recogida de pluviales (DGCPP)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente con el fin de que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer si es o no necesario dotar al vertedero de un sistema de evacuación de aguas pluviales.

*Canal de evacuación de pluviales:* canal construido para desviar el agua de lluvia procedente de la escorrentía originada aguas arriba del relleno sanitario y evacuar aguas abajo. Este canal está diseñado para reducir el volumen de lixiviado generado y evitar el arrastre de residuos contaminantes aguas abajo (Figura 14).



Figura 14. Arrastre del material de cobertura de un vertedero ocasionado por la ausencia del canal de evacuación de pluviales

Para diseñar las estructuras de evacuación de pluviales, es necesario conocer previamente el tipo de vertedero en función de la topografía (Tchobanoglous, 1994), por ello, este apartado muestra de forma automática el valor seleccionado por el usuario en el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», estableciéndose:

<b>A.1</b>	Clase de vertedero en función de la topografía	Dato automático
------------	--	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo (DGVE) del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Es probable que algunos vertederos puedan prescindir de algunas estructuras de evacuación de pluviales, como es el caso de aquellos clasificados en función de su topografía como «en área». Por ello, la herramienta solicita que el usuario indique alguna de las siguientes opciones:

<b>A.2</b>	¿Es necesario un canal perimetral para evacuar pluviales?	Sí
		No

Es muy importante conocer, además del valor de pluviometría más desfavorable, el periodo de recogida de datos de la estación de referencia. Este dato permitirá que la herramienta calcule de forma automática, con la aplicación de la media y la varianza, el caudal de evacuación. El valor del periodo de recogida de datos ya fue introducido con anterioridad en el grupo «DCO» del primer capítulo. Por ello, este valor es mostrado de forma automática en este apartado, estableciéndose:

<b>A.3</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	Dato automático (años)
------------	---	------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Es necesario, para el cálculo del caudal, conocer la media de las precipitaciones máximas anuales registradas para el periodo indicado en el apartado anterior. Por ello, la herramienta muestra de forma automática este valor, que ya fue introducido en el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales». La finalidad de este apartado es que el usuario pueda comprobar esta información y sea consciente de que el caudal se calculará en base a ese valor, estableciéndose:

<b>A.4</b>	Media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h ( $P_{MM}$ )	Dato automático (L/m <sup>2</sup> )
------------	--	-------------------------------------

Otro dato necesario para calcular el valor del caudal de evacuación es el resultado del cálculo de la desviación típica de los datos de precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h a lo largo del periodo indicado en el apartado A.3. La herramienta muestra de forma automática este valor que ya fue introducido en el grupo «DCO» por el usuario, estableciéndose:

<b>A.5</b>	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24 h ( $D_{TM}$ )	Dato automático
------------	--	-----------------

El periodo de retorno debe ser considerado para calcular adecuadamente el caudal de evacuación de pluviales. Generalmente, se exige que este sea equivalente a 100 años o superior, no obstante, es posible que en algunas comunidades no existan ni

recomendaciones ni obligaciones; por ello, la herramienta, solicita que el usuario seleccione uno de los valores existentes por defecto en este apartado, estableciéndose:

<b>A.6</b>	Periodo de retorno estimado (Pr)	50 años
		100 años
		500 años

Otro de los factores que influyen de forma directa en el cálculo del caudal de evacuación es el área de captación de la cuenca, ya que a mayor área mayor será el volumen necesario de agua a evacuar y, como consecuencia, mayor la dimensión del canal que se debe construir. Ello, como es de suponer, influye también en la cantidad de árido necesaria para la fabricación del hormigón, por lo que este es un factor muy importante y como tal debe ser considerado. La herramienta solicita que el usuario introduzca este valor, bien de forma directa o mediante la consulta al SIGPAC, estableciéndose así:

<b>A.7</b>	Área de captación de la cuenca (Ac) (Máximo 25 % árido reciclado)	m <sup>2</sup>
------------	---	----------------

El coeficiente de seguridad se aplica en muchos casos para dimensionar el canal de forma más segura, por ello, la herramienta, con la finalidad de ofrecer un dimensionado siempre del lado de la seguridad, ofrece al usuario la posibilidad de aplicar este valor. Se establece:

<b>A.8</b>	Coeficiente de seguridad aplicado (Cs)	1,10
		1,15
		1,20

Conocidos los valores de todos los apartados de este grupo, la herramienta calcula de forma automática el valor del caudal de evacuación de pluviales. Para ello, se aplica la ecuación de Gumbel, como se puede observar a continuación. Este es sin duda el dato más importante de este capítulo ya que permite dimensionar el canal de pluviales necesario. Se establece:

<b>A.9</b>	Caudal de agua (Q)	Cálculo automático (m <sup>3</sup> /s)
------------	--------------------	--

El caudal de agua se calcula aplicando el método de distribución estándar de Gumbel:

<b>Ex.1</b>	$Pr = \left( \frac{1}{1 - F(x)} \right) \rightarrow$	Pr	Periodo de retorno. Valor conocido usuario
	$F(x) = - \left( \frac{1 - Pr}{Pr} \right)$	F(x)	Se obtiene el valor de esta incógnita

Ex.2	$F(x) = e^{-e^{-b}} \rightarrow b = -\ln(-\ln(F(x)))$	F(x)	Incógnita anterior. Valor conocido
		b	Se obtiene el valor de esta incógnita
Ex.3	$b = \sigma * \left( \frac{P_{CR1} - P_{MM}}{S_X} \right) + \mu$ $P_{CR1} = \frac{b - \mu + \left( \frac{\sigma \cdot P_{MM}}{S_X} \right)}{\left( \frac{\sigma}{S_X} \right)}$	$\sigma$	Valor obtenido de la tabla de Gumbel
		b	Incógnita anterior. Valor conocido
		$P_{MM}$	Media de precipitación máx. 24 h. Periodo considerado
		$S_X$	Desviación típica de precipitación máx. 24 h. Periodo considerado
			Valor obtenido de la tabla de Gumbel
		$P_{CR1}$	Precipitación calculada para el periodo de retorno (L/m <sup>2</sup> ·h)

Tabla de Gumbel	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	$\mu$	$\sigma$
	10	0,4952	0,9496
	15	0,5128	1,0206
	20	0,5236	1,0628
	25	0,5309	1,0914
	30	0,5362	1,1124
	35	0,5403	1,1285
	40	0,5436	1,1413
	45	0,5463	1,1518
	50	0,5485	1,1607
	55	0,5504	1,1682
	60	0,5521	1,1747
	65	0,5535	1,1803
	70	0,5548	1,1854
	75	0,5559	1,1898
	80	0,5569	1,1938
	85	0,5578	1,1974
	90	0,5586	1,2007
	95	0,5593	1,2037
	100	0,5600	1,2065
Infinito	0,5772	1,2822	

<b>Ex.4</b>	$Q = \frac{P_{CR1} \cdot A_C}{3600 \cdot 1000} \cdot C_S$	$P_{CR1}$	Precipitación del periodo de retorno(L/m <sup>2</sup> ·h)
		$A_C$	Área de captación de la cuenca (m <sup>2</sup> )
		$C_S$	Coficiente de seguridad. Valor aportado por usuario.
		$Q$	Caudal a considerar (m <sup>3</sup> /s)

<b>Ex</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	40 años
	Periodo de retorno estimado (Pr)	100 años
	Media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24h ( $P_{MM}$ )	100 L/m <sup>2</sup>
	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24h ( $D_{TM}$ )	33,4
	Valor de ( $F_{(x)}$ )	0,99
	Valor de (b)	4,60
	Valor de ( $\mu$ )	0,5436
	Valor de ( $\sigma$ )	1,1413
	Coficiente de seguridad aplicado ( $C_S$ )	1,15
	Área de captación de la cuenca ( $A_C$ )	15.000 m <sup>2</sup>
	Caudal de agua (Q)	
$P_{CR1} = \frac{b - \mu + \left( \frac{\sigma \cdot P_{MM}}{S_x} \right)}{\left( \frac{\sigma}{S_x} \right)} \rightarrow P_{CR1} = 218,71 \text{ L/m}^2 \cdot \text{h}$		
$Q = \frac{P_{CR1} \cdot A_C}{3600 \cdot 1000} \cdot C_S \rightarrow Q = 1,05 \text{ m}^3/\text{s}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del caudal de agua (Q).

Para dimensionar correctamente el canal, es necesario conocer su geometría, que generalmente suele ser trapezoidal. La herramienta selecciona por defecto esta opción y la muestra en este apartado, permitiendo que el usuario pueda relacionar matemáticamente los valores que se obtienen en los apartados siguientes. Se establece:

<b>A.10</b>	Tipo de canal perimetral	Trapezoidal
-------------	--------------------------	-------------

NOTA: El usuario debe saber que la herramienta dimensionará de forma automática el canal perimetral en función del caudal de agua necesario a evacuar y mediante la aplicación de la ecuación de Manning.

Para el diseño del canal perimetral principal, se considera que el terreno es prácticamente plano y que se utilizan cunetas de sección trapezoidal con un ángulo de inclinación con la vertical que generalmente suele ser de 30°, pero que el usuario puede definir según convenga. Se considera que se cumple para el cálculo:  $B = I$  (Figura 15).

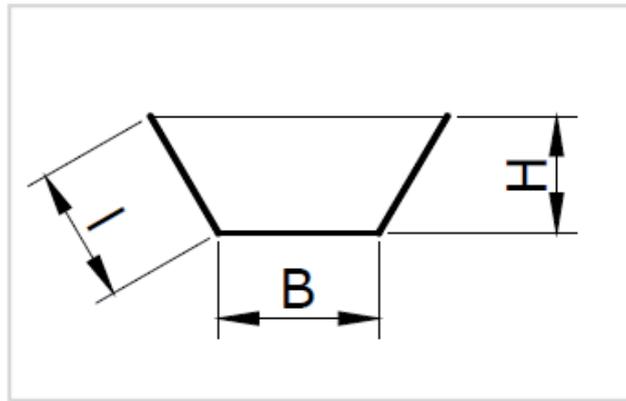


Figura 15. Sección trapezio

Cuando la sección del canal perimetral se corresponde con la definida como trapezoidal, el usuario debe saber que el ángulo de inclinación de las paredes laterales, con respecto a la vertical, suele ser de 30°. No obstante, como es posible que el ángulo deseado sea distinto, en este apartado se puede seleccionar el valor existente por defecto o indicar otro cualquiera. Se establece:

<b>A.11</b>	Inclinación de las paredes laterales con la vertical ( $I_{PL}$ )	30°
		°

Para que el usuario pueda relacionar de forma matemática todos los datos mostrados en este grupo, es necesario que se conozca la naturaleza del material utilizado, que generalmente suele ser hormigón. Por todo ello, este apartado muestra como única opción, y por tanto, como valor de defecto, lo siguiente:

<b>A.12</b>	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
-------------	--	----------

Alcanzado este apartado, se selecciona la ecuación de Manning, que introducida en la herramienta permite calcular las dimensiones del canal perimetral.

La ecuación de Manning:			
<b>Ex</b>	$Q = 1/n \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot A$	Q	Caudal en m <sup>3</sup> /s
		n	Coeficiente de Manning
		S	Pendiente longitudinal del canal (m/m)
		R	Radio hidráulico (m)
		A	Sección transversal

Esta establece, una vez conocida la naturaleza del material utilizado, un valor determinado, que representa lo que se define como coeficiente de rugosidad, que en este material puede oscilar entre 0,013 y 0,017. La herramienta de cálculo permite que el usuario seleccione alguno de estos valores en el desplegable, según lo indicado con anterioridad:

<b>A.13</b>	Coeficiente de rugosidad (n)	0,013
		0,014
		0,015
		0,016
		0,017

NOTA: El usuario debe saber que el valor más desfavorable es el correspondiente a 0,017, por lo que, siempre que se seleccione esta opción, se realizará el dimensionado del canal, con mayor grado de seguridad. Así se hará saber en el subapartado correspondiente a observaciones.

Conocer la pendiente más desfavorable de la línea de agua es uno de los valores que se deben tener en cuenta si se aplica esta ecuación. Por lo general, este valor suele oscilar entre 0,5 % y 2 %, por ello, la herramienta de cálculo, ya incorpora estos valores por defecto y permite que sea el usuario el que seleccione alguno de entre los siguientes:

<b>A.14</b>	Pendiente más desfavorable de la líneas de agua (S)	0,5 %
		1 %
		2 %

NOTA: El usuario debe saber que el valor más desfavorable es el correspondiente a 0,5 %, por lo que, siempre que se seleccione esta opción, se realizará el dimensionado del canal, con mayor grado de seguridad. Así se hará saber en el subapartado correspondiente a observaciones.

A partir de los datos anteriores, la herramienta calcula de forma automática el radio hidráulico, que es un parámetro importante en el dimensionado de estos canales y otras obras hidráulicas, generalmente representado por la letra (R) y expresado en metros, ya que es resultado de dividir el área mojada por el perímetro mojado. Se establece:

<b>A.15</b>	Radio hidráulico ( R )	Cálculo automático (m)
-------------	------------------------	------------------------

El Radio hidráulico se obtiene aplicando la siguiente expresión:

<b>Ex</b>	$R = A/Pm$	A	Área mojada (m <sup>2</sup> )
		Pm	Perímetro mojado (m)

Estableciendo como única condición la indicada anteriormente:  $B = I$

<b>Ex</b>	$A = B^2 \cdot \cos\alpha \cdot (1 + \operatorname{sen}\alpha)$
	$Pm = 3 \cdot B$
	$R = \frac{B \cdot \cos\alpha \cdot (1 + \operatorname{sen}\alpha)}{3}$

<b>Ex</b>	Geometría de la sección del canal	Trapezoidal
	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
	Inclinación de paredes laterales con la vertical ( $I_{PL}$ )	30°
	Anchura de la base inferior del canal (B)	Incógnita
	Radio hidráulico (R)	
	$R = \frac{B \cdot \cos(I_{PL}) \cdot (1 + \sin(I_{PL}))}{3} \rightarrow R = 0,43 \cdot B$	
<b>R = 0,43 · B</b> → El valor de la incógnita «B» se calcula en apartados posteriores.		
NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del radio hidráulico (R).		

Conocido el radio hidráulico, la herramienta, con este dato y los anteriores, realiza cálculos de forma automática y obtiene el valor de la sección del canal, que refiere al área mojada:

<b>A.16</b>	Sección del canal (A)	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
-------------	-----------------------	--------------------------------------

El Área de la sección del canal se obtiene de la siguiente expresión:

<b>Ex</b>	$A = B^2 \cdot \cos(I_{PL}) \cdot (1 + \sin(I_{PL}))$	$H = B \cdot \cos(I_{PL})$
-----------	---	----------------------------

Estableciendo como única condición, la indicada anteriormente:  $B = I$

<b>Ex</b>	Geometría de la sección del canal	Trapezoidal
	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
	Inclinación de paredes laterales con la vertical ( $I_{PL}$ )	30°
	Anchura de la base inferior del canal (B)	Incógnita
	Área de la sección del canal (A)	
	$A = 1,30 \cdot B^2$	
<b>A = 1,30 · B<sup>2</sup></b> → El valor de la incógnita «B» se calcula en apartados posteriores.		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del área de la sección del canal (A).

La anchura de la base inferior del canal (B) es otra de las dimensiones que la herramienta calcula de forma automática:

<b>A.17</b>	Anchura de la base inferior del canal (B)	Cálculo automático (m)
-------------	---	------------------------

La anchura de la base inferior del canal se obtiene sustituyendo los datos anteriores en la siguiente expresión:

<b>Ex</b>	$Q = 1/n \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot A$	$Q = (1/n \cdot S^{1/2} \cdot (0,43 \cdot B)^{2/3} \cdot (1,30 \cdot B^2))$
-----------	---	---

Estableciendo como única condición la indicada anteriormente:  $B = I$

<b>Ex</b>	$(0,43 \cdot B)^{2/3} \cdot (1,30 \cdot B^2) = \left( \frac{Q}{\left(\frac{1}{n}\right) \cdot \left(S^{1/2}\right)} \right)$
	$B = \left( \frac{Q}{\left(\frac{1}{n}\right) \cdot \left(S^{1/2}\right) \cdot (0,43)^{2/3} \cdot (1,30)} \right)^{3/8}$

<b>Ex</b>	Geometría de la sección del canal	Trapezoidal
	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
	Caudal de agua (Q)	0,78 m <sup>3</sup> /s
	Coefficiente de rugosidad (n)	0,013
	Pendiente más desfavorable de la línea de agua (S)	0,5 %
	Radio hidráulico (R)	0,43·B
	Área de la sección del canal (A)	0,87·B <sup>2</sup>
	Anchura de la base inferior del canal (B)	
<b>B = 0,63 m</b>		
<b>B = 0,63 m</b> → Conocido el valor de la incógnita «B» se calcula automáticamente R y A.		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la anchura de la base inferior del canal (B).

La longitud de las paredes laterales inclinadas del canal (I) es el valor necesario para poder diseñar finalmente la sección del canal. Este valor, también lo calcula la herramienta de forma automática:

<b>A.18</b>	Anchura de las paredes laterales inclinadas del canal (I)	Cálculo automático (m)
-------------	---	------------------------

La anchura de las paredes laterales inclinadas del canal se obtiene de la siguiente forma:  
Estableciendo como única condición la indicada anteriormente:  $I = B$

<b>Ex</b>	Anchura de la base inferior del canal (B)	0,63 m
	Anchura de las paredes laterales inclinadas del canal (I)	
	Condición principal $I = B \rightarrow I = 0,63 \text{ m}$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la anchura de las paredes laterales inclinadas del canal (I).

A continuación, con los datos obtenidos, la herramienta realiza de forma automática un cálculo que permite determinar la altura necesaria que debe tener el canal, estableciéndose:

<b>A.19</b>	Altura del canal estimada (H)	Cálculo automático (m)
La altura del canal se obtiene de la siguiente expresión:		
<b>Ex</b>	$H = B \cdot \cos(I_{PL})$	Conocido B del apartado A.17 se obtiene H
<b>Ex</b>	Inclinación de paredes laterales con la vertical ( $I_{PL}$ )	30°
	Anchura de la base inferior del canal (B)	0,63 m
	Altura del canal estimada (H)	
	$H = B \cdot \cos(I_{PL}) \rightarrow H = 0,55 \text{ m}$	

Dimensionada la sección del canal, es preciso conocer el perímetro aproximado; por ello, la herramienta solicita que el usuario indique este valor, estableciéndose:

<b>A.20</b>	Longitud del canal ( $L_{CP}$ )	m
-------------	---------------------------------	---

NOTA: El usuario debe introducir la longitud del canal, puede realizarlo de forma directa o mediante consulta al SIGPAC, enlace disponible en el apartado.

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac-/default.aspx>

El usuario deberá indicar el espesor medio de la base y paredes laterales de hormigón. Este dato permitirá obtener de forma aproximada el volumen de hormigón necesario para la construcción del canal. El usuario puede introducir un valor concreto o seleccionar alguno de los existentes por defecto, estableciéndose:

<b>A.21</b>	Espesor de las paredes del canal ( $E_{CP}$ )	0,1
		0,2
		0,3

Definida la dimensión del canal, la herramienta calcula automáticamente, la longitud de la sección del muro y muestra este valor para posteriormente obtener el árido necesario por unidad de volumen de hormigón, estableciéndose:

<b>A.22</b>	Sección del muro del canal ( $S_{CP}$ )	m
-------------	---	---

Para obtener la cantidad aproximada de áridos necesarios para la construcción del canal de hormigón es necesario conocer la cantidad de áridos por metro cúbico que se debe utilizar:

A.23	Árido necesario por unidad de volumen de hormigón ( $A_{VHI}$ )	kg/m <sup>3</sup>
------	---	-------------------

## Datos generales cuneta interna recogida de pluviales (DGCIPI)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que el programa utiliza para el diseño del sistema interno de evacuación y almacenamiento de pluviales.

*Canal interno de recogida de pluviales:* canal construido para recoger el agua de escorrentía originada dentro del recinto del vertedero y reconducir este caudal hasta una balsa de recogida (Figura 16).



Figura 16. Cuneta interior de evacuación de pluviales

Para diseñar las estructuras internas de evacuación de pluviales, es necesario conocer previamente el tipo de vertedero en función de la topografía; por ello, este apartado muestra de forma automática el valor seleccionado por el usuario en el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», estableciéndose:

B.1	Clase de vertedero en función de la topografía	Dato automático
-----	--	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Es muy importante conocer, además del valor de pluviometría más desfavorable, el periodo de recogida de datos de la estación de referencia. Este dato permite que la herramienta calcule de forma automática, con la aplicación de la media y la varianza, el caudal de evacuación. Esta información, que ya fue introducida con anterioridad, es extraída del grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales» y mostrada de nuevo en este otro grupo. Se establece:

<b>B.2</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	Dato automático (años)
------------	---	------------------------

Es necesario, para el cálculo del caudal, conocer la media de las precipitaciones máximas anuales registradas para el periodo indicado en el apartado anterior; por ello, la herramienta muestra de forma automática este valor, que ya fue introducido en el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales». La finalidad de este apartado es que el usuario pueda comprobar esta información y sea consciente de que el caudal se calculará en base a ese valor, estableciéndose:

<b>B.3</b>	Media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h ( $P_{MM}$ )	Dato automático (L/m <sup>2</sup> )
------------	--	-------------------------------------

Otro dato necesario para calcular el valor del caudal de evacuación, refiere, al resultado del cálculo de la desviación típica de los datos de precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h a lo largo del periodo indicado en el apartado B.2. La herramienta muestra de forma automática este valor, que ya fue introducido en el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales» por el usuario. Se establece:

<b>B.4</b>	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24 h ( $D_{TM}$ )	Dato automático
------------	--	-----------------

El periodo de retorno debe ser considerado para calcular adecuadamente el caudal de evacuación de pluviales. Generalmente, se exige que este sea equivalente a 100 años o superior, no obstante, es posible que en algunas comunidades no existan ni recomendaciones, ni obligaciones; por ello, la herramienta solicita que el usuario seleccione uno de los valores existentes por defecto en este apartado, estableciéndose:

<b>B.5</b>	Periodo de retorno estimado ( $P_{RCU}$ )	50 años
		100 años
		500 años

Otro de los factores que influyen de forma directa en el cálculo del caudal de evacuación es el área de captación del vaso, ya que a mayor área, mayor será el volumen necesario de agua a evacuar y, como consecuencia, mayor la dimensión de la cuneta que se debe construir. Ello, como es de suponer, influye también en la cantidad de árido necesario para la fabricación del hormigón, por lo que este es un factor muy importante y como tal debe ser considerado. La herramienta solicita que el usuario introduzca este valor, bien de forma directa, o mediante la consulta

del *link* existente en este apartado, que permite calcular con la ayuda del SIGPAC y de forma aproximada este valor. Se establece así:

<b>B.6</b>	Área de captación del vaso ( $A_{CV}$ )	$m^2$
------------	---	-------

El coeficiente de seguridad se aplica en muchos casos para dimensionar la cuneta de forma más segura, por ello la herramienta solicita este valor. Se establece:

<b>B.7</b>	Coeficiente de seguridad aplicado ( $C_{SCU}$ )	1,10
		1,15
		1,20

Conocidos los valores de todos los apartados de este grupo, la herramienta calcula de forma automática el valor del caudal de evacuación de pluviales. Para ello, se aplica la ecuación de Gumbel, como se puede observar a continuación. Este es sin duda el dato más importante de este capítulo ya que permite dimensionar la cuneta y la balsa de recogida de pluviales:

<b>B.8</b>	Caudal de agua ( $Q_{CU}$ )	Cálculo automático ( $m^3/s$ )
------------	-----------------------------	--------------------------------

El caudal de agua se calcula aplicando el método de distribución estándar de Gumbel:

<b>Ex.1</b>	$P_{RCU} = \left( \frac{1}{1 - F(x)} \right) \rightarrow F(x)$ $= - \left( \frac{1 - P_{RCU}}{P_{RCU}} \right)$	$P_{RCU}$	Periodo de retorno. Valor conocido
		$F(x)$	Se obtiene el valor de esta incógnita

<b>Ex.2</b>	$F(x) = e^{-e^{-b}}$ $\rightarrow b = -\text{Ln}(-\text{Ln}(F(x)))$	$F(x)$	Incógnita anterior. Valor conocido
		$b$	Se obtiene el valor de esta incógnita

<b>Ex.3</b>	$b = \sigma \cdot \left( \frac{P_{CU} - P_{MM}}{D_{TM}} \right) + \mu$ $P_{CU} = \frac{b - \mu + \left( \frac{\sigma \cdot P_{MM}}{D_{TM}} \right)}{\left( \frac{\sigma}{D_{TM}} \right)}$	$\sigma$	Valor obtenido de la tabla de Gumbel
		$b$	Incógnita anterior. Valor conocido
		$P_{MM}$	Media de precipitación máx. 24 h.
		$D_{TM}$	Desviación típica de precipitación máx. 24 h.
		$\mu$	Valor obtenido de la tabla de Gumbel
		$P_{CU}$	Precipitación calculada para el periodo de retorno ( $L/m^2 \cdot h$ )

<b>Tabla de Gumbel</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )		$\sigma$
	10	0,4952	0,9496
	15	0,5128	1,0206
	20	0,5236	1,0628
	25	0,5309	1,0914
	30	0,5362	1,1124
	35	0,5403	1,1285
	40	0,5436	1,1413
	45	0,5463	1,1518
	50	0,5485	1,1607
	55	0,5504	1,1682
	60	0,5521	1,1747
	65	0,5535	1,1803
	70	0,5548	1,1854
	75	0,5559	1,1898
	80	0,5569	1,1938
	85	0,5578	1,1974
	90	0,5586	1,2007
	95	0,5593	1,2037
100	0,5600	1,2065	
Infinito	0,5772	1,2822	

<b>Ex.4</b>	$Q_{CU} = \frac{P_{CU} \cdot A_{CV}}{1000 \cdot 3600} \cdot C_{SCU}$	$P_{CU}$	Precipitación del periodo de retorno(l/m <sup>2</sup> ·h)
		$A_{CV}$	Área de captación del vaso (m <sup>2</sup> )
		$C_{SCU}$	Coefficiente de seguridad. Valor seleccionado.
		$Q_{CU}$	Caudal a considerar (m <sup>3</sup> /s)

<b>Ex</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	40 años
	Periodo de retorno estimado ( $P_{RCU}$ )	100 años
	Media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24h ( $P_{MM}$ )	100 L/m <sup>2</sup>
	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24h ( $D_{TM}$ )	33,4
	Valor de $F_{(x)}$	0,99
	Valor de (b)	4,60
	Valor de ( $\mu$ )	0,5436
	Valor de ( $\sigma$ )	1,1413
	Coefficiente de seguridad aplicado ( $C_{SCU}$ )	1,15
Área de captación del vaso ( $A_{CV}$ )	5.000 m <sup>2</sup>	

<b>Ex</b>	Caudal de agua ( $Q_{CU}$ )
	$P_{CU} = \frac{b - \mu + \left( \frac{\sigma \cdot P_{MM}}{D_{TM}} \right)}{\left( \frac{D_{TM}}{\sigma} \right)} \rightarrow P_{CU} = 218,71 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$
	$Q_{CU} = \frac{P_{CU} \cdot A_{CV}}{3600 \cdot 1000} \cdot C_S \rightarrow Q_{CU} = 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del caudal de agua de la cuneta ( $Q_{CU}$ ).

Para dimensionar correctamente la cuneta, es necesario conocer su geometría, que generalmente suele ser trapezoidal (Figura 17). La herramienta selecciona por defecto esta opción y lo muestra en este apartado, ello permite que el usuario pueda relacionar matemáticamente los valores que se obtienen en los apartados siguientes. Se establece:

<b>B.9</b>	Tipo de cuneta interna	Trapezoidal
------------	------------------------	-------------

NOTA: El usuario debe saber que la herramienta dimensionará de forma automática la cuneta interna en función del caudal de agua necesario a evacuar y mediante la aplicación de la ecuación de Manning.

Para el diseño de la cuneta interna, se considera que el terreno es prácticamente plano y que se utilizan cunetas de sección trapezoidal con un ángulo de inclinación con la vertical que generalmente suele ser de  $30^\circ$ , pero que el usuario puede definir según convenga. Se considera que se cumple para el cálculo:  $B = I$ .

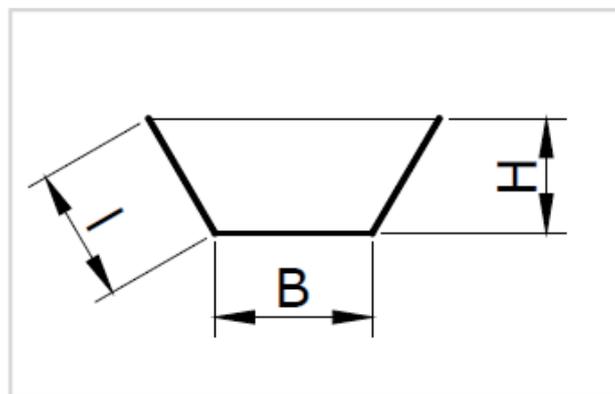


Figura 17. Sección trapezio

Para un canal perimetral con sección trapezoidal, el usuario debe saber que el ángulo de inclinación de las paredes laterales, con respecto a la vertical, suele ser de  $30^\circ$ . No obstante, es posible que el ángulo deseado sea diferente, por ello, el usuario puede seleccionar el valor existente por defecto o indicar otro cualquiera. Se establece:

<b>B.10</b>	Inclinación de las paredes laterales con la vertical ( $I_{PL2}$ )	$30^\circ$
		$^\circ$

Para que el usuario pueda relacionar de forma matemática todos los datos mostrados en este grupo, es necesario que se conozca la naturaleza del material utilizado, que generalmente suele ser hormigón. Por ello, este apartado muestra como única opción:

<b>B.11</b>	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
-------------	--	----------

Alcanzado este apartado, se selecciona la ecuación de Manning, que introducida en la herramienta permite calcular las dimensiones de la cuneta interna.

La ecuación de Manning:			
<b>Ex</b>	$Q = 1/n \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot A$	Q	Caudal en m <sup>3</sup> /s
		n	Coefficiente de Manning
		S	Pendiente longitudinal de la cuneta (m/m)
		R	Radio hidráulico (m)
		A	Sección Transversal

Una vez conocida la naturaleza del material utilizado, se debe definir el valor de rugosidad, que en este material puede oscilar entre 0,013 y 0,017. La herramienta de cálculo solicita que el usuario seleccione alguno de los valores existentes por defecto, según lo indicado con anterioridad:

<b>B.12</b>	Coeficiente de rugosidad (n)	0,013
		0,014
		0,015
		0,016
		0,017

NOTA: El usuario debe saber que el valor más desfavorable es el correspondiente a 0,017 por lo que, siempre que se seleccione esta opción, se realizará el dimensionado de la cuneta, con mayor grado de seguridad. Así se hará saber en el subapartado correspondiente a observaciones.

Conocer la pendiente más desfavorable de la línea de agua es uno de los valores que se deben tener en cuenta si se aplica esta ecuación. Por lo general, este valor suele oscilar entre 0,5 % y 2 %, por ello, la herramienta de cálculo ya incorpora estos valores por defecto y permite que sea el usuario el que seleccione alguno de entre los siguientes:

<b>B.13</b>	Pendiente más desfavorable de la línea de agua (S)	0,5 %
		1 %
		2 %

NOTA: El usuario debe saber que el valor más desfavorable es el correspondiente a 0,5 %, por lo que, siempre que se seleccione esta opción, se realizará el dimensionado del canal, con mayor grado de seguridad. Así se hará saber en el subapartado correspondiente a observaciones.

A partir de los datos anteriores, la herramienta calcula de forma automática el radio hidráulico, que es un parámetro importante en el dimensionado de estos canales y otras obras hidráulicas, generalmente representado por la letra (R) y expresado en metros, ya que es resultado de dividir el área mojada por el perímetro mojado. Se establece:

<b>B.14</b>	Radio hidráulico ( R )	Cálculo automático (m)				
El radio hidráulico se obtiene aplicando la siguiente expresión:						
<b>Ex</b>	$R = A/Pm$	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">A</td> <td>Área mojada (m<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pm</td> <td>Perímetro mojado (m)</td> </tr> </table>	A	Área mojada (m <sup>2</sup> )	Pm	Perímetro mojado (m)
	A	Área mojada (m <sup>2</sup> )				
Pm	Perímetro mojado (m)					
Estableciendo como única condición la indicada anteriormente: $B = I$						
<b>Ex</b>	$A = B^2 \cdot \cos\alpha \cdot (1 + \text{sen}\alpha)$					
	$Pm = 3 \cdot B$					
	$R = \frac{B \cdot \cos\alpha \cdot (1 + \text{sen}\alpha)}{3}$					

Conocido el radio hidráulico, la herramienta, con este dato y los anteriores, realiza cálculos de forma automática y obtiene el valor de la sección de la cuneta, que refiere al área mojada:

<b>B.15</b>	Sección de la cuneta (A)	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
El Área de la sección de la cuneta se obtiene de la siguiente expresión:		
<b>Ex</b>	$A = B^2 \cdot \cos(I_{PL}) \cdot (1 + \text{sen}(I_{PL}))$	$H = B \cdot \cos(I_{PL})$
	Estableciendo como única condición la indicada anteriormente: $B = I$	
<b>Ex</b>	Geometría de la sección de la cuneta	Trapezoidal
	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
	Inclinación de paredes laterales con la vertical ( $I_{PL2}$ )	45°
	Anchura de la base inferior del canal (B)	Incógnita
	Área de la sección de la cuneta (A)	
	$A = 1,21 \cdot B^2$	
$A = 1,21 \cdot B^2 \rightarrow$ El valor de la incógnita «B» se calcula en apartados posteriores.		
NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del área de la sección de la cuneta (A).		

La anchura de la base inferior de la cuneta (B) es otra de las dimensiones que la herramienta calcula de forma automática:

<b>B.16</b>	Anchura de la base inferior de la cuneta (B)	Cálculo automático (m)
-------------	--	------------------------

La anchura de la base inferior de la cuneta se obtiene de la siguiente expresión:

<b>Ex</b>	$Q = 1/n \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot A$	$Q = (1/n \cdot S^{1/2} \cdot (0,43 \cdot B)^{2/3} \cdot (1,21 \cdot B^2))$
-----------	---	---

Estableciendo como única condición la indicada anteriormente:  $B = I$

<b>Ex</b>	$(0,40 \cdot B)^{2/3} \cdot (1,21 \cdot B^2) = \left( \frac{Q}{\left(\frac{1}{n}\right) \cdot (S^2)^{1/2}} \right)$
<b>Ex</b>	$B = \left( \frac{Q}{\left(\frac{1}{n}\right) \cdot (S^2)^{1/2} \cdot (0,40)^{2/3} \cdot (1,21)} \right)^{3/8}$

<b>Ex</b>	Geometría de la sección de la cuneta	Trapezoidal
	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
	Caudal de agua (Q)	0,35 m <sup>3</sup> /s
	Coefficiente de rugosidad (n)	0,013
	Pendiente más desfavorable de la línea de agua (S)	0,5 %
	Radio hidráulico (R)	0,40·B
	Área de la sección del canal (A)	0,71·B <sup>2</sup>
	Anchura de la base inferior de la cuneta (B)	
<b>B = 0,51 m</b>		
<b>B = 0,51 m</b> → Conocido el valor de la incógnita «B» se calcula automáticamente R y A.		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la anchura de la base inferior de la cuneta (B).

La longitud de las paredes laterales inclinadas de la cuneta (I) es el valor necesario para poder diseñar finalmente la sección de la cuneta. Este valor también lo calcula la herramienta de forma automática:

<b>B.17</b>	Anchura de las paredes laterales inclinadas de la cuneta (I)	Cálculo automático (m)
-------------	--	------------------------

La anchura de las paredes laterales inclinadas de la cuneta se obtiene de la siguiente forma:

Estableciendo como única condición la indicada anteriormente:  $I = B$

<b>Ex</b>	Anchura de la base inferior de la cuneta (B)	0,51 m
<b>Ex</b>	Anchura de las paredes laterales inclinadas de la cuneta (I)	
<b>Ex</b>	Condición principal $I = B \rightarrow I = 0,51 \text{ m}$	

A continuación, con los datos obtenidos, la herramienta realiza de forma automática un cálculo que permite determinar la altura necesaria que debe tener la cuneta, estableciéndose:

<b>B.18</b>	Altura de la cuneta estimada (H)	Cálculo automático (m)
-------------	----------------------------------	------------------------

La altura de la cuneta se obtiene de la siguiente expresión:

<b>Ex</b>	$H = B \cdot \cos\alpha$	Conocido B del apartado B.16 se obtiene H
-----------	--------------------------	---

<b>Ex</b>	Inclinación de paredes laterales con la vertical ( $I_{PL2}$ )	45°
	Anchura de la base inferior de la cuneta (B)	0,51 m
	Altura de la cuneta estimada (H)	
	$H = B \cdot \cos(I_{PL2}) \rightarrow H = 0,36 \text{ m}$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten obtener automáticamente el valor de la altura del canal estimada (H).

Dimensionada la sección de la cuneta, es preciso conocer el perímetro aproximado, por ello, la herramienta solicita que el usuario indique este valor, estableciéndose:

<b>B.19</b>	Longitud de la cuneta ( $L_{Cl}$ )	m
-------------	------------------------------------	---

NOTA: El usuario debe introducir la longitud de la cuneta, de forma directa o consultando el SIGPAC.

El usuario deberá indicar el espesor medio de la base y paredes laterales de hormigón. Este dato permitirá obtener de forma aproximada el volumen de hormigón necesario para la construcción de la cuneta. La herramienta introduce de forma automática una serie de valores, el usuario puede introducir un valor concreto o seleccionar alguno de los existentes:

<b>B.20</b>	Espesor de las paredes de la cuneta ( $E_{Cl}$ )	0,1 m
		0,2 m
		0,3 m
		m

Definida la dimensión de la cuneta, la herramienta calcula automáticamente la longitud de la sección del muro y muestra este valor para posteriormente obtener el árido necesario por unidad de volumen de hormigón, estableciéndose:

<b>B.21</b>	Sección del muro de la cuneta ( $S_{Cl}$ )	Cálculo automático (m)
-------------	--	------------------------

NOTA: La dimensión correspondiente a la sección del muro es resultado de la suma de la anchura de la base inferior de la cuneta (B) y las longitudes de las paredes laterales inclinadas de la cuneta (I).

Para obtener la cantidad aproximada de áridos necesarios para la construcción de la cuneta de hormigón es necesario conocer la cantidad de áridos por metro cúbico que se debe utilizar; por ello, la herramienta solicita que el usuario indique este valor:

<b>B.22</b>	Árido necesario por unidad de volumen de hormigón ( $A_{VH2}$ )	kg/m <sup>3</sup>
-------------	---	-------------------

La herramienta calcula de forma automática el volumen medio de pluviales diario ( $V_{MP}$ ), estableciéndose:

<b>B.23</b>	Volumen medio de recogida de pluviales cuneta diario ( $V_{MP}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> /día)
-------------	---	--

El volumen medio de recogida de pluviales cuneta diario se obtiene de la siguiente expresión:

<b>Ex</b>	Caudal de agua ( $Q_{CU}$ )	0,35 m <sup>3</sup> /s
	Número de balsas de recogida de pluviales que se prevé construir ( $N_{BP}$ )	1 Ud
	Volumen medio de recogida de pluviales cuneta diario ( $V_{MP}$ )	
	$V_{MP} = \frac{Q_{CU} \cdot 3600}{N_{BP}} \rightarrow V_{MP} = 1258 \text{ m}^3/\text{día}$	

Definido el valor del volumen medio de recogida de pluviales cuneta diario ( $V_{MP}$ ) y multiplicado por un coeficiente de seguridad equivalente a dos unidades, se obtiene, de forma automática, el volumen medio de recogida de pluviales cuneta acumulado ( $V_{MA}$ ), estableciéndose:

<b>B.24</b>	Volumen medio de recogida de pluviales cuneta acumulado ( $V_{MA}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
-------------	--	--------------------------------------

El volumen medio de recogida de pluviales cuneta acumulado se obtiene:

<b>Ex</b>	Volumen medio de recogida de pluviales cuneta diario ( $V_{MP}$ )	1.258 m <sup>3</sup> /día
	Coeficiente de seguridad aplicado ( $C_{EF2}$ )	2
	Volumen medio de recogida de pluviales cuneta acumulado ( $V_{MA}$ )	
	$V_{MA} = V_{MP} \cdot C_{EF2} \rightarrow VMA = 2.515 \text{ m}^3$	

El método de Gumbel solicita seleccionar el periodo de retorno estimado. Por lo general este valor suele variar entre 50 y 500 años. No obstante, en el caso de dimensionamiento de balsas, como es el caso, el valor indicado debe ser de 100 años. La herramienta muestra este dato de forma automática, a modo de información, que debe conocer el usuario para ser consciente de todo el proceso de cálculo y permitir que se puedan realizar tantas comprobaciones como se consideren oportunas. Se establece:

<b>B.25</b>	Periodo de retorno estimado pluviometría superficie balsa ( $P_{REP}$ )	100 años
-------------	---	----------

La información anterior permite que la herramienta realice cálculos de forma automática y sea posible estimar de este modo el volumen adicional proporcionado por la pluviometría máxima de la zona, estableciéndose:

<b>B.26</b>	Volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{pp}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
-------------	--	------------------------------

El volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa se calcula aplicando el método de distribución estándar de Gumbel:

<b>Ex.1</b>	$P_{REP} = \left( \frac{1}{1 - F(x)} \right) \rightarrow F(x) = - \left( \frac{1 - P_{REP}}{P_{REP}} \right)$	$P_{REP}$	Periodo de retorno estimado
		$F(x)$	Se obtiene el valor de esta incógnita

<b>Ex.2</b>	$F(x) = e^{-e^{-b}} \rightarrow b = -\text{Ln}(-\text{Ln}(F(x)))$	$F(x)$	Incógnita anterior. Valor conocido
		$b$	Se obtiene el valor de esta incógnita

<b>Ex.3</b>	$b = \sigma \cdot \left( \frac{P_{PP} - P_{MM}}{D_{TM}} \right) + \mu$ $P_{PP} = \frac{b - \mu + \left( \frac{\sigma \cdot P_{MM}}{D_{TM}} \right)}{\left( \frac{\sigma}{D_{TM}} \right)}$	$\sigma$	Valor obtenido de la tabla de Gumbel
		$b$	Incógnita anterior. Valor conocido
		$P_{MM}$	Media de precipitación máx. 24 h. Periodo considerado
		$D_{TM}$	Desviación típica precipitación máx. 24 h. Periodo considerado
		$\mu$	Valor obtenido de la tabla de Gumbel
		$P_{PP}$	Precipitación calculada para el periodo de retorno ( $l/m^2 \cdot h$ )

<b>Tabla de Gumbel</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	$\mu$	$\sigma$
	10	0,4952	0,9496
	15	0,5128	1,0206
	20	0,5236	1,0628
	25	0,5309	1,0914
	30	0,5362	1,1120
	35	0,5403	1,1285
	40	0,5436	1,1413
	45	0,5463	1,1518
	50	0,5485	1,1607
	55	0,5504	1,1682
	60	0,5521	1,1747
	65	0,5535	1,1803
	70	0,5548	1,1854
	75	0,5559	1,1898
	80	0,5569	1,1938
	85	0,5578	1,1974
	90	0,5586	1,2007
	95	0,5593	1,2037
	100	0,5600	1,2065
Infinito	0,5772	1,2822	

<b>Ex.4</b>	$V_{PP} = (P_{PP} \cdot S_{COR})/1000$	$P_{PP}$	Precipitación calculada periodo de retorno (l/m <sup>2</sup> )
		$S_{COR}$	Superficie de coronación de la balsa (m <sup>2</sup> )
		$V_{PP}$	Volumen medio de recogida de pluviales balsa (m <sup>3</sup> )
<b>Ex</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )		40 años
	Media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h ( $P_{MM}$ )		100 L/m <sup>2</sup>
	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24 h ( $D_{TM}$ )		33,4
	Periodo de retorno estimado pluviometría superficie balsa ( $P_{REP}$ )		100 años
	Valor de ( $F_{(X)}$ )		0,99
	Valor de (b)		4,60
	Valor de ( $\mu$ )		0,5436
	Valor de ( $\sigma$ )		1,1413
	Coeficiente de seguridad aplicado ( $C_s$ )		2
	Superficie de coronación ( $S_{COR}$ )		1.018 m <sup>2</sup>
	Geometría de la balsa ( $G_{BP}$ )		Cuadrada
	Volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PP}$ )		
	$P_{PP} = \frac{b - \mu + \left(\frac{\sigma \cdot P_{MM}}{D_{TM}}\right)}{\left(\frac{\sigma}{D_{TM}}\right)} \rightarrow P_{PP} = 437 \text{ L/m}^2$		
$V_{PP} = (P_{PP} \cdot S_{COR})/1000 \rightarrow V_{PP} = 445 \text{ m}^3$			
<p>NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa (<math>V_{PP}</math>).</p>			

Conocidos los valores correspondientes a volumen medio de recogida de pluviales cuneta acumulado ( $V_{MA}$ ) y volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PP}$ ), la herramienta, mediante su sumatorio, muestra automáticamente el valor del volumen total de acumulación, estableciéndose:

<b>B.27</b>	Valor total de recogida de pluviales ( $V_{TAP}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
-------------	--	--------------------------------------

NOTA: La herramienta calcula este valor como resultado de la suma del volumen de medio de recogida de pluviales cuneta acumulado ( $V_{MA}$ ) y volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PP}$ ).

El usuario debe ser consciente de que el volumen medio de recogida de pluviales cuneta acumulado ( $V_{MA}$ ) ofrece un valor que permite estimar de forma aproximada la superficie de la corona de la balsa. A partir de ese dato, se calcula el valor correspondiente al volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PP}$ ), que es añadido para obtener el valor total de recogida de pluviales ( $V_{TAP}$ ). Este último volumen dimensiona la balsa de nuevo, dando como resultado una superficie de

coronación ligeramente superior, que incrementa el volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{pp}$ ), y así consecutivamente. Por esa razón, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad que permita obtener un valor aproximado del volumen total de recogida de pluviales estimado ( $V_{TEP}$ ), estableciéndose:

<b>B.28</b>	Coeficiente de seguridad aplicado ( $C_{SP}$ )	1,10
		1,15
		1,20

Conocido el valor del coeficiente de seguridad aplicado ( $C_{SP}$ ), la herramienta calcula de forma automática el valor correspondiente al volumen total de recogida de pluviales estimado ( $V_{TEP}$ ). A partir de este valor se dimensiona la balsa de pluviales en el siguiente grupo y se obtiene la información necesaria que posteriormente permite calcular el presupuesto correspondiente a las membranas, geotextiles y cerramientos, estableciéndose:

<b>B.29</b>	Volumen total de recogida de pluviales estimado ( $V_{TEP}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
-------------	---	------------------------------

NOTA: La herramienta calcula este valor como resultado del producto del volumen total de recogida de pluviales ( $V_{TAP}$ ) y coeficiente de seguridad aplicado ( $C_{SP}$ ).

## Datos generales balsa de pluviales (DGBP)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que el programa utiliza para conocer las características de la balsa de pluviales necesaria.

Es preciso conocer en primer lugar el número de balsas de recogida de pluviales que se prevé construir (Figura 18). La herramienta solicita que el usuario seleccione en este apartado uno de los valores existentes por defecto o introduzca uno distinto si lo desea, estableciéndose:

<b>C.1</b>	Número de balsas de pluviales que se prevé construir ( $N_{BP}$ )	1 ud
		2 ud
		ud



Figura 18. Balsa para la acumulación de pluviales dentro del recinto del vertedero

Para dimensionar la balsa de pluviales es necesario conocer previamente que volumen que debe ser almacenado. Como este valor ya ha sido obtenido, la herramienta lo copia del grupo «Datos generales cuneta interna recogida de pluviales» y lo introduce en este apartado, siempre teniendo en cuenta que el resultado final vendrá definido atendiendo el número de balsas seleccionado en el apartado anterior. Se establece:

<b>C.2</b>	Volumen de agua máximo estimado ( $V_{PBP}$ )	$m^3$
------------	---	-------

Conocido el volumen que se debe almacenar, es preciso dimensionar la balsa de pluviales. Generalmente, las balsas suelen presentar una forma geométrica conocida, es muy frecuente que los vertederos hagan uso de balsas de base cuadrada, rectangular o circular, no obstante, en algunos casos, la topografía del terreno obliga a constituir geometrías diferentes. Esta herramienta, con la finalidad de simplificar y facilitar el diseño correcto del vertedero, solicita que el usuario seleccione alguna de las siguientes opciones:

<b>C.3</b>	Geometría de la balsa ( $G_{BP}$ )	Cuadrada
		Rectangular
		Redonda

Uno de los valores que necesita la herramienta para poder dimensionar de forma automática la balsa es la profundidad. La herramienta solicita que el usuario indique este valor, seleccionando uno de los existentes por defecto o bien introduciendo el que desee, estableciéndose:

<b>C.4</b>	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBP}$ )	1 m
		2 m
		3 m
		4 m
		5 m
		m

La inclinación del talud es un dato muy importante para dimensionar correctamente la balsa. Por lo general, este valor suele ser de  $45^\circ$ , no obstante, la topografía del terreno puede impedirlo y exigir que esta sea distinta. La herramienta, en este caso solicita que el usuario indique si el valor de la inclinación se corresponde con el existente por defecto o, si lo desea, introducir uno distinto, estableciéndose:

<b>C.5</b>	Inclinación talud aguas arriba ( $I_{PAR}$ )	$45^\circ$

Conocida la geometría, la profundidad y la inclinación de los taludes aguas arriba, el programa realiza el cálculo del lado inferior (b), si se ha seleccionado como geometría la cuadrada o la rectangular. En el caso de que se seleccione una balsa de geometría circular la herramienta calculará el radio inferior (r), estableciéndose:

<b>C.6</b>	Lado inferior (b)/Radio inferior (r)	Calculo automático (m)
------------	--------------------------------------	------------------------

NOTA: Las operaciones realizadas quedan detalladas después del apartado C.10. Ello se debe a que estas operaciones ofrecen los valores de los apartados C.6, C.7, C.8 y C.9.

A continuación, la herramienta calcula de forma automática el valor del otro lado ( $b'$ ) o radio ( $r'$ ) inferior. Si el usuario ha seleccionado en el apartado «geometría de la balsa» la opción «cuadrada» o «circular» este valor será idéntico al del apartado «lado o radio inferior (b)/(r)», por el contrario, si se trata de una balsa rectangular, el valor, como es obvio, variará. Se establece:

<b>C.7</b>	Lado inferior ( $b'$ )/Radio inferior ( $r'$ )	Calculo automático (m)
------------	--	------------------------

NOTA: Las operaciones realizadas quedan detalladas después del apartado C.10. Ello se debe a que estas operaciones ofrecen los valores de los apartados C.6, C.7, C.8 y C.9.

Del mismo modo, se obtendrá de forma automática el valor correspondiente al lado superior (B), si se ha seleccionado como geometría la correspondiente a cuadrada o rectangular. No obstante, si la geometría es circular, este valor se corresponderá con el definido como radio superior (R), estableciéndose:

<b>C.8</b>	Lado superior (B)/Radio superior (R)	Calculo automático (m)
------------	--------------------------------------	------------------------

NOTA: Las operaciones realizadas quedan detalladas después del apartado C.10. Ello se debe a que estas operaciones ofrecen los valores de los apartados C.6, C.7, C.8 y C.9.

Finalmente, la herramienta calcula de forma automática el valor del otro lado (B') o radio (R') superior. Si el usuario ha seleccionado en el apartado «geometría de la balsa» la opción de «cuadrada» o «circular» este valor será idéntico al del apartado «lado superior (B)/(R)», por el contrario, si se trata de una balsa rectangular, el valor, variará. Se establece:

<b>C.9</b>	Lado superior (B')/Radio superior (R')	Calculo automático (m)
------------	--	------------------------

NOTA: Las operaciones realizadas quedan detalladas después del apartado C.10. Ello se debe a que estas operaciones ofrecen los valores de los apartados C.6, C.7, C.8 y C.9.

Conocido el « $V_{BPB}$ » volumen de agua máximo estimado a almacenar, la herramienta calcula la dimensión de la balsa mediante las siguientes relaciones matemáticas:

Balsa cuadrada	
Sup. base inferior	$V_c = h \cdot b^2$
Sup. Laterales	$tg(\alpha) = \frac{h}{x} \rightarrow x = \frac{h}{tg(\alpha)}$
	Siendo $2x =$ La diferencia entre la longitud superior e inferior.
	$A = \frac{x \cdot h}{2} \rightarrow V_p = \left( \frac{h \cdot \left( \frac{h}{tg(\alpha)} \right)}{2} \right) \cdot b \rightarrow V_p = 4 \cdot \left( \frac{h^2}{2 \cdot tg(\alpha)} \right) \cdot b$
	Se multiplica el volumen por 4 prismas de idénticas características.
Sup. Esquinas	$V_{p'} = \frac{1}{3} \cdot x^2 \cdot h \rightarrow V_{p'} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot \left( \frac{h}{tg(\alpha)} \right)^2 \rightarrow V_{p'} = \frac{h^3}{3(tg(\alpha))^2}$
	Se multiplica el volumen por 4 pirámides de idénticas características.
Cálculo «b»	
$V_I = h \cdot b^2 + 4 \cdot \left( \frac{h^2}{2 \cdot tg(\alpha)} \right) \cdot b + \frac{h^3}{3(tg(\alpha))^2} \rightarrow$ Ecuación 2º Grado	

NOTA: La herramienta calcula de forma automática la «b» longitud de la base inferior mediante una ecuación de segundo grado que permite obtener este valor por ser conocido previamente el volumen de agua máximo estimado « $V_{BPB}$ ».

Ex	Geometría de la balsa ( $G_{BP}$ )	Cuadrada
	Volumen de agua máximo estimado ( $V_{PBP}$ )	3.200 m <sup>3</sup>
	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBP}$ )	3,00 m
	Inclinación talud aguas arriba ( $I_{PAR}$ )	45°
	Cálculos previos ( $V_C, V_P, V_{P'}$ )	
	$V_C = (H_{PBP}) \cdot b^2 \rightarrow V_C = 3 \cdot b^2$	
	$V_P = 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP} \cdot H_{PBP}}{2 \cdot \text{tg}(I_{PAR})} \right) \cdot b \rightarrow V_P = 18 \cdot b$	
	$V_{P'} = 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP} \cdot H_{PBP} \cdot H_{PBP}}{3 \cdot \text{tg}(I_{PAR})^2} \right) \rightarrow V_{P'} = 36 \text{ m}^3$	
	Longitud Inferior (b)	
	$V_{PBP} = V_C + V_P + V_{P'} \rightarrow 3.200 = 3 \cdot b^2 + 18 \cdot b + 36 \rightarrow$ Ecuación 2° Grado	
	<b>b = 29,61 m</b>	
	Longitud Inferior (b')	
Balsa de geometría cuadrada $\rightarrow b = b' \rightarrow$ <b>b' = 29,61 m</b>		
Longitud Superior (B)		
$B = b + 2 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{tg}(I_{PAR})} \right) \rightarrow$ <b>B = 35,61 m</b>		
Longitud Superior (B')		
Balsa de geometría cuadrada $\rightarrow B = B' \rightarrow$ <b>B' = 35,61 m</b>		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de las dimensiones de la balsa de geometría cuadrada. Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Balsa rectangular (condición lado $b'=2b$ )	
Sup. base inferior	$V_T = h \cdot 2b^2$
Sup. Laterales 1	$\text{tg}(\alpha) = \frac{h}{x} \rightarrow x = \frac{h}{\text{tg}(\alpha)}$
	Siendo $2x =$ La diferencia entre la longitud superior e inferior.
	$A = \frac{x \cdot h}{2} \rightarrow V_P = \left( \frac{h \cdot \left( \frac{h}{\text{tg}(\alpha)} \right)}{2} \right) \cdot 2b \rightarrow V_P = 2 \cdot \left( \frac{h^2}{\text{tg}(\alpha)} \right) \cdot b$
	Se multiplica el volumen por 2 prismas de idénticas características.
Sup. Laterales 2	$\text{tg}(\alpha) = \frac{h}{x} \rightarrow x = \frac{h}{\text{tg}(\alpha)}$
	Siendo $2x =$ La diferencia entre la longitud superior e inferior.

Sup. Laterales 2	$A = \frac{x \cdot h}{2} \rightarrow V_P = \left( \frac{h \cdot (\operatorname{tg}(\alpha))}{2} \right) b \rightarrow V_{P'} = \left( \frac{h^2}{(\operatorname{tg}(\alpha))} \right) \cdot b$
	Se multiplica el volumen por 2 prismas de idénticas características.
Sup. Esquinas	$V_K = \frac{1}{3} \cdot x^2 \cdot h \rightarrow V_K = \frac{1}{3} \cdot h \cdot \left( \frac{h}{(\operatorname{tg}(\alpha))} \right)^2 \rightarrow V_K = \frac{h^3}{3 \cdot (\operatorname{tg}(\alpha))^2}$
Cálculo «b»	
$V_{PBP} = h \cdot b^2 + 4 \cdot \left( \frac{h^2}{2 \cdot (\operatorname{tg}(\alpha))} \right) \cdot b + \frac{h^3}{3 \cdot (\operatorname{tg}(\alpha))^2} \rightarrow \text{Ecuación 2º Grado}$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de las dimensiones de la balsa de geometría rectangular. Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Geometría de la balsa ( $G_{BP}$ )	Rectangular
Volumen de agua máximo estimado ( $V_{PBP}$ )	3.200 m <sup>3</sup>
Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBP}$ )	3,00 m
Inclinación talud aguas arriba ( $I_{PAR}$ )	45°
Cálculos previos ( $V_T, V_P, V_{P'}, V_K$ )	
$V_T = 2 \cdot (H_{PBP}) \cdot b^2 \rightarrow V_T = 6 \cdot b^2$	
$V_P = 2 \cdot \frac{H_{PBP} \cdot H_{PBP}}{\operatorname{tg}(I_{PAR})} \cdot b \rightarrow V_P = 18 \cdot b$	
$V_{P'} = \frac{H_{PBP} \cdot H_{PBP}}{\operatorname{tg}(I_{PAR})} \cdot b \rightarrow V_{P'} = 9 \cdot b$	
$V_K = \frac{H_{PBP} \cdot H_{PBP} \cdot H_{PBP}}{3 \cdot \operatorname{tg}(I_{PAR})^2} \rightarrow V_K = 36 \text{ m}$	
<b>Ex</b>	Longitud Inferior (b)
	$V_{PBP} = V_T + V_P + V_{P'} + V_K \rightarrow 3.200 = 6 \cdot b^2 + 18 \cdot b + 9 \cdot b + 36 \rightarrow \text{Ecuación 2º Grado}$
	<b>b = 20,82 m</b>
	Longitud Inferior (b')
	Balsa de geometría rectangular $\rightarrow b' = 2b \rightarrow \mathbf{b' = 41,65 m}$
	Longitud Superior (B)
	$B = b + 2 \cdot \frac{H_{PBP}}{\operatorname{tg}(I_{PAR})} \rightarrow \mathbf{B = 26,82 m}$
	Longitud Superior (B')
	Balsa de geometría rectangular $\rightarrow B' = 2B \rightarrow \mathbf{B' = 47,65 m}$

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de las dimensiones de la balsa de geometría rectangular. Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Ex	Balsa redonda	
	Sup. base inferior	$V_{C1} = \left(3 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h\right) \cdot r^2$
	Sup. Laterales	$V_{C2} = \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h\right) \cdot \left(\left(\frac{2 \cdot h}{\text{tg}(\alpha)}\right) + \left(\frac{h}{\text{tg}(\alpha)}\right)\right) \cdot r$
	Sup. Esquinas	$V_{C3} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h$
Cálculo «r»		
$V_T = \left(3 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h\right) \cdot r^2 + \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h\right) \cdot \left(\left(\frac{2 \cdot h}{\text{tg}(\alpha)}\right) + \left(\frac{h}{\text{tg}(\alpha)}\right)\right) \cdot r + \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \rightarrow \text{Ecuación 2}^\circ$		
Grado		

NOTA: La herramienta calcula de forma automática la «r» radio de la base inferior mediante una ecuación de segundo grado que permite obtener este valor por ser conocido previamente el volumen de agua máximo estimado «V<sub>PBP</sub>». Obtenido «r», la herramienta calcula el valor de «R» que refiere al radio de la base superior.

Ex	Geometría de la balsa (G <sub>BP</sub> )	Redonda
	Volumen de agua máximo estimado (V <sub>PBP</sub> )	3.200 m <sup>3</sup>
	Profundidad de la balsa estimada (H <sub>PBP</sub> )	3,00 m
	Inclinación talud aguas arriba (I <sub>PAR</sub> )	45°
	Cálculos previos (V <sub>C1</sub> , V <sub>C2</sub> , V <sub>C3</sub> )	
	$V_{C1} = \left(3 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{PBP}\right) \cdot r^2 \rightarrow V_{C1} = 9,42 \cdot r^2$	
	$V_{C2} = \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{PBP}\right) \cdot \left(\left(\frac{2 \cdot H_{PBP}}{\text{tg}(\alpha)}\right) + \left(\frac{H_{PBP}}{\text{tg}(\alpha)}\right)\right) \cdot r \rightarrow V_{C2} = 28,27 \cdot r$	
	$V_{C3} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{PBP} \rightarrow V_{C3} = 3,14 \text{ m}$	
	Radio Inferior (r)	
	$V_{PBP} = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} \rightarrow 3.200 = 9,42 \cdot r^2 + 28,27 \cdot r + 3,14 \rightarrow r = 16,98 \text{ m}$	
Radio Inferior (r y r')		
Balsa de geometría redonda $\rightarrow r = r' \rightarrow r' = 16,98 \text{ m}$		
Radio Superior (R y R')		
$R = r + \left(\frac{H_{PBP}}{\text{tg}(\alpha)}\right) \rightarrow R = R' \rightarrow R' = 19,98 \text{ m}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten obtener automáticamente las dimensiones de la balsa de geometría redonda. Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Para que el usuario pueda comprobar que estos cálculos se han realizado de forma correcta, la herramienta aplica en las formulas anteriores los valores hallados en los apartados C.7, C.8, C.9 y C.10, estableciendo como incógnita el valor del volumen de agua máximo estimado « $V_1$ ». Por lo tanto, el usuario deberá comprobar que este valor se corresponde con el indicado en el apartado C.2. Se establece:

<b>C.10</b>	Volumen de la balsa estimado ( $V_{ET}$ )	Calculo automático (m <sup>3</sup> )
-------------	---	--------------------------------------

Definida la geometría de la balsa y dimensionada conforme a lo establecido en los apartados anteriores, la herramienta calcula de forma automática la superficie de contacto que permitirá estimar los metros cuadrados de membrana y geotextil necesarios. Se establece:

<b>C.11</b>	Superficie de contacto ( $S_{CT}$ )	Calculo automático (m <sup>2</sup> )
-------------	-------------------------------------	--------------------------------------

Conocida la geometría de la balsa y dimensionada ya correctamente, la herramienta calcula la superficie de contacto mediante las siguientes relaciones matemáticas:

Balsa cuadrada	
Sup. base inferior	$S_c = b \cdot b$
Sup. Laterales	$S_p = 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b$
	Se multiplica la superficie por 4 paredes laterales idénticas..
Sup. Esquinas	$S_{p'} = 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{tg}(I_{PAR})} \right) \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right)$
	Se multiplica la superficie por 4 esquinas idénticas.
Cálculo « $S_{CT}$ »	
$S_{CT} = b \cdot b + 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b + 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{tg}(I_{PAR})} \right) \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right)$	
Geometría de la balsa ( $G_{BP}$ )	Cuadrada
Volumen de agua máximo estimado ( $V_{PBP}$ )	3.256 m <sup>3</sup>
Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBP}$ )	3,00 m
Inclinación talud aguas arriba ( $I_{PAR}$ )	45°
Cálculos previos ( $S_c, S_p, S_{p'}$ )	
$S_c = b \cdot b \rightarrow S_c = 894 \text{ m}^2$	
$S_p = 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b \rightarrow S_p = 507 \text{ m}^2$	
$S_{p'} = 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{tg}(I_{PAR})} \right) \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \rightarrow S_{p'} = 51 \text{ m}^2$	

<b>Ex</b>	Superficie de contacto ( $S_{CT}$ )	
	$S_{CT} = S_C + S_P + S_{P'} \rightarrow S_{CT} = S_C + S_P + S_{P'} \rightarrow S_{CT} = 1.452 \text{ m}^2$	
NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la superficie de contacto ( $S_{CT}$ ). Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.		
<b>Ex</b>	Balsa rectangular (condición lado $b' = 2b$ )	
	Sup. base inferior	$S_T = b \cdot b'$
	Sup. laterales 1	$S_P = 2 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b$
		Se multiplica la superficie por 2 paredes laterales idénticas.
	Sup. laterales 2	$S_{P'} = 2 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b'$
		Se multiplica la superficie por 2 paredes laterales idénticas.
	Sup. esquinas	$S_K = 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{tg}(I_{PAR})} \right) \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right)$
Se multiplica la superficie por 4 esquinas idénticas.		
Cálculo « $S_{CT}$ »		
$S_{CT} = b \cdot b' + 2 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b + 2 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b' + 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{tg}(I_{PAR})} \right) \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right)$		

<b>Ex</b>	Geometría de la balsa ( $G_{BP}$ )	Rectangular
	Volumen de agua máximo estimado ( $V_{PBP}$ )	3.261 m <sup>3</sup>
	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBP}$ )	3,00 m
	Inclinación talud aguas arriba ( $I_{PAR}$ )	45°
	Cálculos previos ( $S_T, S_P, S_{P'}, S_K$ )	
	$S_T = b \cdot b' \rightarrow S_T = 885 \text{ m}^2$	
	$S_P = 2 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b \rightarrow S_P = 179 \text{ m}^2$	
	$S_{P'} = 2 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \cdot b' \rightarrow S_{P'} = 357 \text{ m}^2$	
	$S_K = 4 \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{tg}(I_{PAR})} \right) \cdot \left( \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})} \right) \rightarrow S_K = 51 \text{ m}^2$	
	Superficie de contacto ( $S_{CT}$ )	
$S_{CT} = S_T + S_P + S_{P'} + S_K \rightarrow S_{CT} = 1.472 \text{ m}^2$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la superficie de contacto ( $S_{CT}$ ). Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Balsa redonda		
Ex	Longitud paredes	$R_H = \frac{H_{PBP}}{\text{sen}(I_{PAR})}$
		$R_H$ refiere a la longitud de las paredes.
	Sup. laterales	$R' = r + R_H$ R' Refiere al sumando del radio inferior y la longitud de paredes.
Sup. total		$S_T = \pi \cdot R'^2$
		$S_T$ Refiere a la superficie total de contacto
Cálculo « $S_{CT}$ »		
$S_{CT} = \pi \cdot R'^2$		
NOTA: La herramienta calcula de forma automática la superficie de contacto ( $S_{CT}$ ).		
Ex	Geometría de la balsa ( $G_{BP}$ )	Redonda
	Volumen de agua máximo estimado ( $V_{PBP}$ )	3.251 m <sup>3</sup>
	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBP}$ )	3,00 m
	Inclinación talud aguas arriba ( $I_{PAR}$ )	45°
	Superficie de contacto ( $S_{CT}$ )	
$S_{CT} = \pi \cdot R'^2 \rightarrow S_T = 1.434 \text{ m}^2$		
NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la superficie de contacto ( $S_{CT}$ ). Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario. de los valores seleccionados por el usuario.		

Conocido el valor de la superficie de contacto ( $S_{CT}$ ), la herramienta aplica de forma automática un coeficiente de ponderación que tiene como finalidad definir la cantidad de membrana y geotextil necesario para la construcción de la balsa, estableciéndose:

C.12	Coficiente de ponderación ( $C_{PNP}$ )	Cálculo automático
La herramienta define el valor del coeficiente de ponderación considerando:		
Ex	Superficie de coronación ( $S_{COR}$ )	m <sup>2</sup>
	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBP}$ )	m
	Coficiente de ponderación ( $C_{PNP}$ )	
	$C_{PNP} = \frac{S_{COR}}{H_{PBP}} \rightarrow C_{PNP} \geq 800 \rightarrow C_{PNP} = 1,10$	
	$C_{PNP} = \frac{S_{COR}}{H_{PBP}} \rightarrow 100 \leq C_{PNP} < 800 \rightarrow C_{PNP} = 1,15$	
$C_{PNP} = \frac{S_{COR}}{H_{PBP}} \rightarrow C_{PNP} \leq 100 \rightarrow C_{PNP} = 1,20$		

A continuación, la herramienta calcula automáticamente el valor de la superficie de contacto estimada ( $S_{CEP}$ ), estableciéndose:

<b>C.13</b>	Superficie de contacto estimada ( $S_{CEP}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
-------------	---	------------------------------

NOTA: La herramienta calcula automáticamente este valor como resultado del producto de la superficie de contacto ( $S_{CT}$ ) y el coeficiente de ponderación ( $C_{PNP}$ ).

Otro valor importante, sobre todo en lo que se refiere a cálculos necesarios de capítulos como el correspondiente a cerramientos, es el del perímetro estimado de la balsa de pluviales. En este caso, la herramienta calcula automáticamente el valor en función de la geometría ( $G_{BP}$ ) y dimensión de la balsa seleccionada. Se establece:

<b>C.14</b>	Perímetro estimado de la balsa ( $P_{BEP}$ )	Cálculo automático (m)
-------------	--	------------------------

NOTA: La herramienta calcula automáticamente este valor como resultado de la suma de los lados de la balsa, si esta es cuadrada o rectangular, y como resultado de aplicar la fórmula correspondiente al perímetro de una circunferencia, si es redonda. Estos valores se multiplican por el coeficiente de ponderación ( $C_{PNP}$ ).

## Datos áridos recogida de pluviales (DARP)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario compruebe las características de los tipos de áridos seleccionados para la construcción del canal y de la cuneta de evacuación de pluviales prevista.

La construcción del canal y de la cuneta suele realizarse de hormigón en masa o armado. Por ello, la herramienta de cálculo considera la utilización de los áridos en la construcción de estos sistemas. Este apartado informa al usuario de los valores introducidos previamente en el grupo «DGTAU» del Capítulo I «Datos generales», en referencia al tipo de árido seleccionado, estableciéndose:

<b>D.1</b>	Para la construcción del sistema de evacuación de pluviales se utilizará:	
<b>D.1.1</b>	Árido	Dato automático (Valorización/Cantera)
<b>D.1.2</b>	Tipo	Dato automático (Zahorra/Grava)
<b>D.1.3</b>	Granulometría	Dato automático (mm)

## Datos características recogida de pluviales (DCRP)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario conozca la cantidad de áridos que son necesarios para la construcción del canal perimetral y la cuneta interna de evacuación de pluviales. Así como lo correspondiente a la georred, geomembrana y geotextil que se prevé colocar en la balsa de pluviales diseñada. La herramienta realiza automáticamente estos cálculos gracias a la información introducida en este capítulo y a la aplicación de una serie de relaciones matemáticas.

La información seleccionada e introducida por el usuario en el grupo «DGCPP» del Capítulo V «Datos Pluviales» permite que la herramienta determine de forma automática la cantidad de árido necesario para la construcción del canal, estableciéndose:

<b>E.1</b>	Áridos necesarios para la construcción del canal perimetral ( $A_{CP}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de árido necesario para la construcción del canal perimetral se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Longitud del canal ( $L_{CP}$ )	3.500 m
	Espesor de las paredes del canal ( $E_{CP}$ )	0,20 m
	Sección del muro del canal ( $S_{CP}$ )	2,10 m
	Árido necesario por unidad de volumen de hormigón ( $A_{VH1}$ )	120,00 kg/m <sup>3</sup>
	Áridos necesarios para la construcción del canal perimetral ( $A_{CP}$ )	
	$A_{CP1} = L_{CP} \cdot E_{CP} \cdot S_{CP} \rightarrow A_{CP1} = 1.473,34 m^3$	
$A_{CP2} = \left(\frac{A_{CP1} \cdot A_{CP1}}{1000}\right) \rightarrow A_{CP2} = 176,80 t$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de árido necesaria para la construcción del canal perimetral.

Del mismo modo, se obtiene la cantidad de árido necesaria para la construcción de la cuneta interna. La herramienta selecciona la información disponible en el grupo «DGCIPI» y calcula automáticamente la cantidad de árido necesaria para la construcción de la cuneta, estableciéndose:

<b>E.2</b>	Áridos necesarios para la construcción de la cuneta interna ( $A_{CI}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de árido necesario para la construcción de la cuneta interna se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Longitud del canal ( $L_{CI}$ )	2.300 m
	Espesor de las paredes de la cuneta ( $E_{CI}$ )	0,10 m
	Sección del muro de la cuneta ( $S_{CI}$ )	1,53 m
	Árido necesario por unidad de volumen de hormigón ( $A_{VH2}$ )	120,00 kg/m <sup>3</sup>
	Áridos necesarios para la construcción de la cuneta interna ( $A_{CI}$ )	
	$A_{CI1} = (L_{CI} \cdot E_{CI} \cdot S_{CI}) \rightarrow A_{CI1} = 352,32 m^3$	
$A_{CI2} = ((A_{CI1} \cdot A_{VH2})/1000) \rightarrow A_{CI2} = 42,28 t$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de árido necesario para la construcción de la cuneta interna.

La herramienta calcula automáticamente el valor de la superficie de contacto estimada (SCEP) y lo aplica a la georred (LGRP) ya que esta debe siempre cubrir toda la superficie estimada, estableciéndose:

<b>E.3</b>	Georred ( $L_{GRP}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
------------	-----------------------	--------------------------------------

A continuación, la herramienta aplica el valor de la superficie de contacto estimada (SCEP) en la lámina de geotextil inferior a la geomembrana (LGTP) ya que esta debe poseer una dimensión equivalente, estableciéndose:

<b>E.4</b>	Lámina de geotextil inferior a la geomembrana ( $L_{GTP}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
------------	---	--------------------------------------

Este mismo valor es aplicado a la lámina de geomembrana (LGM P), por poseer del mismo modo que en el caso anterior, una dimensión equivalente a la de la superficie de contacto estimada (SCEP), estableciéndose:

<b>E.5</b>	Lámina de geomembrana ( $L_{GMP}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
------------	-------------------------------------	--------------------------------------

## Datos económicos de recogida de pluviales (DERP)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que el programa utiliza para conocer las características generales de los áridos seleccionados para la construcción del canal perimetral, la cuneta interna y las capas necesarias para la construcción de la balsa de pluviales. Esta información permite definir posteriormente el presupuesto correspondiente.

El coste económico de los áridos necesarios para la construcción del canal perimetral queda reflejado en este primer apartado. La herramienta de cálculo aporta automáticamente el coste de las zahorras o gravas seleccionadas y una descripción completa que puede ser seleccionada por el usuario o, si así lo desea, introducir una distinta.

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
<b>F.1</b>	DERP-F.1	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la construcción del canal
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar. El coste se aportará de forma automática conforme a lo indicado en el Capítulo I.

El coste económico de los áridos necesarios para la construcción de la cuneta interna queda reflejado en este apartado. La herramienta de cálculo, del mismo modo que en el caso del canal perimetral, aporta automáticamente el coste de las zahorras o gravas seleccionadas y una descripción completa que puede ser seleccionada o, si se desea, introducir una distinta.

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.2	DERP-F.2	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la construcción de la cuneta
	Descripción completa			*

Dimensionada la balsa de pluviales, la herramienta calcula automáticamente la dimensión de las distintas capas necesarias. La georred es la primera y corresponde a la base sobre la que posteriormente se colocan las láminas de geomembrana y geotextil. Se establece:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.3	DERP-F.3	m <sup>2</sup>	*	Georred
	Descripción completa			*

Sobre la georred se coloca una lámina de geotextil, y es precisamente en este apartado donde la herramienta solicita que el usuario seleccione la información existente por defecto, en lo que refiere a coste y descripción completa, o que introduzca una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.4	DERP-F.4	m <sup>2</sup>	*	Geotextil
	Descripción completa			*

Finalmente, sobre el geotextil se coloca la geomembrana para garantizar la estanqueidad de la balsa y evitando la contaminación del subsuelo. Como en el caso anterior, la herramienta solicita que el usuario seleccione la información existente por defecto, en lo que refiere a coste y descripción completa, o que introduzca una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.5	DERP-F.5	m <sup>2</sup>	*	Geomembrana
	Descripción completa			*

## CAPÍTULO VI

# Lixiviados



La evacuación y captación del lixiviado generado es otro aspecto importante a tener en cuenta en el diseño de un vertedero, ya que puede acarrear problemas graves derivados de la contaminación del suelo. LABWASTE.12 considera este aspecto y por ello incorpora en su estructura el Capítulo VI «Lixiviados», que recoge de forma automática toda la información necesaria disponible en los capítulos anteriores y solicita al usuario toda aquella información adicional.

Este capítulo alberga todos los datos correspondientes a las estructuras de evacuación y captación de lixiviados en los vertederos.

*Lixiviado*: líquido resultante del arrastre de sustancias solubles contenidas en los residuos o generadas por su descomposición, pudiendo contener materiales potencialmente dañinos (Figura 19).

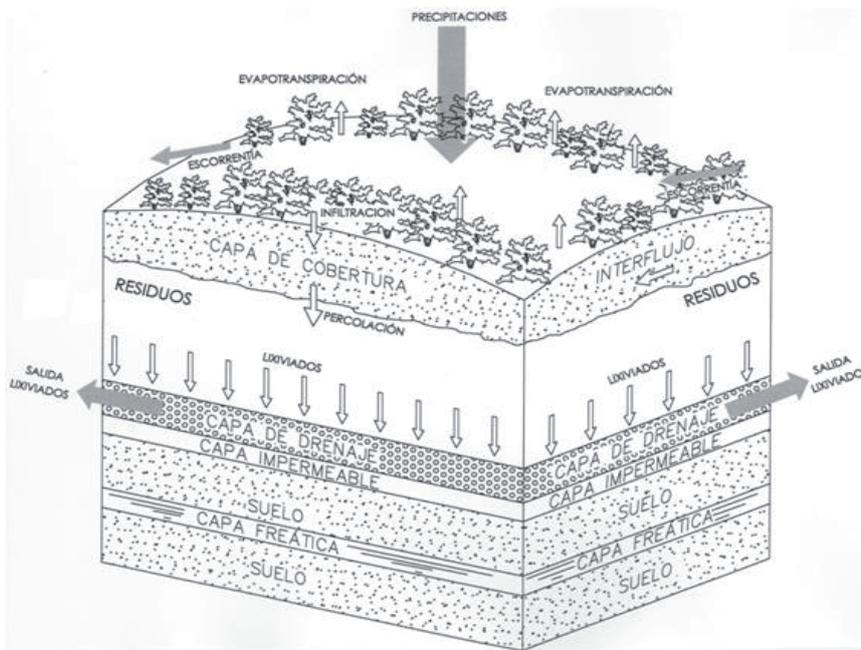


Figura 19. Esquema de la generación y movimiento de los lixiviados en un vertedero

## Datos generales recogida de lixiviados (DGRL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer la necesidad o no de dotar al vertedero de un sistema de recogida de lixiviados.

Es importante que el usuario sea consciente de algunos de los valores introducidos en los capítulos anteriores para realizar correctamente el dimensionado de los conductos y la balsa de captación de lixiviados. Por ello, la herramienta muestra en este primer apartado la clase de vertedero en función de la topografía seleccionada en el Capítulo I «Datos generales», estableciéndose:

<b>A.1</b>	Clase de vertedero en función de la topografía	Dato automático
------------	--	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos Generales», donde ya fue introducida.

Atendiendo la información introducida en el Capítulo I «Datos generales», concretamente aquella que hace referencia al tipo de vertedero en función del residuo,

será posible deducir si es necesario un sistema de recogida de lixiviados. Por ello, la herramienta muestra en este apartado esta clasificación, estableciéndose:

<b>A.2</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Dato automático
------------	---	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

La cuestión principal de este capítulo es si es o no necesario un sistema de recogida de lixiviados; por ello, en este apartado la herramienta responde de forma automática esta cuestión, estableciéndose:

<b>A.3</b>	¿Es necesario un sistema de recogida de lixiviados?	Dato automático (Sí/No)
------------	---	-------------------------

NOTA: Si el usuario selecciona la opción «inertes» como clasificación del vertedero en función del residuo, la herramienta indicará automáticamente en este apartado que «No» es necesario un sistema de recogida de lixiviados y que no se debe completar la información de este capítulo. No obstante, si se selecciona la opción «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos» sí que será necesario introducir la información solicitada en este capítulo.

Para calcular la cantidad de lixiviados que puede generarse es necesario conocer entre otros valores, el correspondiente a la población atendida. Esta información ya fue introducida en el Capítulo I «Datos generales», por esa razón la herramienta se encarga de copiarlo y aportarlo de forma automática en este apartado. La finalidad es que el usuario sea consciente del valor introducido y entienda los cálculos posteriores.

<b>A.4</b>	Población atendida ( $P_{AT}$ )	Dato automático (habitantes)
------------	---------------------------------	------------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Otro valor importante para cálculos posteriores es el correspondiente al valor de la tasa de generación anual si se trata de residuos inertes, o tasa de generación diaria si se trata de residuos no industriales, urbanos o rechazos. Esta información, del mismo modo que en los casos anteriores, ya fue introducida en el Capítulo I «Datos generales» por esa razón, la herramienta se encarga de copiarlo y aportarlo de forma automática en este apartado, estableciéndose:

<b>A.5</b>	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )/Tasa de generación anual ( $T_{GA}$ )	Dato automático (kg/hab-día)
------------	--	------------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

La información disponible en los dos últimos apartados permite que la herramienta calcule automáticamente el valor de la generación diaria de residuos. Toda esta información permitirá calcular posteriormente la cantidad de lixiviados generados, estableciéndose:

<b>A.6</b>	Generación diaria de residuos ( $G_{DR}$ )	Cálculo automático (kg/día)
------------	--	-----------------------------

La generación diaria de residuos se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inerte
	Tasa de generación anual ( $T_{GA}$ )	200.000 t/año
	Generación diaria de residuos ( $G_{DR}$ )	
	$G_{DR} = \frac{T_{GA}}{365} \rightarrow G_{DR} = 547.945 \text{ kg/día}$	

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/urbanos
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación anual ( $T_{GD}$ )	1,035 kg/día
	Generación diaria de residuos ( $G_{DR}$ )	
$G_{DR} = P_{AT} \cdot T_{GD} \rightarrow G_{DR} = 207.000 \text{ kg/día}$		

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazo
	Población atendida ( $P_{AT}$ )	200.000 habitantes
	Tasa de generación anual ( $T_{GD}$ )	0,621 kg/día
	Generación diaria de residuos ( $G_{DR}$ )	
$G_{DR} = P_{AT} \cdot T_{GD} \rightarrow G_{DR} = 124.200 \text{ kg/día}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la generación diaria de residuos ( $G_{RD}$ ). Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Para poder calcular de forma aproximada la producción de lixiviados es necesaria la información aportada en los apartados anteriores. No obstante, esta sigue siendo insuficiente, debido a que es necesario conocer, entre otros datos, el valor de la humedad media de los residuos (Ehrig, 1992; Vaquero, 2004). Como esta información ya fue introducida en el Capítulo I «Datos generales» la herramienta lo copia y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>A.7</b>	Humedad media de los residuos ( $H_{MR}$ )	Dato automático (%)
------------	--	---------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Conocidos los valores correspondientes a la generación diaria y a la humedad media de los residuos, la herramienta calcula de forma automática el contenido mensual de humedad que pueden contener todos los residuos vertidos durante un mes, estableciéndose:

<b>A.8</b>	Contenido mensual de humedad en los residuos ( $C_{MHR}$ )	Cálculo automático ( $m^3/mes$ )
------------	--	----------------------------------

El contenido de humedad de los residuos se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Inertes
	¿Es necesario un sistema de recogida de lixiviados?	No
	Generación diaria de residuos ( $G_{DR}$ )	547.945 kg/día
	Humedad media de los residuos ( $H_{MR}$ )	0%
	Contenido mensual de humedad en los residuos ( $C_{MHR}$ )	
$C_{MHR} = \frac{G_{DR} \cdot H_{MR} \cdot 30}{1000} \rightarrow C_{MHR} = 0 \text{ m}^3/\text{mes}$		

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	no peligrosos/urbanos
	¿Es necesario un sistema de recogida de lixiviados?	Sí
	Generación diaria de residuos ( $G_{DR}$ )	207.000 kg/día
	Humedad media de los residuos ( $H_{MR}$ )	43,86%
	Contenido mensual de humedad en los residuos ( $C_{MHR}$ )	
$C_{MHR} = \frac{G_{DR} \cdot H_{MR} \cdot 30}{1000} \rightarrow C_{MHR} = 2.724 \text{ m}^3/\text{mes}$		

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	rechazos
	¿Es necesario un sistema de recogida de lixiviados?	Sí
	Generación diaria de residuos ( $G_{DR}$ )	124.200 kg/día
	Humedad media de los residuos ( $H_{MR}$ )	37,37 %
	Contenido mensual de humedad en los residuos ( $C_{MHR}$ )	
$C_{MHR} = \frac{G_{DR} \cdot H_{MR} \cdot 30}{1000} \rightarrow C_{MHR} = 1.392 \text{ m}^3/\text{mes}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario que operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del contenido mensual de humedad en los residuos ( $C_{MHR}$ ). Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario (suponiendo que la densidad de los lixiviados es 1 kg/L)

El valor correspondiente a la densidad media del vertedero es importante para poder completar la información que la herramienta utiliza para el cálculo de la generación de lixiviados, ya que una mayor compacidad se traduce en una mayor densidad y, por tanto, en menor contenido de humedad y de lixiviados generados. Se establece:

<b>A.9</b>	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	Dato automático ( $kg/m^3$ )
------------	--	------------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos Generales», donde ya fue introducida.

A continuación, la herramienta analiza automáticamente toda la información correspondiente a «precipitación» (ya introducida en el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales») y copia el valor del mes más lluvioso, para estar siempre del lado de la seguridad, estableciéndose:

<b>A.10</b>	Mes de máxima pluviometría ( $P_{MAXL}$ )	Dato automático (L/m <sup>2</sup> )
-------------	---	-------------------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Para estimar la influencia que puede tener la pluviometría en la generación de lixiviados es necesario conocer la información correspondiente al área estimada disponible del vaso, ya que a mayor área mayor percolación y como consecuencia de ello, mayor generación de lixiviados. La herramienta copia esta información desde el Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida y la muestra de nuevo en este apartado, todo ello con la finalidad de que el usuario sea consciente del valor introducido y pueda relacionar los cálculos que se realizan de forma automática en apartados posteriores, estableciéndose:

<b>A.11</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	Dato automático (ha)
-------------	--	----------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida.

La herramienta realiza el cálculo del caudal medio de lixiviado de forma automática. Generalmente, se trata de una operación sencilla en la que intervienen las variables de pluviometría, área del vertedero y coeficiente de compactación (Ehrig, 1992). En los apartados anteriores se han definido los valores de las dos primeras variables; a continuación, se define el correspondiente al coeficiente de compactación, estableciéndose:

<b>A.12</b>	Coeficiente de compactación ( $k_c$ )	Cálculo automático
-------------	---------------------------------------	--------------------

El coeficiente de compactación de los residuos se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	Coeficiente de compactación ( $k_c$ )
	<500	0,50
	<600	0,40
	<700	0,30
	<800	0,25
	<900	0,20
	≥900	0,15

La obtención del valor correspondiente al caudal medio de lixiviados ( $Q_{ML}$ ) generado se obtiene de la información correspondiente a los apartados anteriores, aplicando siempre lo establecido en el Método Suizo (Jaramillo, 2002). La herramienta aporta este valor de forma automática, estableciéndose:

<b>A.13</b>	Caudal medio de lixiviado ( $Q_{ML}$ )	Cálculo automático (L/día)
-------------	--	----------------------------

El caudal medio de lixiviado generado se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Densidad media del vertedero ( $D_M$ )	800 kg/m <sup>3</sup>
	Mes de máxima pluviometría ( $P_{MAXL}$ )	74,00 L/m <sup>2</sup>
	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	5 ha
	Coefficiente de compactación ( $k_C$ )	0,20
	Caudal medio de lixiviado ( $Q_{ML}$ )	
$Q_{ML} = \frac{P_{MAXL} \cdot A_{EV} \cdot k_C}{30} \rightarrow Q_{ML} = 24.666,67 \text{ L/día}$		

Para que la herramienta pueda dimensionar de forma automática la balsa, es necesario, en primer lugar, conocer el volumen de lixiviados que se prevé almacenar. El periodo estimado de descarga de lixiviados ( $P_{EDL}$ ) permite obtener esta información, por esa razón, la herramienta solicita en este apartado que el usuario seleccione uno de los valores existentes por defecto o introduzca uno distinto. Así pues, el momento de máximo volumen de lixiviados almacenados sería el previo a la descarga, que sería el dato más desfavorable, estableciéndose:

<b>A.14</b>	Periodo estimado de descarga de lixiviados ( $P_{EDL}$ )	7 días
		15 días
		30 días
		días

NOTA: El periodo estimado de descarga de lixiviados ( $P_{EDL}$ ) y la máxima pluviometría antes de iniciar la fase de descarga se considera para dimensionar la balsa.

Conocido el valor correspondiente al periodo estimado de descarga de lixiviados ( $P_{EDL}$ ), la herramienta calcula automáticamente el volumen de lixiviados necesario a almacenar, estableciéndose:

<b>A.15</b>	Volumen de lixiviados acumulado ( $V_{LA}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
-------------	--	--------------------------------------

El volumen de lixiviados acumulado se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Caudal medio de lixiviado ( $Q_{ML}$ )	24.666,67 L/día
	Periodo estimado de descarga de lixiviados ( $P_{EDL}$ )	30 días
	Volumen de lixiviados acumulado ( $V_{LA}$ )	
$V_{LA} = \frac{Q_{ML} \cdot P_{EDL}}{1000} \rightarrow V_{LA} = 740,00 \text{ m}^3$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del volumen de lixiviados acumulado ( $V_{LA}$ ). Los resultados variarán en función de los valores seleccionados por el usuario.

Considerar la pluviometría sobre la superficie de corona de la balsa es muy importante, ya que influye en un aumento del volumen de fluidos que debe la balsa almacenar sin generar situaciones de riesgo, derivadas de posibles desbordamientos. Para obtener esta información, la herramienta aplica el método de Gumbel, estableciéndose:

<b>A.16</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	Dato automático (años)
-------------	---	------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

Para aplicar este método, es preciso conocer, además del valor correspondiente al periodo de recogida de datos, la media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h. Como esta información ya fue introducida en el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales», la herramienta lo copia y muestra de nuevo en este apartado. El usuario es de esta forma consciente del valor introducido en el capítulo correspondiente y de su influencia en cálculos posteriores. Se establece:

<b>A.17</b>	Media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24 h ( $P_{MM}$ )	Dato automático (L/m <sup>2</sup> )
-------------	--	-------------------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

El valor correspondiente a la desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24 h, se obtiene del grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales». La herramienta, del mismo modo que en los dos casos anteriores, copia esta información desde el grupo indicado y la muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>A.18</b>	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24 h ( $D_{TM}$ )	Dato automático
-------------	--	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DCO» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida.

El método de Gumbel solicita que seleccionemos el periodo de retorno estimado, por lo general este valor suele variar entre 50 y 500 años; no obstante, en el caso de dimensionamiento de balsas, como es el caso, el valor indicado debe ser de 100 años. Además, la reglamentación dicta un coeficiente de seguridad  $C_s = 2$ , por lo que el dato de la capacidad correspondería al doble de las precipitaciones máximas caídas en 24 h con un periodo de retorno de 100 años ( $P_{IR 2010}$ ). La herramienta muestra este dato de forma automática, a modo de información. La finalidad es que el usuario conozca el proceso de cálculo y pueda realizar tantas comprobaciones como considere oportunas. Se establece:

<b>A.19</b>	Periodo de retorno estimado pluviometría superficie balsa ( $P_{REL}$ )	100 años
-------------	---	----------

La información anterior es utilizada por la herramienta para realizar de forma automática una serie de cálculos que permiten estimar el volumen adicional proporcionado por la pluviometría máxima de la zona. Se establece:

**A.20** Volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PL}$ ) Cálculo automático ( $m^3$ )

El volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PL}$ ) se calcula aplicando el método de distribución estándar de Gumbel:

<b>Ex.1</b>	$P_{REL} = \left(\frac{1}{1 - F(x)}\right) \rightarrow F(x) = -\left(\frac{1 - P_{REL}}{P_{REL}}\right)$	$P_{REL}$	Periodo de retorno estimado
		$F(x)$	Se obtiene el valor de esta incógnita
<b>Ex.2</b>	$F(x) = e^{-e^{-b}} \rightarrow b = -\text{Ln}(-\text{Ln}(F(x)))$	$F(x)$	Incógnita anterior. Valor conocido
		$b$	Se obtiene el valor de esta incógnita
<b>Ex.3</b>	$b = \sigma * \left(\frac{P_{P2} - P_{MM}}{D_{TM}}\right) + \mu$ $P_{P2} = \frac{b - \mu + \left(\frac{\sigma * P_{MM}}{D_{TM}}\right)}{\left(\frac{\sigma}{D_{TM}}\right)}$	$\sigma$	Valor obtenido de la tabla de Gumbel
		$b$	Incógnita anterior. Valor conocido
		$P_{MM}$	Media de precipitación máx. 24 h.
		$D_{TM}$	Desviación típica de precipitación máx. 24 h.
		$\mu$	Valor obtenido de la tabla de Gumbel
		$P_{P2}$	Precipitación calculada para el periodo de retorno ( $L/m^2 \cdot h$ )
<b>Ex.4</b>	$V_{PL} = \frac{P_{P2} \cdot S_{COR}}{1000}$	$P_{P2}$	Precipitación calculada para el periodo de retorno ( $L/m^2$ )
		$S_{COR}$	Superficie de coronación de la balsa ( $m^2$ )
		$V_{PL}$	Volumen medio de recogida de pluviales en balsa ( $m^3$ )

<b>Tabla de Gumbel</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	$\mu$	$\sigma$
	10	0,4952	0,9496
	15	0,5128	1,0206
	20	0,5236	1,0628
	25	0,5309	1,0914
	30	0,5362	1,1124
	35	0,5403	1,1285
	40	0,5436	1,1413
	45	0,5463	1,1518
	50	0,5485	1,1607
	55	0,5504	1,1682
	60	0,5521	1,1747
	65	0,5535	1,1803
	70	0,5548	1,1854
	75	0,5559	1,1898
	80	0,5569	1,1938
	85	0,5578	1,1974
	90	0,5586	1,2007
	95	0,5593	1,2037
	100	0,5600	1,2065
Infinito	0,5772	1,2822	

<b>Ex</b>	Periodo de recogida de datos ( $P_{RD}$ )	40 años
	Media de las precipitaciones máximas anuales caídas en 24h ( $P_{MM}$ )	100 L/m <sup>2</sup>
	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24h ( $D_{TM}$ )	33,4
	Periodo de retorno estimado pluviometría superficie balsa ( $P_{REL}$ )	100 años
	Valor de ( $F_{(x)}$ )	0,99
	Valor de (b)	4,60
	Valor de ( $\mu$ )	0,5436
	Valor de ( $\sigma$ )	1,1413
	Coefficiente de seguridad aplicado ( $C_s$ )	2
	Superficie de coronación ( $S_{COR}$ )	795 m <sup>2</sup>
	Geometría de la balsa ( $G_{BL}$ )	Cuadrada
	Volumen adicional por pluviometría máxima ( $V_{p2}$ )	
$P_{P2} = \frac{b - \mu + \left( \frac{\sigma \cdot P_{MM}}{D_{TM}} \right)}{\left( \frac{\sigma}{D_{TM}} \right)} \rightarrow P_{P2} = 437 \text{ l/m}^2$		
$V_{PL} = \frac{P_{P2} \cdot S_{COR}}{1000} \rightarrow V_{PL} = 348 \text{ m}^3$		
<p>NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor del volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa (<math>V_{PL}</math>).</p>		

Conocidos los valores correspondientes a volumen de lixiviados acumulado ( $V_{LA}$ ) y volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PL}$ ), la herramienta, mediante su sumatorio, muestra automáticamente el valor del volumen total de acumulación, estableciéndose:

<b>A.21</b>	Valor total de acumulación ( $V_{TAL}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
-------------	--	--------------------------------------

NOTA: La herramienta calcula este valor como resultado de la suma correspondiente al volumen de lixiviados ( $V_{LA}$ ) y volumen adicional por pluviometría máxima ( $V_{PL}$ ).

El usuario debe ser consciente de que el volumen de lixiviados acumulado ( $V_{LA}$ ) ofrece un valor que permite estimar de forma aproximada la superficie de la corona de la balsa; a partir de ese dato se calcula el valor correspondiente al volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PL}$ ) que es añadido para obtener el valor total de acumulación ( $V_{TAL}$ ). Este último volumen dimensiona la balsa de nuevo, dando como resultado una superficie de coronación ligeramente superior que incrementa el volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa ( $V_{PL}$ ), y así consecutivamente. Por esa razón, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad que permita obtener un valor aproximado del volumen total estimado ( $V_{TEL}$ ), estableciéndose:

<b>A.22</b>	Coeficiente de seguridad aplicado ( $C_{SL}$ )	1,10
		1,15
		1,20

Conocido el valor del coeficiente de seguridad aplicado ( $C_{SL}$ ), la herramienta calcula de forma automática el valor correspondiente al valor total de estimado ( $V_{TEL}$ ), a partir del cual se dimensiona la balsa de lixiviados en el siguiente grupo y se obtiene la información necesaria que posteriormente permite calcular el presupuesto correspondiente a la capa de drenaje, membranas, geotextiles y cerramientos. Se establece:

<b>A.23</b>	Valor total de acumulación ( $V_{TEL}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
-------------	--	------------------------------

NOTA: La herramienta calcula este valor como resultado del producto del volumen total de acumulación ( $V_{TAL}$ ) y coeficiente de seguridad aplicado ( $C_{SL}$ ).

## Datos sistema evacuación de lixiviados (DGEL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características de las tuberías y los áridos necesarios para la construcción del canal del sistema de evacuación de lixiviados.

El área estimada disponible para el vaso es un dato importante que la herramienta utiliza para determinar posteriormente la longitud del canal y de los conductos necesarios del sistema de evacuación de lixiviados; por ello, este apartado muestra el valor correspondiente al área, ya introducido en el apartado «DGVA» de Capítulo II «Vaso». Se establece:

<b>B.1</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	Dato automático (ha)
------------	--	----------------------

Conocido el valor correspondiente al área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ ), la herramienta solicita que el usuario seleccione uno de los valores disponibles en el desplegable de este apartado. La información tiene como base a la distancia entre tuberías y la selección de un valor u otro influirá posteriormente en una mayor o menor relación entre metro lineal de tubería y superficie de vaso. Este valor se ha obtenido a partir de los trabajos realizados por Carey *et al.* (2000) y Guyer (2009), estableciéndose:

<b>B.2</b>	Distancia entre tuberías ( $D_{DTL}$ )	10 m
		25 m
		50 m
		100 m

Seleccionado uno de los valores existentes por defecto en base a la distancia entre tuberías, la herramienta de cálculo muestra automáticamente el valor correspondiente a la relación entre metros lineales de tubería por metro cuadrado de superficie de vaso. Esta información permite a la herramienta estimar en el grupo correspondiente la cantidad de metros lineales de tuberías necesarios (Figura 20), estableciéndose:

<b>B.3</b>	Metros lineales de tubería por metro cuadrado de superficie ( $L_{MSL}$ )	Cálculo automático ( $m/m^2$ )
------------	---	--------------------------------

La relación de metros lineales de tubería por metro cuadrado de superficie es la siguiente:

	Distancia entre tuberías ( $D_{DTL}$ )	Relación ( $m/m^2$ )
<b>Ex</b>	10 m	0,01 $m/m^2$
	25 m	0,02 $m/m^2$
	50 m	0,04 $m/m^2$
	100 m	0,10 $m/m^2$



Figura 20. Construcción del canal de evacuación de lixiviados en un vertedero de España

Las dimensiones del canal están directamente relacionadas con las correspondientes a las tuberías del sistema de evacuación de lixiviados, cumpliéndose que a mayor diámetro de tubería mayor dimensión de canal. Por esa razón, la herramienta de cálculo solicita en este apartado que el usuario indique el diámetro promedio de las tuberías de evacuación de lixiviados. Los datos de diámetro promedio de las tuberías se han obtenido a partir de la consulta de varios proyectos reales de vertederos, estableciéndose:

<b>B.4</b>	Diámetro promedio de las tuberías de evacuación de lixiviados ( $D_{TEL}$ )	200 mm
		mm

A continuación, conocido el valor del diámetro promedio de la tubería de evacuación de lixiviados, la herramienta solicita que el usuario seleccione el valor existente por defecto, que es aquél válido para tuberías de hasta 200 mm o bien que indique uno distinto:

<b>B.5</b>	Profundidad del canal de evacuación de lixiviados ( $P_{CEL}$ )	0,50 m
		m

El valor correspondiente a la anchura del canal de evacuación de lixiviados suele ser de un metro, no obstante la herramienta permite que el usuario indique otro distinto:

<b>B.6</b>	Anchura del canal de evacuación de lixiviados ( $A_{CEL}$ )	1,00 m
		m

Finalmente, la herramienta utiliza la información seleccionada o introducida en los apartados anteriores para calcular automáticamente el valor de la sección del canal de evacuación de lixiviados, estableciéndose:

<b>B.7</b>	Sección del canal de evacuación de lixiviados ( $C_{CEL}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
------------	---	------------------------------

NOTA: La herramienta calcula este valor como resultado del producto de la profundidad del canal de evacuación de lixiviados ( $P_{CEL}$ ) y la anchura ( $A_{CEL}$ ).

## Datos generales balsa de lixiviados (DGBL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características de la balsa de lixiviados necesaria para la construcción de esta estructura.

Para dimensionar la balsa de lixiviados (Figura 21) es necesario conocer previamente qué volumen debe ser almacenado. Como este valor ya ha sido obtenido, la herramienta lo copia del grupo «DGR» y lo introduce en este apartado, estableciéndose:

<b>C.1</b>	Volumen de lixiviados máximo estimado ( $V_{PBL}$ )	Dato automático ( $m^3$ )
------------	---	---------------------------



Figura 21. Balsa de lixiviados de un vertedero en un país de una zona tropical

Conocido el volumen que se debe almacenar, es preciso dimensionar la balsa de lixiviados. Generalmente, esta suele presentar una forma geométrica conocida, por ello, es muy frecuente que los vertederos hagan uso de balsas de base cuadrada, rectangular o circular, no obstante, en algunos casos, la topografía del terreno obliga a construir balsas de geometrías diferentes. Esta herramienta, con la finalidad de simplificar y facilitar el diseño correcto del vertedero, solicita que el usuario seleccione alguna de las siguientes opciones:

C.2	Geometría de la balsa ( $G_{BL}$ )	Cuadrada
		Rectangular
		Redonda

Uno de los valores que necesita la herramienta para poder dimensionar de forma automática la balsa, es la profundidad. La herramienta solicita que el usuario indique este valor, seleccionando uno de los existentes por defecto o bien introduciendo el que desee, estableciéndose:

C.3	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBL}$ )	1 m
		2 m
		3 m
		4 m
		5 m
		m

La inclinación del talud es un dato muy importante para dimensionar correctamente la balsa, por lo general, este valor suele ser de  $45^\circ$ , no obstante, la topografía del terreno puede impedirlo y exigir que esta sea distinta. La herramienta en este caso,

solicita que el usuario indique si el valor de la inclinación se corresponde con el existente por defecto, o si lo desea, introducir uno distinto, estableciéndose:

<b>C.4</b>	Inclinación talud aguas arriba ( $I_{LAR}$ )	45°
		°

Conocida la geometría, la profundidad y la inclinación de los taludes aguas arriba, la herramienta realiza el cálculo del lado inferior (b), si se ha seleccionado como geometría la cuadrada o la rectangular. No obstante, en el caso de geometría de base circular la herramienta calculará el radio inferior (r), estableciéndose:

<b>C.5</b>	Lado inferior (b) / Radio Inferior (r)	Cálculo automático (m)
------------	--	------------------------

NOTA: Las operaciones realizadas quedan detalladas después del apartado C.8. Ello se debe a que estas operaciones ofrecen los valores de los apartados C.5, C.6, C.7 y C.8.

A continuación, la herramienta calcula de forma automática el valor del otro lado ( $b'$ ) o radio ( $r'$ ) inferior. Si el usuario ha seleccionado en el apartado «Geometría de la balsa» la opción «Cuadrada» o «Circular» este valor será idéntico al del apartado anterior. No obstante, si se trata de una balsa rectangular, el valor, como es obvio, variará. Se establece:

<b>C.6</b>	Lado inferior ( $b'$ ) / Radio Inferior ( $r'$ )	Cálculo automático (m)
------------	--	------------------------

NOTA: Las operaciones realizadas quedan detalladas después del apartado C.8. Ello se debe a que estas operaciones ofrecen los valores de los apartados C.5, C.6, C.7 y C.8.

Del mismo modo, se obtendrá de forma automática el valor correspondiente al lado superior (B), si se ha seleccionado como geometría la correspondiente a cuadrada o rectangular. No obstante, si la geometría es circular, este valor se corresponderá con el definido como radio superior (R), estableciéndose:

<b>C.7</b>	Lado superior (B) / Radio superior (R)	Cálculo automático (m)
------------	--	------------------------

NOTA: Las operaciones realizadas quedan detalladas después del apartado C.8. Ello se debe a que estas operaciones ofrecen los valores de los apartados C.5, C.6, C.7 y C.8.

Finalmente, la herramienta calcula de forma automática el valor del otro lado ( $B'$ ) o radio ( $R'$ ) Superior. Si el usuario ha seleccionado en el apartado «Geometría de la balsa» la opción de «cuadrada» o «circular» este valor será idéntico al del apartado «lado superior (B)», por el contrario, si se trata de una balsa rectangular, el valor variará. Se establece:

<b>C.8</b>	Lado superior ( $B'$ ) / Radio superior ( $R'$ )	Cálculo automático (m)
------------	--	------------------------

NOTA: Las operaciones realizadas quedan detalladas después del apartado C.8. Ello se debe a que estas operaciones ofrecen los valores de los apartados C.5, C.6, C.7 y C.8.

Conocido el « $V_{PBL}$ » volumen de lixiviados máximo estimado, la herramienta calcula la dimensión de la balsa mediante las siguientes relaciones matemáticas:

Balsa cuadrada	
Sup. base inferior	$V_C = h \cdot b^2$
Sup. laterales	$tg(\alpha) = \frac{h}{x} \rightarrow x = \frac{h}{tg(\alpha)}$
	Siendo $2x = L$ la diferencia entre la longitud superior e inferior.
	$A = \frac{x \cdot h}{2} \rightarrow V_P = \left(\frac{h \cdot \left(\frac{h}{tg(\alpha)}\right)}{2}\right) \cdot b \rightarrow V_P = 4 \cdot \left(\frac{h^2}{2 \cdot tg(\alpha)}\right) \cdot b$
	Se multiplica el volumen por 4 prismas de idénticas características.
Sup. esquinas	$V_{P'} = \frac{1}{3} \cdot x^2 \cdot h \rightarrow V_{P'} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot \left(\frac{h}{tg(\alpha)}\right)^2 \rightarrow V_{P'} = \frac{h^3}{3(tg(\alpha))^2}$
	Se multiplica el volumen por 4 pirámides de idénticas características.
Cálculo «b»	
$V_I = h \cdot b^2 + 4 \cdot \left(\frac{h^2}{2 \cdot tg(\alpha)}\right) \cdot b + \frac{h^3}{3(tg(\alpha))^2} \rightarrow$ Ecuación 2º Grado	

NOTA: La herramienta calcula de forma automática la «b» longitud de la base inferior mediante una ecuación de segundo grado que permite obtener este valor por ser conocido previamente el volumen de lixiviados máximo estimado « $V_{PBL}$ ».

Geometría de la balsa ( $G_{BL}$ )	Cuadrada
Volumen de agua máximo estimado ( $V_{PBL}$ )	1.197 m <sup>3</sup>
Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBL}$ )	1,00 m
Inclinación talud aguas arriba ( $I_{LAR}$ )	45°
Cálculos previos ( $V_C, V_P, V_{P'}$ )	
$V_C = (H_{PBL}) \cdot b^2 \rightarrow V_C = 1 \cdot b^2$	
$V_P = 4 \cdot \frac{H_{PBL}^2}{2 \cdot tg(I_{LAR})} \cdot b \rightarrow V_P = 2 \cdot b$	
$V_{P'} = 4 \cdot \frac{H_{PBL}^3}{3 \cdot tg^2(I_{LAR})} \rightarrow V_{P'} = 1,33 \text{ m}$	
Longitud Inferior (b)	
$V_{PBL} = V_C + V_P + V_{P'} \rightarrow 1.197 = 1 \cdot b^2 + 2 \cdot b + 1,33 \rightarrow$ Ecuación 2º Grado	
<b>b = 33,59 m</b>	
Longitud Inferior (b')	
Balsa de geometría cuadrada à b=b' → <b>b' = 33,59 m</b>	
Longitud Superior (B)	
$B = b + 2 \cdot \frac{H_{PBL}}{tg(I_{LAR})} \rightarrow B = B' \rightarrow$ <b>B = 35,59 m</b>	

Balsa rectangular (condición lado $b' = 2b$ )		
Ex	Sup. base inferior	$V_T = h \cdot 2b^2$
	Sup. laterales 1	$\text{tg}(\alpha) = \frac{h}{x} \rightarrow x = \frac{h}{\text{tg}(\alpha)}$
		$A = \frac{x \cdot h}{2} \rightarrow V_P = \left(\frac{h \cdot \left(\frac{h}{\text{tg}(\alpha)}\right)}{2}\right) \cdot 2b \rightarrow V_P = 2 \cdot \left(\frac{h^2}{\text{tg}(\alpha)}\right) \cdot b$
		Se multiplica el volumen por 2 prismas de idénticas características.
	Sup. Laterales 2	$\text{tg}(\alpha) = \frac{h}{x} \rightarrow x = \frac{h}{\text{tg}(\alpha)}$
		$A = \frac{x \cdot h}{2} \rightarrow V_{P'} = \left(\frac{h \cdot \left(\frac{h}{\text{tg}(\alpha)}\right)}{2}\right) \cdot b \rightarrow V_{P'} = \left(\frac{h^2}{\text{tg}(\alpha)}\right) \cdot b$
		Se multiplica el volumen por 2 prismas de idénticas características.
	Sup. Esquinas	$V_K = \frac{1}{3} \cdot x^2 \cdot h \rightarrow V_K = \frac{1}{3} \cdot h \cdot \left(\frac{h}{\text{tg}(\alpha)}\right)^2 \rightarrow V_K = 4 \cdot \frac{h^3}{3 \cdot \text{tg}^2(\alpha)}$
	Cálculo «b»	
	$V_{PBL} = 2 \cdot h \cdot b^2 + 3 \cdot \left(\frac{h^2}{2 \cdot \text{tg}(\alpha)}\right) \cdot b + 4 \cdot \frac{h^3}{3 \cdot \text{tg}^2(\alpha)} \rightarrow \text{Ecuación 2º Grado}$	
NOTA: La herramienta calcula de forma automática la «b» longitud de la base inferior mediante una ecuación de segundo grado que permite obtener este valor por ser conocido previamente el volumen de lixiviado máximo estimado « $V_{PBL}$ ». Obtenido «b», la herramienta calcula el valor de «b'» que ha sido condicionado cumpliéndose que $b' = 2b$ .		
Ex	Geometría de la balsa	Rectangular
	Volumen de lixiviados máximo estimado ( $V_{PBL}$ )	1.198 m <sup>3</sup>
	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBL}$ )	1,00 m
	Inclinación talud aguas arriba ( $I_{LAR}$ )	45°

Cálculos previos ( $V_T, V_P, V_{P'}, V_K$ )	
	$V_T = 2 \cdot (H_{PBL}) \cdot b^2 \rightarrow V_T = 2 \cdot b^2$
	$V_P = 2 \cdot \frac{H_{PBL}^2}{\text{tg}(I_{LAR})} \cdot b \rightarrow V_P = 2 \cdot b$
	$V_{P'} = \frac{H_{PBL}^2}{\text{tg}(I_{LAR})} \cdot b \rightarrow V_{P'} = 1 \cdot b$
	$V_K = 4 \cdot \frac{H_{PBL}^3}{3 \cdot \text{tg}^2(I_{LAR})} \rightarrow V_K = 1,33 \text{ m}$
Longitud Inferior (b)	
	$V_{PBL} = V_T + V_P + V_{P'} + V_K \rightarrow 1.198 = 2 \cdot b^2 + 2 \cdot b + 1 \cdot b + 1,33 \rightarrow \text{Ecuación 2}^\circ \text{ Grado}$
	<b><math>b = 23,72 \text{ m}</math></b>
Longitud Inferior (b')	
	Balsa de geometría rectangular $\rightarrow b' = 2b \rightarrow \mathbf{b' = 47,45 \text{ m}}$
Longitud Superior (B)	
	$B = b + 2 \cdot \frac{H_{PBL}}{\text{tg}(I_{LAR})} \rightarrow \mathbf{B = 25,72 \text{ m}}$
Longitud Superior (B')	
	Balsa de geometría rectangular $\rightarrow B' = 2B \rightarrow \mathbf{B' = 49,45 \text{ m}}$

Balsa redonda	
Sup. base inferior	$V_{C1} = \left(3 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h\right) \cdot r^2$
Sup. Laterales	$V_{C2} = \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h\right) \cdot \left(\left(\frac{2 \cdot h}{\text{tg}(\alpha)}\right) + \left(\frac{h}{\text{tg}(\alpha)}\right)\right) \cdot r$
Sup. Esquinas	$V_{C3} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h$
Cálculo «r»	
	$= \left(3 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h\right) \cdot r^2 + \left(\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h\right) \cdot \left(\left(\frac{2 \cdot h}{\text{tg}(\alpha)}\right) + \left(\frac{h}{\text{tg}(\alpha)}\right)\right) \cdot r + \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \rightarrow \text{Ecuación 2}^\circ \text{ Grado}$

NOTA: La herramienta calcula de forma automática la «r» radio de la base inferior mediante una ecuación de segundo grado que permite obtener este valor por ser conocido previamente el volumen de agua máximo estimado « $V_{PBL}$ ». Obtenido «r», la herramienta calcula el valor de «R» que refiere al radio de la base superior.

<b>Ex</b>	Geometría de la balsa	Redonda
	Volumen de agua máximo estimado ( $V_{PBL}$ )	1.194 m <sup>3</sup>
	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBL}$ )	1,00 m
	Inclinación talud aguas arriba ( $I_{LAR}$ )	45°
	Cálculos previos ( $V_{C1}$ , $V_{C2}$ , $V_{C3}$ )	
	$V_{C1} = (3 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{PBL}) \cdot r^2 \rightarrow V_{C1} = 3,14 \cdot r^2$	
	$V_{C2} = (\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{PBL}) \cdot \left( \left( \frac{2 \cdot H_{PBL}}{\text{tg}(I_{LAR})} \right) + \left( \frac{H_{PBL}}{\text{tg}(I_{LAR})} \right) \right) \cdot r \rightarrow V_{C2} = 3,14 \cdot r$	
	$V_{C3} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{PBL} \rightarrow V_{C3} = 1,05 \text{ m}$	
	Radio Inferior (r)	
	$V_{PBL} = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} \rightarrow 1.194 = 3,14 \cdot r^2 + 3,14 \cdot r + 1,05 \rightarrow$ Ecuación 2º Grado	
	<b>r = 18,99 m</b>	
	Radio Inferior (r')	
	Balsa de geometría redonda $\rightarrow r = r' \rightarrow$ <b>r' = 18,99 m</b>	
	Radio Superior (R)	
$R = r + \frac{H_{PBL}}{\text{tg}(I_{PAR})} \rightarrow$ <b>R = 19,99 m</b>		
Radio Superior (R')		
Balsa de geometría redonda $\rightarrow R = R' \rightarrow$ <b>R' = 19,99 m</b>		

Para que el usuario pueda comprobar que estos cálculos se han realizado de forma correcta, la herramienta aplica en las fórmulas anteriores los valores hallados en los apartados C.5, C.6, C.7 y C.8, estableciendo como incógnita el valor del volumen de lixiviados máximo estimado « $V_{EL}$ ». Por lo tanto, el usuario deberá comprobar que este valor se corresponde con el indicado en el apartado C.1. Se establece:

<b>C.9</b>	Volumen de la balsa estimado ( $V_{EL}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
------------	---	--------------------------------------

Definida la geometría de la balsa y dimensionada conforme a lo establecido en los apartados anteriores, la herramienta calcula de forma automática la superficie de contacto que permitirá estimar los metros cuadrados de membrana y geotextil necesarios. Se establece:

<b>C.10</b>	Superficie de contacto ( $S_{CTL}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
-------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Conocida la geometría de la balsa y dimensionada ya correctamente, la herramienta calcula la superficie de contacto mediante las siguientes relaciones matemáticas:

Balsa cuadrada	
Sup. base inferior	$S_C = b \cdot b$
Sup. laterales	$S_P = 4 \cdot \frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})} \cdot b$
	Se multiplica la superficie por 4 paredes laterales idénticas.
Sup. esquinas	$S_{P'} = 4 \cdot \frac{H_{PBL}^2}{\text{tg}(I_{LAR}) \cdot \text{sen}(I_{LAR})}$
	Se multiplica la superficie por 4 esquinas idénticas.
Cálculo « $S_{CTL}$ »	
$S_{CTL} = b \cdot b + 4 \cdot \frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})} \cdot b + 4 \cdot \frac{H_{PBL}^2}{\text{tg}(I_{LAR}) \cdot \text{sen}(I_{LAR})}$	

NOTA: La herramienta calcula de forma automática la superficie de contacto ( $S_{CTL}$ ) mediante la suma de las superficies correspondientes a la base inferior, paredes laterales y esquinas.

Geometría de la balsa	Cuadrada
Volumen de lixiviados máximo estimado ( $V_{PBL}$ )	1.197 m <sup>3</sup>
Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBL}$ )	1,00 m
Inclinación talud aguas arriba ( $I_{LAR}$ )	45°
Cálculos previos ( $S_C, S_P, S_{P'}$ )	
$S_C = b \cdot b \rightarrow S_C = 1128 \text{ m}^2$	
$S_P = 4 \cdot \frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})} \cdot b \rightarrow S_P = 190 \text{ m}^2$	
$S_{P'} = 4 \cdot \frac{H_{PBL}^2}{\text{tg}(I_{LAR}) \cdot \text{sen}(I_{LAR})} \rightarrow S_{P'} = 6 \text{ m}^2$	
Superficie de contacto ( $S_{CTL}$ )	
$S_{CTL} = S_C + S_P + S_{P'} \rightarrow S_{CTL} = 1128 + 190 + 6 \rightarrow S_{CTL} = 1.324 \text{ m}^2$	

Balsa rectangular (condición lado $b'=2b$ )	
Sup. base inferior	$S_T = b \cdot b'$
Sup. laterales	$S_P = 2 \cdot \frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})} \cdot b$
	Se multiplica la superficie por 2 paredes laterales idénticas.
Sup. laterales	$S_{P'} = 2 \cdot \frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})} \cdot b'$
	Se multiplica la superficie por 2 paredes laterales idénticas.
Sup. esquinas	$S_K = 4 \cdot \frac{H_{PBL}^2}{\text{tg}(I_{LAR}) \cdot \text{sen}(I_{LAR})}$
	Se multiplica la superficie por 4 esquinas idénticas.

Cálculo «S <sub>CTL</sub> »		
$S_{CTL} = b \cdot b' + 2 \cdot \frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})} \cdot (b + b') + 4 \cdot \frac{H_{PBL}^2}{\text{tg}(I_{LAR}) \cdot \text{sen}(I_{LAR})}$		
NOTA: La herramienta calcula de forma automática la superficie de contacto (SCT) mediante la suma de las superficies correspondientes a la base inferior, paredes laterales y esquinas.		
<b>Ex</b>	Geometría de la balsa (G <sub>BL</sub> )	Rectangular
	Volumen de lixiviados máximo estimado (V <sub>PBL</sub> )	1.198 m <sup>3</sup>
	Profundidad de la balsa estimada (H <sub>PBL</sub> )	1,00 m
	Inclinación talud aguas arriba (I <sub>LAR</sub> )	45°
	Cálculos previos (S <sub>T</sub> , S <sub>p</sub> , S <sub>p'</sub> , S <sub>k</sub> )	
	S <sub>T</sub> = b · b' → S <sub>T</sub> = 1126 m <sup>2</sup>	
	S <sub>p</sub> = 2 · $\frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})}$ · b → S <sub>p</sub> = 67 m <sup>2</sup>	
	S <sub>p'</sub> = 2 · $\frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})}$ · b' → S <sub>p'</sub> = 134 m <sup>2</sup>	
	S <sub>k</sub> = 4 · $\frac{H_{PBL}^2}{\text{tg}(I_{LAR}) \cdot \text{sen}(I_{LAR})}$ → S <sub>k</sub> = 6 m <sup>2</sup>	
	Superficie de contacto (S <sub>CTL</sub> )	
S <sub>CTL</sub> = S <sub>T</sub> + S <sub>p</sub> + S <sub>p'</sub> + S <sub>k</sub> → S <sub>CTL</sub> = 1.332 m <sup>2</sup>		

Balsa redonda		
<b>Ex</b>	Longitud paredes	$R_H = \frac{H_{PBL}}{\text{sen}(I_{LAR})}$
		«R <sub>H</sub> » refiere a la longitud de las paredes.
	Sup. laterales	$R' = r + R_H$
		«R'» Refiere al sumando del radio inferior y la longitud de paredes.
<b>Ex</b>	Sup. esquinas	$S_T = \pi \cdot R'^2$
		«ST» Refiere a la superficie total de contacto
Cálculo «S <sub>CTL</sub> »		
S <sub>CTL</sub> = π · R' <sup>2</sup>		
<b>Ex</b>	Geometría de la balsa (G <sub>BL</sub> )	Redonda
	Volumen de agua máximo estimado (V <sub>PBL</sub> )	3.251 m <sup>3</sup>
	Profundidad de la balsa estimada (H <sub>PBL</sub> )	3,00 m
	Inclinación talud aguas arriba (I <sub>LAR</sub> )	45°
	Superficie de contacto (S <sub>CTL</sub> )	
S <sub>CTL</sub> = → S <sub>CTL</sub> = 1.308 m <sup>2</sup>		

Conocido el valor de la superficie de contacto ( $S_{CTL}$ ), la herramienta aplica de forma automática un coeficiente de ponderación que tiene como finalidad definir la cantidad de membrana y geotextil necesario para la construcción de la balsa, estableciéndose:

<b>C.11</b>	Coeficiente de ponderación ( $C_{PNL}$ )	Cálculo automático
-------------	--	--------------------

Para estimar este  $C_{PNL}$  es necesario conocer la relación entre la superficie de coronación y la profundidad. Para aproximar este dato y aportar una ponderación general para el cálculo de la superficie de la impermeabilización del vaso se ha realizado una relación entre la  $S_{COL}$  y  $H_{PBL}$  de 12 balsas de lixiviados conocidas, obteniéndose que esta relación define con bastante exactitud la proporción de lámina impermeable en función de la  $S_{COL}$ .

La herramienta define el valor del coeficiente de ponderación considerando:

<b>EX</b>	Superficie de coronación ( $S_{COL}$ )	$m^2$
	Profundidad de la balsa estimada ( $H_{PBL}$ )	$m$
	Coeficiente de ponderación ( $C_{PNL}$ )	
	$C_{PNL} = \frac{S_{COL}}{H_{PBL}} \rightarrow C_{PNL} \geq 800 \rightarrow C_{PNL} = 1,10$	
	$C_{PNL} = \frac{S_{COL}}{H_{PBL}} \rightarrow 100 \leq C_{PNL} < 800 \rightarrow C_{PNL} = 1,15$	
$C_{PNL} = \frac{S_{COL}}{H_{PBL}} \rightarrow C_{PNL} \leq 100 \rightarrow C_{PNL} = 1,20$		

A continuación, la herramienta calcula automáticamente el valor de la superficie de contacto estimada ( $S_{CEL}$ ), estableciéndose:

<b>C.12</b>	Superficie de contacto estimada ( $S_{CEL}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
-------------	---	------------------------------

NOTA: La herramienta calcula automáticamente este valor como resultado del producto de la superficie de contacto ( $S_{CTL}$ ) y el coeficiente de ponderación ( $C_{PNL}$ ).

La balsa de lixiviados, a diferencia de lo especificado en el caso de la correspondiente a pluviales, debe ser construida colocando una capa de drenaje de lixiviados ( $E_{DBL}$ ) entre el talud y la capa impermeable (Figura 22). Por esta capa de drenaje se recogería cualquier fuga que se produjera en la capa impermeable y la reconduciría hasta un pozo de registro en el que se podría detectar la fuga entre el talud y la capa impermeable. Por ello, la herramienta solicita que el usuario indique el espesor de la misma, seleccionando el valor existente por defecto o introduciendo uno distinto. Se establece:

<b>C.13</b>	Espesor de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados ( $E_{DBL}$ )	0,30 m
		m

NOTA: La herramienta permite que el usuario seleccione el valor existente por defecto o introduzca uno distinto. Se considerará este apartado como correcto siempre que el valor sea igual o superior a los 0,30 m de espesor.

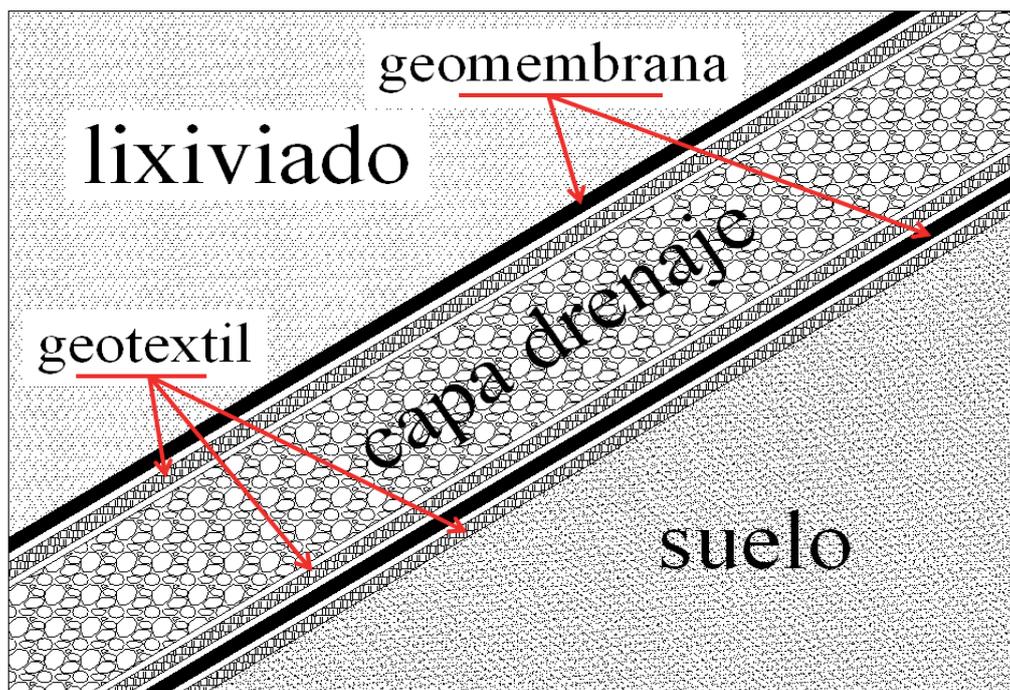


Figura 22. Elementos de una pantalla de impermeabilización

Otro valor importante, sobre todo en lo que refiere a cálculos necesarios de capítulos como el correspondiente a cerramientos, es el del perímetro estimado de la balsa de lixiviados. Por ello, la herramienta calcula automáticamente este valor en función de la geometría de la balsa seleccionada ( $G_{BL}$ ) y su dimensionamiento, estableciéndose:

<b>C.14</b>	Perímetro estimado de la balsa ( $P_{BEL}$ )	Cálculo automático (m)
-------------	--	------------------------

NOTA: La herramienta calcula automáticamente este valor como resultado de la suma de los lados de la balsa si estas son cuadradas o rectangulares y como resultado de aplicar la fórmula correspondiente al perímetro de una circunferencia si es redonda. Estos valores se multiplican por el coeficiente de ponderación ( $C_{PNL}$ ).

## Datos áridos recogida de lixiviados (DARL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente a fin de que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características de los áridos necesarios para la construcción tanto de las zanjas de evacuación de lixiviados como del drenaje de las balsas.

La construcción del sistema de evacuación de lixiviados se realiza a través de una serie de zanjas por las que discurren todos los conductos de evacuación necesarios. Estas, una vez colocados todos los conductos, son rellenadas con áridos de granulometría gruesa para actuar como drenaje y permitir el paso de lixiviado a

través de sus poros. Este apartado informa al usuario de los valores introducidos previamente en el grupo «DGTAU» del Capítulo I «Datos generales», en referencia al tipo de árido seleccionado, estableciéndose:

<b>D.1</b>	Para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados se utilizará:	
<b>D.1.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>D.1.2</b>	Tipo	Dato automático (Grava)
<b>D.1.3</b>	Granulometría	Dato automático (mm)

La balsa de lixiviados, a diferencia de lo establecido en lo que respecta a la de pluviales, debe ejecutarse incorporando en su base una capa de drenajes; por ello, la herramienta lo considera indicando el tipo de árido seleccionado en el grupo «datos generales de los tipos de áridos utilizados» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida esta información; se establece:

<b>D.2</b>	Para la construcción del drenaje de la balsa de lixiviados se utilizará:	
<b>D.2.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>D.2.2</b>	Tipo	Dato automático (Grava)
<b>D.2.3</b>	Granulometría	Dato automático (mm)

## Datos características recogida de lixiviados (DCRL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario conozca la cantidad de áridos que son necesarios para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados, así como lo correspondiente a la georred, geomembrana y geotextil que se prevé colocar en esta balsa. La herramienta realiza automáticamente estos cálculos gracias a la información introducida en este capítulo y a la aplicación de una serie de relaciones matemáticas.

La información seleccionada e introducida por el usuario en el primer grupo de este capítulo «DGRL» permite que la herramienta determine de forma automática la cantidad de áridos necesarios para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados ( $A_{SEL}$ ), estableciéndose:

<b>E.1</b>	Áridos necesarios para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados ( $A_{SEL}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de árido necesaria para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $V_{PBL}$ )	32 ha
	Distancia entre tuberías ( $D_{DTL}$ )	50 m
	Metros lineales de tubería por metro cuadrado de superficie ( $L_{MSL}$ )	0,04 m/m <sup>2</sup>
	Sección del canal de evacuación de lixiviados ( $C_{CEL}$ )	0,50 m <sup>2</sup>
	Densidad de la grava seleccionada (20-40mm) ( $D_{GI}$ )	2,10 t/m <sup>3</sup>
	Áridos necesarios para la construcción del sistema evacuación de lixiviados ( $A_{SEL}$ )	
	$A_{SEL1} = C_{CEL} \cdot V_{PBL} \cdot 10.000 \cdot L_{MSL} \rightarrow A_{SEL1} = 6.400 \text{ m}^3$	
$A_{SEL2} = A_{SEL1} \cdot D_{GI} \rightarrow A_{SEL2} = 13.440 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten obtener el valor de la cantidad de áridos necesarios para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados ( $A_{SEL}$ ).

A continuación, la herramienta calcula automáticamente los metros lineales de tubería necesarios para la correcta evacuación de lixiviados (Figura 23), estableciéndose:

<b>E.2</b>	Tubería de evacuación de lixiviados ( $L_{TEL}$ )	Cálculo automático (m)
------------	---	------------------------

NOTA: La herramienta calcula automáticamente este valor como resultado del producto de la relación establecida en base a los metros lineales de tubería necesarios por metro cuadrado de superficie de vaso ( $L_{MSL}$ ) y el área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ ).



Figura 23. Colector general de evacuación de lixiviados

La herramienta calcula automáticamente el valor de la superficie de contacto estimada ( $S_{CEL}$ ) y lo aplica a la georred ( $L_{GRL}$ ), ya que esta debe siempre cubrir toda la superficie estimada:

<b>E.3</b>	Georred ( $L_{GRL}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
------------	-----------------------	------------------------------

A continuación, la herramienta aplica el valor de la superficie de contacto estimada ( $S_{CEL}$ ) en la lámina de geotextil inferior a la geomembrana ( $L_{GIL}$ ), ya que, del mismo modo que la georred, esta debe poseer una dimensión equivalente, estableciéndose:

<b>E.4</b>	Lámina de geotextil inferior a la geomembrana ( $L_{GIL}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
------------	---	------------------------------

Este mismo valor es aplicado a la lámina de geomembrana ( $L_{GML}$ ), por poseer también una dimensión equivalente a la de la superficie de contacto estimada ( $S_{CEL}$ ), estableciéndose:

<b>E.5</b>	Lámina de geomembrana ( $L_{GML}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
------------	-------------------------------------	------------------------------

A continuación, la herramienta aplica de nuevo este valor en la lámina de geotextil superior a la geomembrana ( $L_{GSL}$ ), estableciéndose:

<b>E.6</b>	Lámina de geotextil superior a la geomembrana ( $L_{GSL}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
------------	---	------------------------------

Finalmente, la herramienta selecciona la información disponible en el grupo «DGR» y calcula automáticamente la cantidad de áridos necesarios para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados, estableciéndose:

<b>E.7</b>	Áridos necesarios para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados ( $A_{DBL}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de áridos necesarios para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados se obtiene de la siguiente forma:

<b>EX</b>	Superficie de contacto estimada ( $S_{CEL}$ )	1.439 $m^2$
	Espesor de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados ( $E_{DBL}$ )	0,30 m
	Densidad de la grava seleccionada (20-40mm) ( $D_{G1}$ )	2,10 t/ $m^3$
	Áridos necesarios para la construcción capa de drenaje balsa lixiviados ( $A_{DBL}$ )	
	$A_{DBL1} = S_{CEL} \cdot E_{DBL} \rightarrow A_{DBL1} = 431,58 m^3$	
$A_{DBL2} = A_{DBL1} \cdot D_{G1} \rightarrow A_{DBL2} = 906,31 t$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de árido necesario para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados ( $A_{DBL}$ ).

## Datos económicos de recogida de lixiviados (DERL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales de los áridos seleccionados para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados y la balsa correspondiente. Esta información permite definir posteriormente el presupuesto.

El coste económico de los áridos necesarios para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados queda reflejado en este primer apartado. La herramienta de cálculo aporta automáticamente el coste de las gravas seleccionadas y una descripción completa que puede ser seleccionada por el usuario o, si así lo desea, introducir una distinta.

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.1	DERL-E.1	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la construcción sistema de evacuación de lixiviados
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar. El coste se aportará de forma automática conforme a lo indicado en el Capítulo I «Datos generales».

Conocidos los valores correspondientes a las tuberías de evacuación de lixiviados, la herramienta solicita que el usuario identifique el coste y la descripción correspondiente a sus características:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.2	DERL-F.2	m	*	Tubería de evacuación de lixiviados
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

Dimensionada la balsa de lixiviados, la herramienta calcula automáticamente la dimensión de las distintas capas necesarias. La georred es la primera y corresponde a la base sobre la que posteriormente se colocan las láminas de geomembrana y geotextil. El usuario puede seleccionar la información existente por defecto, en referencia al coste y la descripción completa o introducir una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.3	DERL-F.3	m <sup>2</sup>	*	Georred
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

Sobre la georred se coloca una lámina de geotextil, la herramienta solicita que el usuario seleccione la información existente por defecto, en lo que refiere a coste y descripción completa, o que introduzca una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.4	DERL-F.4	m <sup>2</sup>	*	Geotextil inferior a la geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

Sobre el geotextil se coloca la geomembrana para garantizar la estanqueidad de la balsa y evitar la contaminación del subsuelo. Como en el caso anterior, la herramienta solicita que el usuario seleccione la información existente por defecto, en lo que se refiere a coste y descripción completa, o que introduzca una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.5	DERL-F.5	m <sup>2</sup>	*	Geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

A continuación, la herramienta solicita que el usuario seleccione la información existente por defecto, en lo que refiere a coste y descripción completa de la lámina de geotextil superior o que introduzca una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.6	DERL-F.6	m <sup>2</sup>	*	Geotextil superior a la geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

El coste económico de los áridos necesarios para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados queda reflejado en este apartado. La herramienta de cálculo, del mismo modo que en el caso del sistema de evacuación de lixiviados, aporta automáticamente el coste de las gravas seleccionadas y una descripción completa que puede ser seleccionada por el usuario o, si así lo desea, introducir una distinta.

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.7	DERL-F.7	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar. El coste se aportará de forma automática conforme a lo indicado en el Capítulo I «Datos generales».

## CAPÍTULO VII

# Biogás



La captación y extracción del biogás es otro aspecto importante a tener en cuenta en el diseño de un vertedero, ya que evita la generación de bolsas de gas y por lo tanto el riesgo de explosión o incendio. LABWASTE.12 considera este aspecto y por ello incorpora en su estructura el Capítulo VII «Biogás», que recoge de forma automática toda la información necesaria disponible en los capítulos anteriores y solicita al usuario toda aquella información adicional.

Este capítulo alberga todos los datos correspondientes a las estructuras de captación de biogás en los vertederos (Figura 24).

*Biogás*: gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.) y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico).



Figura 24. Pozos de captación y conducciones primarias de un vertedero de España

## Datos generales pozos de captación de biogás (DGPCB)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características de los áridos necesarios para la construcción de los pozos de captación de biogás.

Para definir correctamente las características necesarias de los pozos de captación de biogás es preciso que la herramienta indique a modo de recordatorio una serie de datos que pueden resultar de interés para el usuario, entre ellos, la clase de vertedero en función de la topografía. Esta información ya fue introducida el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», por ello, la herramienta copia automáticamente el valor y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

A.1	Clase de vertedero en función de la topografía	Dato automático
-----	--	-----------------

Otro de los aspectos que se debe tener en cuenta es la selección del valor correspondiente a la clase de vertedero en función del residuo, ya que de ello dependerá la producción de biogás final. La herramienta copia automáticamente este valor desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida y lo muestra de nuevo en este apartado, Se establece:

<b>A.2</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Dato automático
------------	---	-----------------

La cuestión principal de este capítulo es si es o no necesario un sistema de captación de biogás; por ello, en este apartado la herramienta responde de forma automática esta cuestión, estableciéndose:

<b>A.3</b>	¿Es necesario un sistema de captación de biogás?	Dato automático (Sí/No)
------------	--	-------------------------

NOTA: Si el usuario selecciona la opción «inerte» como clasificación del vertedero en función del residuo, la herramienta indicará automáticamente en este apartado que: «No» es necesario un sistema de captación de biogás. No obstante, si se selecciona la opción «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos» sí que será necesario introducir la información solicitada en este capítulo.

Para definir la distribución de los pozos de captación de biogás es necesario conocer cuáles son las dimensiones del vaso, por ello, la herramienta copia automáticamente el valor del perímetro estimado del vaso, ya introducido en el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», y lo muestra de nuevo en este apartado:

<b>A.4</b>	Perímetro estimado del vaso	Dato automático (m)
------------	-----------------------------	---------------------

Del mismo modo que en el apartado anterior y con la misma finalidad, la herramienta copia automáticamente desde el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso» la información existente en referencia al área disponible para el vaso y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>A.5</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	Dato automático ( $m^2$ )
------------	--	---------------------------

Para definir la estructura de los pozos de captación de biogás es preciso que exista información en referencia a la profundidad promedio estimada del vaso. Esta información ya fue introducida en el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso»; por ello, la herramienta copia automáticamente el valor y lo muestra de nuevo en este apartado:

<b>A.6</b>	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

Para estimar la producción de biogás en un vaso determinado, es necesario conocer la cantidad de residuos vertidos y la capacidad estimada. Esta información ya fue introducida en el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso». Se establece:

<b>A.7</b>	Capacidad estimada del vaso ( $C_V$ )	Dato automático ( $m^3$ )
------------	---------------------------------------	---------------------------

En lo referente a las dimensiones de las celdas unitarias, así como la capa de recubrimiento vertida sobre cada una de ellas, es necesario indicar que la herramienta debe mostrar estos valores para programar la construcción de los pozos de captación y la demanda de áridos correspondiente. En este caso, la información solicitada ya fue introducida en el grupo «DGPU» del Capítulo IV «Celdas unitarias»; por ello, la herramienta muestra el valor automáticamente, estableciéndose:

<b>A.8</b>	Altura media de las celdas unitarias ( $H_{CU}$ )	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

A continuación, del mismo modo que en el caso anterior y con la misma finalidad, la herramienta muestra automáticamente el valor correspondiente al espesor medio de la capa de cobertura diaria. Esta información ya fue introducida en el grupo «DGPU» del Capítulo IV «Celdas unitarias», estableciéndose:

<b>A.9</b>	Espesor medio de la capa de cobertura diaria ( $E_{MC}$ )	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

El valor correspondiente a la tasa de generación diaria es muy importante para que la herramienta calcule automáticamente el área de vertido diario necesaria en función de la altura media de las celdas unitarias. Por ello, en este apartado, la herramienta copia desde el grupo «DGPU» del Capítulo IV «Celdas unitarias» el valor correspondiente al área diaria necesaria para depositar residuos y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>A.10</b>	Área diaria necesaria para depositar residuos ( $A_{DN}$ )	Dato automático (m <sup>2</sup> )
-------------	--	-----------------------------------

Del mismo modo que en el apartado anterior, la herramienta copia desde el grupo «DGPU» del Capítulo IV «Celdas unitarias» el valor correspondiente al área mensual necesaria para depositar residuos, estableciéndose:

<b>A.11</b>	Área mensual necesaria para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	Dato automático (m <sup>2</sup> )
-------------	---	-----------------------------------

Es necesario conocer también el valor correspondiente al área anual necesaria para depositar residuos; por ello, la herramienta copia desde el grupo «DGPU» del Capítulo IV «Celdas unitarias» esta información, estableciéndose:

<b>A.12</b>	Área anual necesaria para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	Dato automático (m <sup>2</sup> )
-------------	---	-----------------------------------

Finalmente, la herramienta muestra en referencia a la superficie de vertido necesaria según periodos de tiempo, el valor correspondiente al área vida útil del vaso necesaria para depositar residuos. En este apartado, del mismo modo que en los anteriores, la herramienta copia este valor desde el grupo «DGPU» del Capítulo IV «Celdas unitarias», estableciéndose:

<b>A.13</b>	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	Dato automático (m <sup>2</sup> )
-------------	---	-----------------------------------

La estructura de los pozos de captación de biogás está compuesta por dos conductos: el interno, por donde asciende el biogás, y el externo, que contiene las gravas que permiten la filtración del biogás (Figura 25). En este apartado, la herramienta solicita que el usuario indique el valor del diámetro del conducto externo de captación. Es posible seleccionar el valor existente por defecto o introducir uno distinto si así se desea:

<b>A.14</b>	Diámetro conducto externo de captación ( $D_{CE}$ )	0,80 m
		m

NOTA: La herramienta permite introducir otro valor indicando siempre que es recomendable que este sea equivalente al existente por defecto o superior.

Determinar la cantidad de áridos demandados por metro lineal de pozo de captación dependerá del volumen existente entre conducto externo e interno, por ello, la herramienta solicita en este apartado que el usuario seleccione, en referencia al conducto interno de captación, el valor existente por defecto o introduzca otro distinto, estableciéndose:

<b>A.15</b>	Diámetro conducto interno de captación ( $D_{CI}$ )	0,25 m
		m

NOTA: La herramienta permite introducir otro valor indicando siempre que es recomendable que este sea equivalente al existente por defecto o superior.

Para calcular el área efectiva de cada pozo de captación de biogás y estimar la cantidad de pozos en función del área estimada disponible para el vaso es necesario conocer previamente el radio de acción (US EPA, 1998; DEQ, 1998; Hontoria y Zamorano, 2000; Vaquero, 2004; Colomer y Gallardo, 2007); por ello, la herramienta solicita en este apartado que el usuario seleccione uno de los valores existentes por defecto o introduzca otro distinto si así lo desea, estableciéndose:

<b>A.16</b>	Radio de acción ( $R_{AC}$ )	20 m
		25 m
		30 m
		m

NOTA: La herramienta permite introducir otro valor, no obstante, siempre se indica que este debería ser equivalente o inferior al mayor valor existente por defecto.

El cálculo de la demanda de áridos por pozo de captación de biogás se realiza en base a la diferencia existente entre los diámetros de los conductos y su longitud. Conocido el valor correspondiente a los diámetros, la herramienta indica automáticamente la longitud promedio de los conductos de captación, estableciéndose:

<b>A.17</b>	Longitud promedio de conductos de captación ( $L_{CC}$ )	Dato automático (m)
-------------	--	---------------------

NOTA: La herramienta asigna en este apartado el valor correspondiente a la profundidad promedio estimada para el vaso.

Conocidos los valores correspondientes a los diámetros de los conductos externos e internos de los pozos de captación, la herramienta calcula automáticamente el volumen disponible para los áridos seleccionados en el Capítulo I «Datos generales», estableciéndose:

<b>A.18</b>	Áridos necesarios por metro de longitud pozos de captación ( $A_{PPC}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
-------------	--	--------------------------------------

La cantidad de áridos necesaria por metro de longitud de los pozos de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Diámetro conducto externo de captación ( $D_{CE}$ )	0,80 m
	Diámetro conducto interno de captación ( $D_{CI}$ )	0,25 m
	Longitud del conducto de captación ( $L_C$ )	1 m
	Áridos necesarios por metro de longitud de los pozos de captación ( $A_{PPC}$ )	
$A_{PPC} = \pi \cdot (D_{CE}^2 - D_{CI}^2) \rightarrow A_{PPC} = 1,81 \text{ m}^3/\text{m}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de áridos necesarios por metro de longitud de los pozos de captación ( $A_{PPC}$ ).

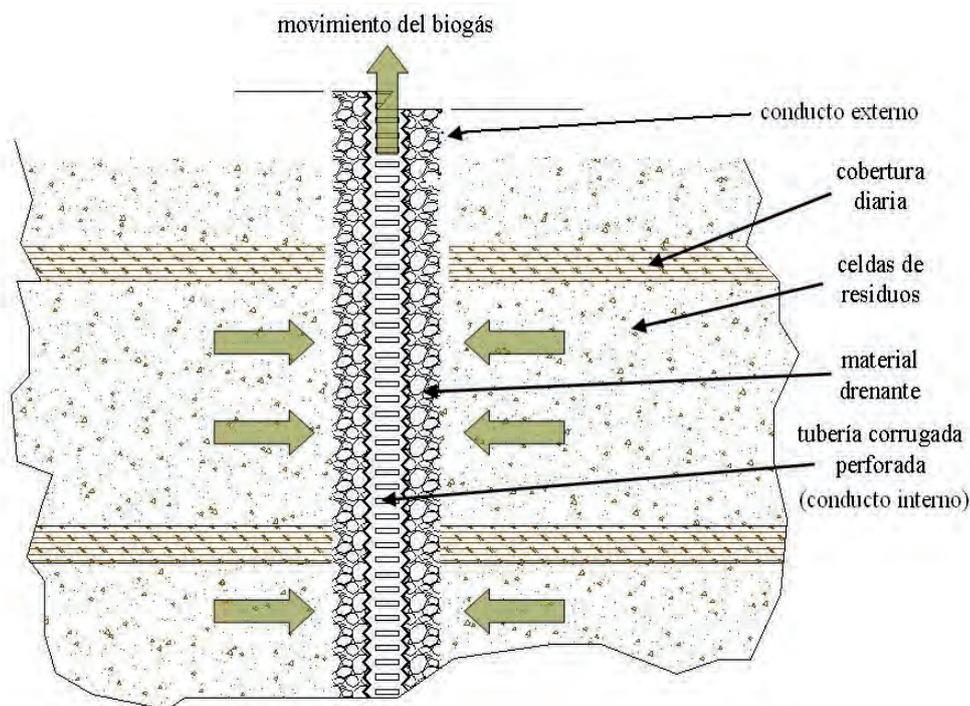


Figura 25. Representación gráfica de las chimeneas de extracción de biogás de un vertedero

Para calcular la distancia entre pozos de captación y poder posteriormente distribuir y determinar la cantidad de pozos necesarios para el vaso diseñado, es necesario conocer el radio de acción y realizar unos cálculos que permitan obtener estos valores (Figura 26):

<b>A.19</b>	Distancia entre los pozos de captación ( $D_{PPC}$ )	Cálculo automático (m)
-------------	--	------------------------

La distancia entre los pozos de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Radio de acción ( $R_{AC}$ )	25 m
	Ángulo con respecto a la horizontal ( $A_{RH}$ )	30°
	Distancia entre los pozos de captación ( $D_{PPC}$ )	
	$D_{PPC} = 2 \cdot R_{AC} \cdot \cos(A_{RH}) \rightarrow D_{PPC} = 43,3 \text{ m}$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la distancia entre los pozos de captación ( $D_{PPC}$ ).

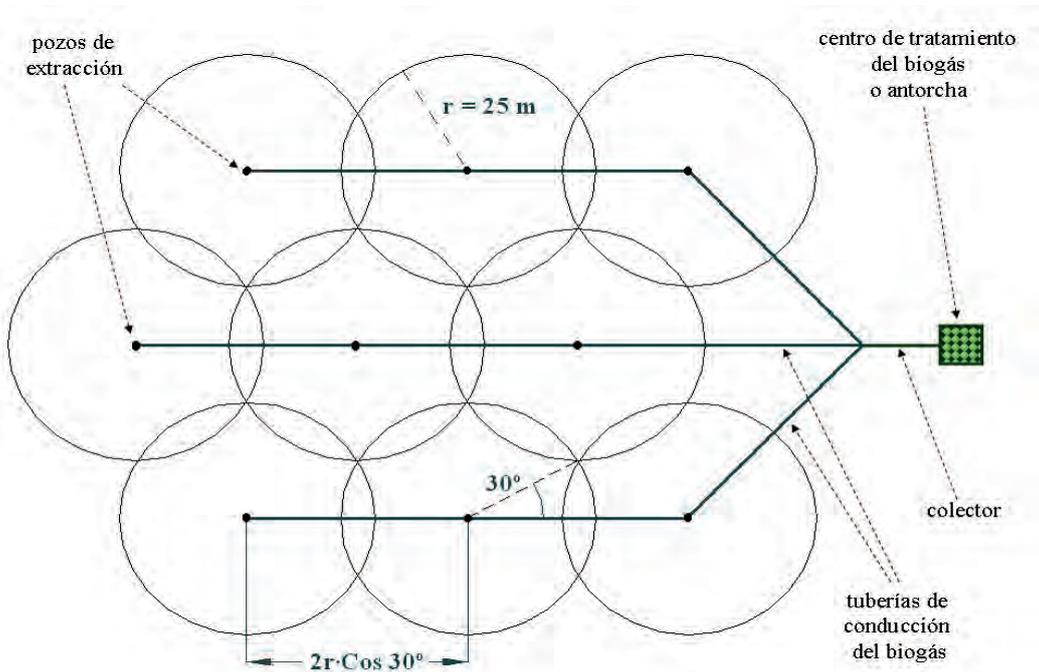


Figura 26. Disposición idónea de los pozos de extracción del biogás en un vertedero

El valor del área efectiva permite calcular el número de pozos de captación necesarios para el vaso diseñado. La herramienta calcula automáticamente este valor, estableciéndose:

<b>A.20</b>	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	Cálculo automático ( $m^2$ )
-------------	---	------------------------------

El área efectiva de los pozos de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Radio de acción ( $R_{AC}$ )	25 m
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	
	$A_{EPC} = 6 \cdot R_{AC}^2 \cdot \text{sen}(30) \cdot \text{cos}(30) \rightarrow A_{EPC} = 1.623,8 \text{ m}^2$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten obtener el valor del área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ ).

Conocido el valor del área efectiva, la herramienta calcula automáticamente el número de pozos de captación necesarios según el área de vaso estimada. Se establece:

<b>A.21</b>	Número de pozos de captación de biogás necesarios ( $N_{PCB}$ )	Cálculo automático (ud)
-------------	---	-------------------------

## Datos generales conductos de captación de biogás (DGCCB)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características de las tuberías necesarias para la construcción de los pozos de captación y la valorización del biogás.

El área estimada disponible para el vaso es un dato importante que la herramienta utiliza para determinar posteriormente la longitud de los conductos necesarios para la construcción de los pozos de captación y la valorización del biogás; por ello, a continuación se muestra este valor, ya introducido en el apartado «DGVA» de Capítulo II «Vaso» (Figura 27). Se establece:

<b>B.1</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	Dato automático (ha)
------------	--	----------------------

Conocido el valor correspondiente al área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ ), la herramienta de cálculo muestra automáticamente el valor de la relación establecida de metros lineales de tubería por metro cuadrado de superficie de vaso. Esta información ha sido obtenida a partir de varios proyectos sobre vertederos reales y se ha establecido una correlación estadísticamente significativa entre las dimensiones del vertedero y la relación (longitud de tuberías/superficie de vertedero), lo cual permite a la herramienta calcular en el grupo correspondiente la cantidad de metros lineales de tuberías necesarios:

<b>B.2</b>	Metros lineales de tubería por metro cuadrado de superficie ( $L_{MSB}$ )	Cálculo automático (m/m <sup>2</sup> )
------------	---	--

La relación de metros lineales de tubería por metro cuadrado de superficie es la siguiente:

	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	Relación (m/m <sup>2</sup> )
Ex	$A_{EV} < 25.000 \text{ m}^2$	0,03 m/m <sup>2</sup>
	$25.000 \text{ m}^2 < A_{EV} < 150.000 \text{ m}^2$	0,04 m/m <sup>2</sup>
	$150.000 \text{ m}^2 < A_{EV}$	0,05 m/m <sup>2</sup>



Figura 27. Tuberías de captación primarias para la evacuación de biogás en un vertedero de España

Las dimensiones de las tuberías instaladas para la valorización del biogás están directamente relacionadas con sus costes de adquisición, cumpliéndose que a mayor diámetro de tubería mayor coste por metro lineal; por esa razón, la herramienta de cálculo solicita en este apartado que el usuario seleccione o indique el diámetro promedio de las tuberías de captación de biogás para su valorización, estableciéndose valores promedio en función de los analizados de los proyectos de vertederos consultados:

B.3	Diámetro promedio de las tuberías de captación de biogás ( $D_{TCB}$ )	90 mm
		mm

A continuación, la herramienta solicita el valor del coeficiente de mayoración que se aplicará de forma automática en el cálculo de la longitud de tuberías necesarias. La finalidad de este apartado es la de asegurar una demanda suficiente de tuberías para poder realizar con éxito la construcción del sistema de captación de biogás:

B.4	Coeficiente de mayoración en tuberías ( $C_{TCB}$ )	1,10
		1,15
		1,20

## Datos generales estimación captación de biogás (DGECB)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para estimar la captación de biogás del vaso (Figura 28).

Para determinar la producción de biogás del vertedero diseñado es preciso analizar, en primer lugar, una serie de aspectos previos que permitan concluir mediante un análisis preliminar la rentabilidad de su valorización. Por ello, se atiende lo establecido por «Handbook Landfill Gas to Energy Project» de la EPA (IM OP, 2010), que fija unos valores mínimos a partir de los cuales se considera rentable la valorización del biogás en vertederos.



Figura 28. Distribución de los pozos de captación de biogás en un vertedero de España

Una de las condiciones establecidas para que la valorización del biogás sea rentable es que el vaso se encuentre en fase de explotación, por ello la herramienta informa en este apartado del año seleccionado para el inicio del vertido de residuos en el vaso diseñado:

<b>C.1</b>	Año previsto para el inicio del vertido de residuos en este vaso ( $A_{VR}$ )	Dato automático (año)
------------	---	-----------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA» correspondiente al Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida.

Para determinar si la estimación de la producción de biogás se encuentra dentro de la fase explotación del vaso o no, el usuario debe saber el año de inicio de explotación (indicado en el apartado anterior) y la vida útil estimada. Se establece:

<b>C.2</b>	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	Dato automático (años)
------------	--	------------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA».

Otro dato de interés para que el usuario posteriormente pueda seleccionar el año en el que se desea realizar la estimación de la producción de biogás y su análisis preliminar, es el año previsto para el inicio de la clausura del vaso. Se establece:

<b>C.3</b>	Año previsto para el inicio de la clausura del vaso ( $A_{CV}$ )	Dato automático (año)
------------	--	-----------------------

NOTA: La herramienta realiza este cálculo automáticamente. Conocido el año de inicio de explotación ( $A_{CR}$ ) y la vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ ), es posible obtener el año de clausura como resultado del sumando de las dos variables.

Conocidos los años de inicio de explotación y clausura del vaso, la herramienta de cálculo solicita que el usuario indique el año para el que se pretende realizar el análisis preliminar y la estimación de la producción de biogás, estableciéndose:

<b>C.4</b>	Año previsto para inicio de la estimación de producción biogás ( $A_{PB}$ )	2013
		2014
		2015
		2016

A continuación, la herramienta calcula automáticamente el valor correspondiente a la cantidad de residuos acumulados durante la vida útil estimada del vaso. Para que el análisis preliminar de valorización determine la rentabilidad de la captación de biogás es necesario que este valor sea igual o superior al millón de toneladas:

<b>C.5</b>	Residuos acumulados durante la vida útil estimada del vaso ( $R_{UV}$ )	Cálculo automático (t)
------------	---	------------------------

La cantidad de residuos acumulados durante la vida útil estimada del vaso se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero según tipo de residuo	Inertes
	¿Es necesario un sistema de captación de biogás?	No
	Tasa de generación anual ( $T_{GA}$ )	200.000 t/año
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	9,60 años
	Residuos acumulados durante la vida útil del vaso ( $R_{UV}$ )	
$R_{UV} = T_{GA} \cdot V_{UV} \rightarrow R_{UV} = 5.280.000 \text{ t}$		

NOTA: Si en el Capítulo I «Datos generales» se selecciona «inertes» como clase de vertedero en función del tipo de residuo, la herramienta de cálculo considerará que no es necesario un sistema de captación de biogás por no ser rentable su valorización.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero según tipo de residuo	No peligrosos/Urbanos
	¿Es necesario un sistema de captación de biogás?	Si
	Población atendida ( $P_A$ )	550.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	1,15 kg/hab·día
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	10,40 años
	Residuos acumulados durante la vida útil del vaso ( $R_{UV}$ )	
$R_{UV} = \frac{P_A \cdot T_{GD} \cdot V_{UV} \cdot 365}{1000} \rightarrow R_{UV} = 2.400.000 \text{ t}$		

NOTA: Si en el Capítulo I «Datos generales» se selecciona «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos» como clase de vertedero en función del tipo de residuo, la herramienta considera que si que es necesario un sistema de captación de biogás y determinará su rentabilidad.

<b>Ex</b>	Clase de vertedero según tipo de residuo	Rechazos
	¿Es necesario un sistema de captación de biogás?	Si
	Población atendida ( $P_A$ )	550.000 habitantes
	Tasa de generación diaria ( $T_{GD}$ )	1,15 kg/hab·día
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	18,71 años
	Residuos acumulados durante la vida útil del vaso ( $R_{UV}$ )	
$R_{UV} = \frac{P_A \cdot T_{GD} \cdot V_{UV} \cdot 365}{1000} \rightarrow R_{UV} = 4.320.000 \text{ t}$		

NOTA: Cuando seleccionamos como clasificación «rechazos» se debe tener en cuenta que la densidad seleccionada es diferente a la correspondiente en el caso de «urbanos» o «no peligrosos»; por ello, las cantidades determinadas son diferentes.

A continuación, la herramienta muestra automáticamente el valor correspondiente a la profundidad promedio estimada para el vaso. Esta información se corresponde con otra condición que debe tenerse en cuenta para que la herramienta determine posteriormente mediante el análisis preliminar de valorización la rentabilidad de

la captación de biogás. Se fija como condicionante que este valor debe ser igual o superior a quince metros, estableciéndose:

<b>C.6</b>	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DGVA» correspondiente al Capítulo II, donde ya fue introducida.

Conocida la información en referencia a los años de inicio de explotación y de clausura del vertedero, así como la correspondiente al año previsto para el inicio de la estimación de la producción de biogás, la herramienta de cálculo determina automáticamente si esta estimación se realiza durante la fase de explotación del vaso o no. Una de las condiciones fijadas por el análisis preliminar de valorización del biogás en vertederos es que estos se encuentren dentro de la fase de explotación, por esa razón, la información disponible en este apartado es importante. Se establece:

<b>C.7</b>	La estimación de biogás se realiza durante la fase de explotación	Dato automático (Sí/No)
------------	---	-------------------------

El valor correspondiente a la precipitación anual en la zona de vertido es importante para determinar la rentabilidad de la valorización del biogás. Esta información, del mismo modo que en apartados anteriores, responde a otra de las condiciones fijadas por el análisis preliminar de valorización. Debe tenerse en cuenta que la valorización del biogás se considerará rentable siempre que los valores de precipitación anual oscilen entre doscientos y mil litros por metro cuadrado, estableciéndose:

<b>C.8</b>	Precipitación anual en la zona de vertido	Dato automático (mm)
------------	---	----------------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo «DCO» correspondiente al Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida. Este valor es resultado de la suma de todos los datos de precipitación mensual indicados.

Finalmente, determinados los valores correspondientes, la herramienta de cálculo indica automáticamente si el análisis preliminar de valorización considera rentable la valorización del biogás generado en el vaso diseñado, estableciéndose:

<b>C.9</b>	Análisis preliminar de valorización	Dato automático (Sí/No)
------------	-------------------------------------	-------------------------

NOTA: En función de la información aportada en los apartados anteriores y de los condicionantes fijados por el «Handook Landfill Gas to Energy Project», la herramienta determina si es o no rentable la valorización del biogás.

La generación anual de residuos es un dato a tener en cuenta para la previsión de la cantidad de biogás generado; por ello, la herramienta calcula automáticamente el valor y lo muestra en este apartado, estableciéndose:

<b>C.10</b>	Generación anual de residuos ( $G_{AR}$ )	Cálculo automático (t)
-------------	---	------------------------

La generación anual de residuos se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Generación diaria de residuos ( $G_{DR}$ )	207.000 kg/día
	Generación anual de residuos ( $G_{AR}$ )	
	$G_{AR} = \frac{G_{DR} \cdot 365}{1000} \rightarrow G_{AR} = 75.555 \text{ t}$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta calcular el valor de generación anual de residuos ( $G_{AR}$ ).

La estimación de la producción de biogás se realiza en base a lo establecido por el modelo de Swana Orden Cero (Solid Waste Association of North America) por corresponderse con aquel que se asemeja en mayor grado a las captaciones de biogás en vertederos conocidos. Esta elección se ha tomado por ser este modelo el que más se ajusta a un caso real conocido y por su fácil aplicación. Entre otros, en trabajos realizados por miembros del grupo INGRES se tomaron un Modelo de primer orden (Oonk *et al.*, 1994; EPA, 2005; Faour *et al.*, 2007), Modelo Afvalzorg multi-fase, Modelo EPER francés (Scharf y Jacobs, 2006), Modelo SWANA Zero Order, SWANA Simple First Order Model (Van Zanten y Scheepers, 1995), LandGEM US EPA, el Modelo Mexicano del Biogás y el Scholl Canyon (Scharf y Jacobs, 2006). La herramienta muestra automáticamente en este apartado el valor fijado según este modelo para determinar la potencia de generación de metano, estableciéndose:

<b>C.11</b>	Potencia de generación de metano ( $P_{GM}$ )	34,51 m <sup>3</sup> /t
-------------	---	-------------------------

NOTA: Valor constante fijado por el modelo aplicado. Swana Orden Cero (Solid Waste Association of North America).

El tiempo estimado de cese de generación refiere directamente al periodo de tiempo estimado desde el momento de vertido del residuo hasta la finalización de la producción de biogás. La herramienta muestra automáticamente este valor por ser una constante:

<b>C.12</b>	Tiempo estimado de cese de generación ( $T_{EG}$ )	25 años
-------------	--	---------

NOTA: Valor constante fijado por el modelo aplicado. Swana Orden Cero (Solid Waste Association of North America).

El tiempo estimado de desfase refiere directamente al periodo de tiempo estimado desde el momento de vertido del residuo hasta el inicio de la producción de biogás. La herramienta, del mismo modo que en el caso anterior, muestra automáticamente este valor por considerarse una constante, estableciéndose:

<b>C.13</b>	Tiempo estimado de desfase ( $T_{ED}$ )	0 años
-------------	---	--------

NOTA: Valor constante fijado por el modelo aplicado. Swana Orden Cero (Solid Waste Association of North America).

La estimación del caudal de captación de biogás permite al usuario conocer la previsión de biogás en un vaso con una vida útil de hasta 25 años. La herramienta indica automáticamente este valor, estableciéndose:

<b>C.14</b>	Estimación del caudal de captación de biogás ( $E_{CC}$ )	50 años
-------------	---	---------

NOTA: Se considera un periodo de tiempo de 50 años por ser un valor suficiente para estimar la producción de biogás en vasos diseñados que alcanzan una vida útil de hasta 25 años.

La información disponible en los apartados anteriores permite que la herramienta realice automáticamente los cálculos de captación de biogás estimados. Para ello, como se indica en este apartado, se aplica lo establecido en el modelo de Swana de Orden Cero:

<b>C.15</b>	Estimación prevista captación de biogás ( $E_{CB}$ )	Swana Orden Cero
-------------	--	------------------

$$Q = 2 \cdot \frac{W \cdot L_0}{(t_1 - t_0)} \text{ para } t_0 < t < t_1$$

Donde:

- $Q = E_{CB}$  = generación de metano ( $m^3/año$ )
- $W = G_{AR}$  = residuos depositados en el vertedero (t)
- $L_0 = P_{GM}$  = potencial de generación de metano
- $t$  = tiempo (años)
- $t_0 = T_{ED}$  = tiempo de desfase (años)
- $t_1 = T_{EG}$  = tiempo de cese de generación (años)

La estimación prevista de captación de biogás se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Generación anual de residuos ( $G_{AR}$ )	75.555 t
	Potencia de generación de metano ( $P_{GM}$ )	34,51 $m^3/t$
	Tiempo estimado cese de generación ( $T_{EG}$ )	25 años
	Tiempo estimado de desfase ( $T_{ED}$ )	0 años
	Estimación del caudal de captación de biogás ( $E_{CC}$ )	50 años
	Año previsto para el inicio del vertido de residuos ( $A_{VR}$ )	2014
	Constante para el modelo Swana Orden Cero ( $C_{OC}$ )	2
	Estimación prevista de captación de biogás ( $E_{CB}$ )	
$E_{CB} = 2 \cdot \frac{G_{AR} \cdot P_{GM}}{T_{EG} - T_{ED}}$		

Generación anual de residuos ( $G_{AR}$ )				$E_{CB} = 2 \cdot \frac{G_{AR} \cdot P_{GM}}{T_{EG} - T_{ED}}$		
$A_{VR}$	$C_{OC}$	$G_{AR}$	$P_{GM}$	$T_{EG}$	$T_{ED}$	$E_{CB}$
2014	2	75555	34,51	25	0	208592
2015	2	151110	34,51	25	0	417184
2016	2	226665	34,51	25	0	625777
2017	2	302220	34,51	25	0	834369
2018	2	377775	34,51	25	0	1042961
2019	2	453330	34,51	25	0	1251553
2020	2	528885	34,51	25	0	1460146
2021	2	604440	34,51	25	0	1668738
2022	2	679995	34,51	25	0	1877330
2023	2	755550	34,51	25	0	2085922
2024	2	831105	34,51	25	0	2294515
2025	2	906660	34,51	25	0	2503107
2026	2	982215	34,51	25	0	2711699
2027	2	1057770	34,51	25	0	2920291
2028	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2029	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2030	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2031	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2032	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2033	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2034	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2035	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2036	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2037	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2038	2	1133325	34,51	25	0	3128884
2039	2	1057770	34,51	25	0	2920291
2040	2	982215	34,51	25	0	2711699

Ex

2041	2	906660	34,51	25	0	2503107
2042	2	831105	34,51	25	0	2294515
2043	2	755550	34,51	25	0	2085922
2044	2	679995	34,51	25	0	1877330
2045	2	604440	34,51	25	0	1668738
2046	2	528885	34,51	25	0	1460146
2047	2	453330	34,51	25	0	1251553
2048	2	377775	34,51	25	0	1042961
2049	2	302220	34,51	25	0	834369
2050	2	226665	34,51	25	0	625777
2051	2	151110	34,51	25	0	417184
2052	2	75555	34,51	25	0	208592
2053	2	0	34,51	25	0	0
2054	2	0	34,51	25	0	0
2055	2	0	34,51	25	0	0
2056	2	0	34,51	25	0	0
2057	2	0	34,51	25	0	0
2058	2	0	34,51	25	0	0
2059	2	0	34,51	25	0	0
2060	2	0	34,51	25	0	0
2061	2	0	34,51	25	0	0
2062	2	0	34,51	25	0	0
2063	2	0	34,51	25	0	0

NOTA: En la Figura 29 se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la estimación prevista de captación de biogás ( $E_{CB}$ ).

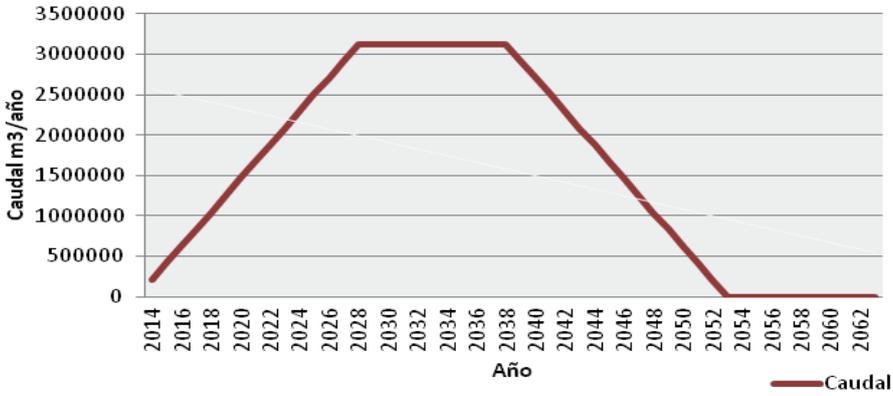


Figura 29. Gráfica de la evolución del caudal de biogás a lo largo de los años, según el ejemplo estudiado

## Datos áridos pozos de captación de biogás (DAPCB)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que el programa utiliza para conocer las características de los áridos necesarios para la construcción de los pozos de captación de biogás.

La construcción de los pozos de captación de biogás se realiza mediante la colocación de dos conductos: entre estos, se introducen los áridos que permiten las filtraciones hasta el conducto interno, desde donde se extrae el biogás (Figura 30). Este apartado informa al usuario de los valores introducidos previamente en el grupo «DGTAU» del Capítulo I «Datos generales», en referencia al tipo de árido seleccionado, estableciéndose:

<b>D.1</b>	Para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados se utilizará:	
<b>D.1.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>D.1.2</b>	Tipo	Dato automático (Grava)
<b>D.1.3</b>	Granulometría	Dato automático (mm)

## Datos características pozos de captación de biogás (DCPCB)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario conozca la cantidad de áridos y tuberías que son necesarios para la construcción de los pozos de captación y la valorización del biogás. Los datos de los apartados se clasifican en función del tiempo de estimación y se obtienen de forma automática, todo ello gracias a la información existente en los grupos anteriores y a que la herramienta realiza una serie de cálculos basados en las relaciones matemáticas establecidas.

Los valores correspondientes a la profundidad promedio del vaso (extraído del grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso») y a la cantidad de áridos necesarios por metro de longitud de los pozos de captación ( $A_{PPC}$ ) (obtenido en este capítulo) permiten que la herramienta calcule automáticamente la cantidad de áridos necesarios para la construcción de un pozo de captación (Figura 30), estableciéndose:

<b>E.1</b>	Áridos necesarios para construcción de un pozo de captación ( $A_{PCB}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de áridos necesarios para la construcción de un pozo de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Áridos necesarios por metro de longitud pozos de captación ( $A_{PPC}$ )	1,81 m <sup>3</sup>
	Densidad de la grava seleccionada ( $D_{GV1}$ )	2,10 t/m <sup>3</sup>
	Áridos necesarios para construcción de un pozo de captación ( $A_{PCB}$ )	
	$A_{PCB1} = P_{EV} \cdot A_{PPC} \rightarrow A_{PCB1} = 27,21 \text{ m}^3$	
$A_{PCB2} = A_{PCB1} \cdot D_{GV1} \rightarrow A_{PCB2} = 57,15 \text{ t}$		



Figura 30. Áridos en un pozo de captación de biogás de un vertedero de España

A continuación, la herramienta determina de forma automática la cantidad de áridos mensual necesaria para la construcción de los pozos de captación, estableciéndose:

<b>E.2</b>	Áridos mensuales necesarios para la construcción de los pozos de captación ( $A_{MCB}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de áridos mensuales necesarios para la construcción de los pozos de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/urbanos
	Área mensual para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	15.391 m <sup>2</sup> /mes
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Áridos necesarios por metro de longitud pozos ( $A_{PPC}$ )	1,81 m <sup>3</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Densidad de la grava seleccionada ( $D_{GV1}$ )	2,10 t/m <sup>3</sup>
	Áridos mensuales necesarios para construcción de los pozos de captación ( $A_{MCB}$ )	
	$A_{MCB1} = \frac{A_{MN} \cdot P_{EV} \cdot A_{PPC}}{A_{EPC}} \rightarrow A_{MCB1} = 257,94 \text{ m}^3/\text{mes}$	
$A_{MCB2} = A_{MCB1} \cdot D_{GV1} \rightarrow A_{MCB2} = 541,68 \text{ t/mes}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de áridos mensuales necesarios para la construcción de los pozos de captación ( $A_{MCB}$ ).

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Área mensual para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	8.550 m <sup>2</sup> /mes
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Áridos necesarios por metro de longitud pozos ( $A_{PPC}$ )	1,81 m <sup>3</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Densidad de la grava seleccionada ( $D_{GV1}$ )	2,10 t/m <sup>3</sup>
	Áridos mensuales necesarios para construcción de los pozos de captación ( $A_{MCB}$ )	
	$A_{MCB1} = \frac{A_{MN} \cdot P_{EV} \cdot A_{PPC}}{A_{EPC}} \rightarrow A_{MCB1} = 143,30 \text{ m}^3/\text{mes}$	
$A_{MCB2} = A_{MCB1} \cdot D_{GV1} \rightarrow A_{MCB2} = 300,93 \text{ t/mes}$		

NOTA: Si se selecciona «rechazos» como clase de vertedero en función del residuo. Si el usuario selecciona «inertes» no se realizará cálculo alguno por considerarse que no existen residuos orgánicos y por tanto la producción de biogás será nula.

El tercer apartado de este grupo ha sido diseñado para que la herramienta calcule de forma automática la cantidad de árido anual necesario para la construcción de los pozos de captación. Las relaciones matemáticas establecidas permiten que la herramienta realice con éxito estos cálculos, estableciéndose:

<b>E.3</b>	Áridos anuales necesarios para la construcción de los pozos de captación ( $A_{ACB}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de áridos anuales necesarios para la construcción de los pozos de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/Urbanos
	Área anual para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	184.690 m <sup>2</sup> /año
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Áridos necesarios por metro de longitud pozos ( $A_{PPC}$ )	1,81 m <sup>3</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Densidad de la grava seleccionada ( $D_{GV1}$ )	2,10 t/m <sup>3</sup>
	Áridos anuales necesarios para construcción de los pozos de captación ( $A_{ACB}$ )	
	$A_{ACB1} = \frac{A_{AN} \cdot P_{EV} \cdot A_{PPC}}{A_{EPC}} \rightarrow A_{ACB1} = 3.095,31 \text{ m}^3/\text{año}$	
$A_{ACB2} = A_{ACB1} \cdot D_{GV1} \rightarrow A_{ACB2} = 6.500,16 \text{ t/año}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de áridos anuales necesarios para la construcción de los pozos de captación ( $A_{ACB}$ ).

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Área anual para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	102.606 m <sup>2</sup> /anual
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Áridos necesarios por metro de longitud pozos ( $A_{PPC}$ )	1,81 m <sup>3</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Densidad de la grava seleccionada ( $D_{GV1}$ )	2,10 t/m <sup>3</sup>
	Áridos anuales necesarios para construcción de los pozos de captación ( $A_{ACB}$ )	
	$A_{ACB1} = \frac{A_{AN} \cdot P_{EV} \cdot A_{PPC}}{A_{EPC}} \rightarrow A_{ACB1} = 1.719,62 \text{ m}^3/\text{año}$	
$A_{ACB2} = A_{ACB1} \cdot D_{GV1} \rightarrow A_{ACB2} = 3.611,20 \text{ t/año}$		

NOTA: Si se selecciona «rechazos» como clase de vertedero en función del residuo. Si el usuario selecciona «inertes» no se realizará cálculo alguno por considerarse que no existen residuos orgánicos y por tanto la producción de biogás será nula.

A continuación, del mismo modo que en los apartados anteriores, la herramienta calcula de forma automática la cantidad de áridos necesaria para la construcción de los pozos de captación durante toda la vida útil del vaso. Las relaciones matemáticas establecidas permiten realizar estos cálculos, estableciéndose:

<b>E.4</b>	Áridos durante la vida útil del vaso necesarios para la construcción de los pozos de captación ( $A_{VCB}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de áridos necesarios para la construcción de los pozos de captación durante la vida útil del vaso se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/urbanos
	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	192 ha
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Áridos necesarios por metro de longitud pozos ( $A_{PPC}$ )	1,81 m <sup>3</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	10,40 años
	Densidad de la grava seleccionada ( $D_{GV1}$ )	2,10 t/m <sup>3</sup>
	Áridos vida útil necesarios para construcción de los pozos de captación ( $A_{VCB}$ )	
$A_{VCB1} = \frac{A_{VN} \cdot P_{EV} \cdot A_{PPC}}{A_{EPC}} \cdot 10000 \rightarrow A_{VCB1} = 32.178,25 \text{ m}^3$		
$A_{VCB2} = A_{VCB1} \cdot D_{GV1} \rightarrow A_{VCB2} = 67.574,33 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de áridos durante la vida útil del vaso necesaria para la construcción de los pozos de captación ( $A_{VCB}$ ).

	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	192 ha
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Áridos necesarios por metro de longitud pozos ( $A_{PPC}$ )	1,81 m <sup>3</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
<b>Ex</b>	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	18,71 años
	Densidad de la grava seleccionada ( $D_{GVI}$ )	2,10 t/m <sup>3</sup>
	Áridos vida útil necesarios para construcción de los pozos de captación ( $A_{VCB}$ )	
	$A_{VCB1} = \frac{A_{VN} \cdot P_{EV} \cdot A_{PPC}}{A_{EPC}} \cdot 10000 \rightarrow A_{VCB1} = 32.178,25 \text{ m}^3$	
	$A_{VCB2} = A_{VCB1} \cdot D_{GVI} \rightarrow A_{VCB2} = 67.574,33 \text{ t}$	

NOTA: Si se selecciona «rechazos» clase de vertedero en función del residuo. Si el usuario selecciona «Inertes» no se realizará cálculo alguno por considerarse que no existen residuos orgánicos y por tanto la producción de biogás será nula.

Otro dato importante a tener en cuenta en la construcción de los pozos de captación es el referente a la cantidad de tuberías internas. Estos elementos conforman el denominado conducto interno de los pozos y la función principal es captar el biogás generado y permitir su extracción bien sea para conducirlo hasta la antorcha o para su posterior valorización (Figura 31).



Figura 31. Tuberías de captación para la valorización de biogás en un vertedero de España

A continuación, la herramienta calcula de forma automática la cantidad de tuberías necesarias para un pozo de captación, estableciéndose:

<b>E.5</b>	Tuberías necesarias para un pozo de captación ( $L_{PCB}$ )	Cálculo automático (m)
------------	---	------------------------

La cantidad de tuberías necesarias para la construcción de un pozo de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Coefficiente de mayoración en tuberías ( $C_{TCB}$ )	1,10
	Tuberías necesarias para un pozo de captación ( $L_{PCB}$ )	
	$L_{PCB} = P_{EV} \cdot C_{TCB} \rightarrow L_{PCB} = 17 \text{ m}$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de tuberías necesarias para la construcción de un pozo de captación ( $L_{PCB}$ ).

Es posible que sea necesaria una previsión de tuberías en base a un tiempo determinado; por ello, la herramienta ofrece del mismo modo que en el caso de los áridos y de forma automática, la cantidad de tuberías mensuales necesarias para la construcción de los pozos de captación, estableciéndose:

<b>E.6</b>	Tuberías mensuales necesarias para la construcción de pozos ( $L_{MCB}$ )	Cálculo automático (m)
------------	---	------------------------

La cantidad de tuberías mensuales necesarias para la construcción de los pozos de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/urbanos
	Área mensual para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	15.391 m <sup>2</sup> /mes
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Coefficiente de mayoración en tuberías ( $C_{TCB}$ )	1,10
	Tuberías mensuales necesarias para la construcción de pozos de captación ( $L_{MCB}$ )	
	$L_{MBC} = \frac{A_{MN} \cdot P_{EV} \cdot C_{TCB}}{A_{EPC}} \rightarrow L_{MCB} = 156 \text{ m}$	

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de tuberías mensuales necesarias para la construcción de los pozos de captación ( $L_{MCB}$ ).

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Área mensual para depositar residuos ( $A_{MN}$ )	8.550 m <sup>2</sup> /mes
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Coefficiente de mayoración en tuberías ( $C_{TCB}$ )	1,10
	Tuberías mensuales necesarias para la construcción de pozos de captación ( $L_{MCB}$ )	
$L_{MBC} = \frac{A_{MN} \cdot P_{EV} \cdot C_{TCB}}{A_{EPC}} \rightarrow L_{MCB} = 87 \text{ m}$		

NOTA: Si se selecciona «rechazos» clase de vertedero en función del residuo. Si el usuario selecciona «inertes» no se realizará cálculo alguno por considerarse que no existen residuos orgánicos y por tanto la producción de biogás será nula.

A continuación, la herramienta determina la cantidad de tuberías anuales necesarias para la construcción de los pozos de captación, estableciéndose:

<b>E.7</b>	Tuberías anuales necesarias para la construcción de los pozos ( $L_{ACB}$ )	Cálculo automático (m)
------------	---	------------------------

La cantidad de tuberías anuales necesarias para la construcción de los pozos de captación se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/Urbanos
	Área anual para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	184.690 m <sup>2</sup> /anual
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Coefficiente de mayoración en tuberías ( $C_{TCB}$ )	1,10
	Tuberías anuales necesarias para la construcción de pozos de captación ( $L_{ACB}$ )	
$L_{ABC} = \frac{A_{AN} \cdot P_{EV} \cdot C_{TCB}}{A_{EPC}} \rightarrow L_{ACB} = 1.877 \text{ m}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo que permite obtener la cantidad de tuberías anuales necesarias para la construcción de los pozos de captación ( $L_{ACB}$ ).

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Área anual para depositar residuos ( $A_{AN}$ )	102.606 m <sup>2</sup> /anual
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Coefficiente de mayoración en tuberías ( $C_{TCB}$ )	1,10
	Tuberías anuales necesarias para la construcción de pozos de captación ( $L_{ACB}$ )	
$L_{ABC} = \frac{A_{AN} \cdot P_{EV} \cdot C_{TCB}}{A_{EPC}} \rightarrow L_{ACB} = 1.042 \text{ m}$		

NOTA: Si se selecciona «rechazos» clase de vertedero en función del residuo. Si el usuario selecciona «inertes» no se realizará cálculo alguno por considerarse que no existen residuos orgánicos y por tanto la producción de biogás será nula.

Finalmente, la herramienta calcula de forma automática la cantidad de tuberías necesarias para la construcción de los pozos de captación durante toda la vida útil del vaso. Las relaciones matemáticas establecidas permiten realizar estos cálculos, estableciéndose:

<b>E.8</b>	Tuberías vida útil del vaso necesarias para construir los pozos ( $L_{VCB}$ )	Cálculo automático (m)
------------	---	------------------------

La cantidad de tuberías necesarias para la construcción de los pozos de captación durante la vida útil del vaso se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	No peligrosos/Urbanos
	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	192 ha
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Coefficiente de mayoración en tuberías ( $C_{TCB}$ )	1,10
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	10,40 años
	Tuberías anuales necesarias para la construcción de pozos de captación ( $L_{VCB}$ )	
$L_{VCB} = \frac{A_{VN} \cdot P_{EV} \cdot C_{TCB}}{A_{EPC}} \cdot 10000 \rightarrow L_{VCB} = 19.510 \text{ m}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten obtener el valor de la cantidad de tuberías durante la vida útil del vaso necesarias para la construcción de los pozos de captación ( $L_{VCB}$ ).

<b>Ex</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
	Área vida útil necesaria para depositar residuos ( $A_{VN}$ )	192 ha
	Área efectiva de los pozos de captación ( $A_{EPC}$ )	1.624 m <sup>2</sup>
	Profundidad promedio estimada para el vaso ( $P_{EV}$ )	15 m
	Coefficiente de mayoración en tuberías ( $C_{TCB}$ )	1,10
	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	18,71 años
	Tuberías anuales necesarias para la construcción de pozos de captación ( $L_{VCB}$ )	
$L_{VCB} = \frac{A_{VN} \cdot P_{EV} \cdot C_{TCB}}{A_{EPC}} \cdot 10000 \rightarrow L_{VCB} = 19.510 \text{ m}$		

NOTA: Si se selecciona «rechazos» clase de vertedero en función del residuo. Si el usuario selecciona «inertes» no se realizará cálculo alguno por considerarse que no existen residuos orgánicos y por tanto la producción de biogás será nula.

Conocidos los valores en referencia a la cantidad de pozos necesarios para la captación de biogás y la superficie disponible estimada disponible del vaso, la herramienta calcula automáticamente la cantidad de tuberías necesarias para poder valorizar el biogás captado.

Este dato se recoge a partir del estudio realizado con la siguiente metodología: de varios proyectos se han buscado los metros de tubería ciega para la conducción de biogás. Estas tuberías van desde las chimeneas hasta colectores. Una vez en los colectores, una tubería de mayor diámetro transporta el biogás hasta la antorcha. Así pues, los diámetros de las tuberías que salen del colector pueden variar en función del biogás que transportan.

De esos proyectos que se han consultado se ha sumado los metros lineales de todas las tuberías, sean del diámetro que sean (L). También se ha medido la superficie (S) del vaso de vertido y se ha calculado la relación L/S. Por lo que proporciona un ratio que sería los metros lineales de tubería por metro cuadrado de vertedero.

Por lo tanto, hay vertederos «pequeños» con unos datos, otros «medianos» con otros datos y otros «grandes» con otros. Pero se cumple que cuanto mayor es el vertedero, mayor es la relación longitud/superficie. Además cuanto mayor es el vertedero, menor es la relación coste/longitud. De esta forma, se pueden hacer varios intervalos en función de la superficie del vertedero. Por ejemplo:

$S < 25.000 \text{ m}^2 \rightarrow L/S = 0,030$	precio = 31 €/m
$25.000 \text{ m}^2 < S < 150.000 \text{ m}^2 \rightarrow L/S = 0,040$	precio = 28 €/m
$150.000 \text{ m}^2 < S \rightarrow L/S = 0,050$	precio = 25 €/m

De este modo se establece:

<b>E.9</b>	Tuberías primarias necesarias para la valorización del biogás ( $L_{TVB}$ )	Cálculo automático (m)
La cantidad de tuberías necesarias para la valorización del biogás captado durante la vida útil del vaso se obtiene de la siguiente forma:		
<b>Ex</b>	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	32 ha
	Metros lineales de tubería por metro cuadrado de superficie ( $L_{MSB}$ )	0,05 m/m <sup>2</sup>
	Tuberías necesarias para la valorización del biogás ( $L_{TVB}$ )	
	$L_{TVB} = A_{EV} \cdot L_{MSB} \cdot 10000 \rightarrow L_{TVB} = 16.000 \text{ m}$	
NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario que operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de tuberías necesarias para la valorización del biogás ( $L_{TVB}$ ).		

## Datos económicos de los pozos de captación de biogás (DEPCB)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales de los áridos y las tuberías necesarias para la construcción de los pozos de captación y la valorización del biogás.

El coste económico de los áridos utilizados para la construcción de los pozos de captación queda reflejado en el presupuesto por una sola partida. La herramienta de cálculo aporta automáticamente el coste de las gravas y una descripción completa que puede ser seleccionada por el usuario o, si así lo desea, introducir una distinta. Es importante mencionar que en esta partida el usuario puede seleccionar en descripción básica, si el cálculo de la demanda de áridos quiere que se realice por conducto de captación o en previsión de: meses, años o para la vida útil estimada del vaso.

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.1	DEPCB-F.1	m <sup>3</sup>	*	Áridos para los pozos de captación de biogás (Previsión por pozo)
				Áridos para los pozos de captación de biogás (Previsión mensual)
				Áridos para los pozos de captación de biogás (Previsión anual)
				Áridos para los pozos de captación de biogás (Previsión vida útil)
<b>Descripción completa</b>				*

\*El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar. Seleccionará una de las opciones disponibles en el desplegable de descripción básica.

NOTA: Es importante mencionar que la cantidad fijada de tuberías se corresponderá con lo seleccionado en este apartado, es decir, si el usuario selecciona que desea determinar la cantidad de áridos necesarios en previsión a la construcción de los pozos necesarios mensualmente, la herramienta calculará la cantidad de tuberías necesarias para todos esos pozos.

Conocidos los valores correspondientes a las tuberías de captación de biogás, la herramienta solicita que el usuario indique el coste y la descripción correspondiente a sus características:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
F.2	DEPCB-F.2	m	*	Tubería corrugada para los pozos de captación de biogás
<b>Descripción completa</b>				*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

Finalmente, la herramienta solicita que el usuario indique el coste y la descripción correspondiente a las características de las tuberías necesarias para la valorización de biogás, estableciéndose:

	<b>Ref.</b>	<b>Ud</b>	<b>Coste</b>	<b>Descripción básica</b>
<b>F.3</b>	DEPCB-F.3	m	*	Tuberías para la valorización de biogás
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

## CAPÍTULO VIII

# Cerramiento



El cerramiento es un elemento indispensable para el correcto diseño de vertederos, por lo general suelen existir tres partidas diferentes que permiten definir el área del vertedero y de las balsas de pluviales y/o lixiviados. LABWASTE.12 considera este aspecto y por ello incorpora en su estructura el Capítulo VIII «Cerramientos», que recoge de forma automática toda la información necesaria disponible en los capítulos anteriores y solicita al usuario toda aquella información adicional.

Si se realiza un análisis de la legislación sobre vertederos en distintos países se puede observar que en todos los casos existe obligatoriedad de instalar un vallado perimetral (Colomer *et al.*, 2005). Este capítulo alberga todos los datos referentes a los cerramientos necesarios en el vertedero y las balsas (Figura 32).

*Cerramiento*: elemento que recorre el perímetro de una zona definida con la finalidad de impedir el paso a esta de fauna y de personal ajeno a la instalación. Los vertederos deberán estar dotados de un elemento que restrinja el paso a lo largo de todo su perímetro y que reúna como característica principal una altura mínima de 1,80 m.



Figura 32. Cerramiento de la balsa de pluviales de un vertedero de España

## Datos generales cerramiento (DGC)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales de los cerramientos del vertedero y las balsas de pluviales y lixiviados.

Para determinar las dimensiones del cerramiento del vertedero es necesario conocer la longitud y la altura, por ello, la herramienta solicita que el usuario indique estos valores.

A.1	El perímetro de cerramiento es similar al estimado para el vertedero	Sí		A.1.1
		No		
		Longitud	m	A.1.2
		Altura	m	A.1.3

NOTA: Si el usuario selecciona en el primer subapartado que el perímetro de cerramiento es similar al estimado para el vertedero, la herramienta aportará automáticamente el valor de la longitud, de lo contrario, será el usuario el que tendrá que introducir la información y se considerará que esta es incorrecta siempre que la longitud indicada sea inferior al perímetro del vertedero.

Para determinar las dimensiones del cerramiento de la balsa de pluviales, del mismo modo que en el apartado anterior, es necesario conocer la longitud y la altura, por ello, la herramienta solicita que el usuario indique estos valores de nuevo. Se establece:

A.2	El perímetro de cerramiento es similar al de la balsa de pluviales	Sí		A.2.1
		No		
		Longitud	m	A.2.2
		Altura	m	A.2.3

NOTA: Si el usuario selecciona en el primer subapartado que el perímetro de cerramiento es similar al estimado para la balsa de pluviales, la herramienta aportará automáticamente el valor de la longitud en el subapartado posterior. El usuario también podrá introducir la información y se considerará que esta es incorrecta si la longitud indicada no es equivalente al perímetro de la balsa de pluviales o superior.

Para determinar las dimensiones del cerramiento de la balsa de lixiviados, del mismo modo que en los dos apartados anteriores, es necesario conocer la longitud y la altura, por ello, la herramienta solicita que el usuario indique estos valores de nuevo. Se establece:

A.3	El perímetro de cerramiento es similar al de la balsa de lixiviados	Sí		A.3.1
		No		
		Longitud	m	A.3.2
		Altura	m	A.3.3

NOTA: Si el usuario selecciona en el primer subapartado que el perímetro de cerramiento es similar al estimado para la balsa de lixiviados, la herramienta aportará automáticamente el valor de la longitud en el subapartado posterior. El usuario también podrá introducir la información y se considerará que esta es incorrecta si la longitud indicada no es equivalente al perímetro de la balsa de lixiviados o superior.

Determinadas las dimensiones de los cerramientos, la cuestión que se plantea tiene como referencia el tipo de cerramiento seleccionado. La herramienta solicita en este apartado que el usuario seleccione alguna de las siguientes opciones:

<b>A.4</b>	Tipo de cerramiento	Malla simple torsión
		Malla electrosoldada
		Electrosoldada modular

## Datos características cerramiento (DCC)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para indicar de forma automática el valor de la dimensión longitudinal de las tres unidades de cerramiento que existen en los vertederos.

En primer lugar, la herramienta indica la longitud de cerramiento necesario para cubrir el perímetro del vertedero, con la finalidad de que el usuario pueda comprobar si este valor es o no correcto, estableciéndose:

<b>B.1</b>	Longitud total de cerramiento necesario para el vertedero	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

En segundo lugar, la herramienta indica la longitud de cerramiento necesario para la balsa de pluviales dimensionada para que el usuario pueda comprobar si este valor es o no correcto, estableciéndose:

<b>B.2</b>	Longitud total de cerramiento necesario para la balsa de pluviales	Dato automático (m)
------------	--	---------------------

En tercer y último lugar, la herramienta indica la longitud de cerramiento necesario para la balsa de lixiviados dimensionada, estableciéndose:

<b>B.3</b>	Longitud total de cerramiento necesario para la balsa de lixiviados	Dato automático (m)
------------	---	---------------------

## Datos económicos cerramiento (DEC)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales del tipo de cerramiento.

Conocidas las características del cerramiento previsto para el vertedero, se describen de forma detallada las particularidades más importantes y el precio unitario. El usuario puede seleccionar los valores existentes por defecto o bien introducirlos en caso de ser conocidos:

	Referencia	Unidad	Coste Unidad	Descripción básica
<b>C.1</b>	DEC-C.1	m	*	Malla simple torsión / electrosoldada / elec. modular
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de cerramiento previsto.

A continuación, se describen en este apartado las particularidades más importantes y el precio unitario en referencia al cerramiento previsto para la balsa de pluviales. Del mismo modo que en el caso anterior, el usuario puede seleccionar los valores existentes por defecto o bien introducirlos en caso de ser conocidos, estableciéndose:

	Referencia	Unidad	Coste Unidad	Descripción básica
<b>C.2</b>	DEC-C.2	m	*	Malla simple torsión / electrosoldada / elec. modular
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de cerramiento previsto.

Finalmente, se describen las particularidades más importantes y el precio unitario en referencia al cerramiento previsto para la balsa de lixiviados. Del mismo modo que en los casos anteriores, el usuario puede seleccionar los valores existentes por defecto o bien introducirlos en caso de ser conocidos, estableciéndose:

	Referencia	Unidad	Coste Unidad	Descripción básica
<b>C.3</b>	DEC-C.3	m	*	Malla simple torsión / electrosoldada / elec. modular
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona o define el tipo de cerramiento previsto.

## CAPÍTULO IX

# Clausura, sellado e integración



Realizar adecuadamente las fases de sellado e integración de los vasos existentes en los vertederos es indispensable. LABWASTE.12 considera este aspecto y por ello incorpora en su estructura el Capítulo IX «Clausura», que recoge de forma automática toda la información necesaria disponible en los capítulos anteriores y solicita al usuario toda aquella información adicional.

Este capítulo alberga todos los datos referentes a la fase de clausura del vaso.

*Clausura*: proceso posterior a la vida útil estimada que debe iniciarse cuando el vaso se ha llenado completamente y no acepta más residuos. El objetivo es cubrir definitivamente toda la superficie del vaso dando inicio así a la denominada fase de clausura.

## Datos generales de clausura (DGCL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que el programa utiliza para conocer las características generales de la fase de clausura del vaso.

La finalidad principal de la clausura es construir una separación física entre los residuos y la atmósfera, de manera que los impactos ambientales de estos estén controlados. Esto incluye la cobertura final del vaso con o sin impermeabilización y la conexión de todas las chimeneas de biogás con un colector final. La impermeabilización de la capa final evitará emisiones difusas de biogás (Tchobanoglous, 1994; Directiva 31/1999; Hontoria y Zamorano, 2000; Márquez *et al.*, 2011). Adicionalmente a la clausura la normativa hace hincapié en la integración visual y medioambiental, es decir, integrar la zona del vaso con el paisaje que lo rodea, y con el entorno. Para ello, es necesario proyectar los usos post-clausura que se le van a dar al vertedero. Si la parcela estaba emplazada en una zona forestal se deberá considerar el tipo de vegetación autóctona, que depende de la ubicación geográfica. La herramienta de cálculo copia el dato referente a la provincia, ya introducido en el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>A.1</b>	Comunidad autónoma en la que se ubica el vertedero	Dato automático
------------	--	-----------------

Otro dato considerado de importancia para la fase de clausura es el referente a la clase de vertedero en función de la topografía, ya que permite determinar en rasgos generales si se trata de un vertedero visible por encontrarse a campo abierto, como es el caso de los que presentan la clasificación en área, o por el contrario se encuentran en zonas de difícil visibilidad, como es el caso de las clasificaciones en trinchera o vaguada. Esta información ya fue introducida en el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», por ello, la herramienta muestra automáticamente el valor en este apartado:

<b>A.2</b>	Clase de vertedero en función de la topografía	Dato automático
------------	--	-----------------

La clase de vertedero en función del residuo permite determinar la estructura de la fase de clausura necesaria, ya que en el caso de residuos inertes no se generan lixiviados ni biogás. La herramienta copia automáticamente este valor desde el grupo «DGVE» del Capítulo I «Datos generales», donde ya fue introducida y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>A.3</b>	Clase de vertedero en función del residuo	Dato automático
------------	---	-----------------

La fase de clausura se iniciará una vez finalice la vida útil del vaso, así que la demanda de áridos se realizará para entonces. El usuario debe conocer con detalle estos valores para posteriormente realizar las previsiones oportunas; por ello, la herramienta copia el valor correspondiente al año previsto para el inicio del vertido de residuos en el vaso ( $A_{VR}$ ) y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

<b>A.4</b>	Año previsto para el inicio del vertido de residuos en el vaso ( $A_{VR}$ )	Dato automático
------------	---	-----------------

NOTA: La herramienta copia esta información automáticamente desde el grupo (DGVA) correspondiente al Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida.

Otro dato de interés para que la herramienta pueda estimar aproximadamente el año en el que deberá dar inicio la fase de clausura es el correspondiente a la vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ ). Por ello, la herramienta copia esta información desde el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», donde ya fue introducida, estableciéndose:

<b>A.5</b>	Vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ )	Dato automático (años)
------------	--	------------------------

La información disponible en los apartados anteriores permite que la herramienta determine automáticamente el año previsto para la clausura del vaso ( $A_{CV}$ ), estableciéndose:

<b>A.6</b>	Año previsto para el inicio de la clausura del vaso ( $A_{CV}$ )	Dato automático
------------	--	-----------------

NOTA: La herramienta calcula automáticamente este valor mediante la suma del año previsto para el inicio del vertido de residuos en el vaso ( $A_{VR}$ ) y la vida útil estimada del vaso ( $V_{UV}$ ).

A continuación, el usuario debe seleccionar en este apartado una de las opciones existentes en base al tipo de vegetación que se prevé plantar sobre el vaso una vez finalizada la fase de clausura (Figura 33). Esta información es muy importante ya que de ella depende en gran medida el espesor de la capa superior que debe construirse sobre el vaso. Las raíces de los árboles y arbustos son el principal problema porque pueden generar perforaciones en las geomembranas y provocar la filtración del agua procedente de la lluvia que generaría un incremento lixiviados, además de permitir la fuga del biogás causando la muerte de la vegetación y aumentando considerablemente el riesgo de explosión. Se establece:

<b>A.7</b>	Tipo de vegetación ( $T_{VG}$ )	Suelo desnudo
		Suelo con poca vegetación
		Suelo con vegetación
		Suelo con buena vegetación

A.7	Tipo de vegetación ( $T_{VG}$ )	Suelo con arbustos
		Bosque caducifolio
		Bosque de coníferas

NOTA: La selección de un tipo u otro de vegetación obligará en la fase de clausura a aumentar o disminuir el espesor de la capa superior.



Figura 33. Integración visual y ambiental de un vertedero clausurado en el norte de España

Las dimensiones de las capas que conforman la fase de clausura dependerán en gran medida del área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ ); por ello, la herramienta, siendo este un valor ya introducido en el grupo «DGVA» del Capítulo II «Vaso», lo copia y lo muestra de nuevo en este apartado, estableciéndose:

A.8	Área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ )	Dato automático (ha)
-----	--	----------------------

Conocido el valor del área estimada disponible para el vaso ( $A_{EV}$ ); la herramienta solicita que el usuario indique si este valor se corresponde con el de la cobertura. Esta información permitirá, en caso de ser equivalentes ambos valores, que la herramienta dimensione automáticamente las capas que conforman la estructura de la fase de clausura, estableciéndose:

A.9	¿El área estimada disponible para el vaso es equivalente a la de cobertura?	Sí
		No

Esta información permitirá, en caso de ser equivalentes ambos valores, que la herramienta dimensione automáticamente las capas que conforman la estructura de la fase de clausura, estableciéndose:

A.10	Área estimada disponible para la cobertura ( $A_{EC}$ )	ha
------	---	----

A continuación, es necesario definir adecuadamente la estructura de las capas que conforman la fase de clausura. Por ello, en este apartado, la herramienta solicita que el usuario seleccione o indique el espesor correspondiente a la capa de drenaje de gases ( $E_{DG}$ ), estableciéndose:

A.11	Espesor de la capa de drenaje de gases ( $E_{DG}$ )	0,30 m
		m

NOTA: El usuario puede seleccionar el valor existente por defecto o introducir otro distinto. Es necesario indicar que si el valor introducido es inferior a 0,30 m este será considerado como incorrecto, ya que es necesario un espesor igual o superior.

La mayoría de los vasos de vertederos clausurados deben presentar una estructura compuesta de tres capas (geotextil inferior, geomembrana y geotextil superior), no obstante, cuando la clasificación del vertedero en función del residuo se corresponde con inerte, esto no es obligatorio porque no se considera la producción de lixiviados ni de biogás (Figura 34). La herramienta de cálculo hace uso de la información aportada en los apartados anteriores para conocer si es o no obligatoria esta capa e indicarlo en este apartado:

A.12	Es necesario colocar Geotextil + Geomembrana + Geotextil	Dato automático (Sí/No)
------	--	-------------------------

NOTA: La herramienta indicará que es necesario colocar estas capas si la clasificación del vertedero en función del residuo se corresponde con «Urbanos», «No peligrosos Industriales» o «Rechazos». No obstante, se considerará que no es necesario si la clasificación es «Inertes».

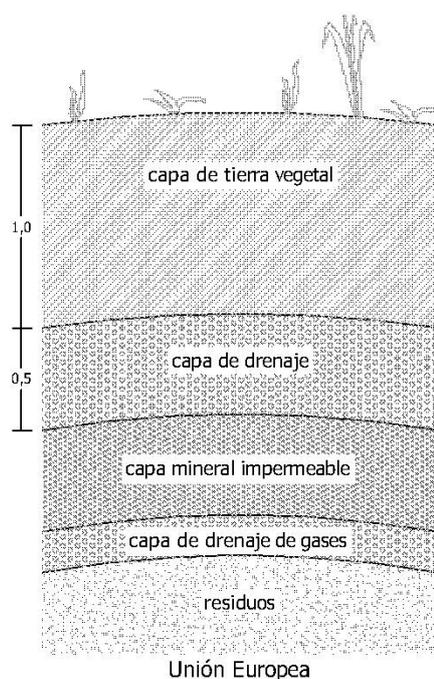


Figura 34. Representación gráfica de la clausura, sellado y reinscripción de un vertedero de residuos no peligrosos según la normativa de la Unión Europea

Es necesario indicar que la fase de clausura debe presentar una capa destinada al drenaje de pluviales, por ello, la herramienta solicita en este apartado que el usuario indique el espesor de esta capa seleccionando el valor existente por defecto o introduciendo otro valor distinto. Se establece:

<b>A.13</b>	Espesor de la capa de drenaje de pluviales ( $E_{DP}$ )	0,30 m
		m

NOTA: El usuario puede seleccionar el valor existente por defecto o introducir otro distinto. Es necesario indicar que si el valor introducido es inferior a 0,30 m este será considerado como incorrecto, ya que, es necesario un espesor igual o superior.

Conocido el tipo de vegetación, la herramienta solicita que el usuario seleccione o indique el valor correspondiente al espesor de la capa de tierra vegetal, estableciéndose:

<b>A.14</b>	Espesor de la capa de tierra vegetal ( $E_{TV}$ )	0,70 m
		m

NOTA: El usuario puede seleccionar el valor existente por defecto o introducir otro distinto.

A continuación, la herramienta solicita que el usuario indique el valor del coeficiente de mayoración que se utilizará para el cálculo de la demanda de áridos. Hay que considerar que es posible que no se tenga en cuenta que la superficie superior del vaso no es totalmente horizontal y por lo general suele presentar irregularidades, por ello, es necesario aplicar un coeficiente que garantice un aporte de áridos suficiente, estableciéndose:

<b>A.15</b>	Coeficiente de mayoración ( $C_{MC}$ )	1,15
		1,25

Es frecuente que la capa de tierra vegetal necesaria para la fase de sellado y clausura sea creada a partir de la reutilización de la tierra extraída durante la fase de construcción del vaso. Por ello, la herramienta solicita en este apartado que el usuario indique si dispone o no de esta tierra, ya que, de ser así, el volumen de tierra vegetal necesaria calculado no será considerado en el presupuesto. No obstante, este valor se indicará en el grupo de características para que el usuario conozca el volumen necesario del que debe disponer. Se establece:

<b>A.16</b>	La tierra extraída del vaso es utilizada para la creación de la capa de tierra vegetal	Sí
		No

## Datos áridos clausura (DAC)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características de los áridos necesarios para la fase de clausura del vaso.

La construcción de la estructura correspondiente a la fase de sellado y clausura se realiza mediante la creación de varias capas, entre ellas, las de drenaje de pluviales,

drenaje de gases y tierra vegetal. Este apartado, informa al usuario de los valores introducidos previamente en el grupo «DGTAU» del Capítulo I «Datos generales», en referencia al tipo de árido seleccionado, estableciéndose:

<b>B.1</b>	Para el sellado y clausura del vertedero se utilizará:	
<b>B.1.1</b>	Árido	Dato automático (valorización/cantera)
<b>B.1.2</b>	Tipo	Dato automático (Grava)
<b>B.1.3</b>	Granulometría	Dato automático (mm)

NOTA: El tipo de árido seleccionado se utilizará para la capa de drenaje de pluviales y la correspondiente al drenaje de gases.

## Datos características de clausura (DCCL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario conozca al detalle la estructura de las capas de la fase de sellado y clausura. Los datos de todos los apartados se obtienen de forma automática, gracias a la información existente en los grupos anteriores y a que la herramienta establece una serie de relaciones matemáticas que permiten estimar las cantidades aproximadas de cada capa. A partir de esos datos, la herramienta realiza en el capítulo correspondiente el cálculo del presupuesto final.

La herramienta calcula automáticamente la cantidad de áridos necesaria para la capa de drenaje de gases, indicando siempre los valores totales en peso y volumen. Se establece:

<b>C.1</b>	Áridos necesarios para la capa de drenaje de gases ( $A_{DGC}$ )	Cálculo automático ( $m^3$ )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de áridos necesarios para la capa de drenaje de gases se obtiene de la siguiente forma:

<b>EX</b>	Área estimada para la capa de cobertura ( $A_{EC}$ )	5,00 ha
	Espesor de la capa de drenaje de gases ( $E_{DG}$ )	0,30 m
	Coefficiente de mayoración ( $C_{MC}$ )	1,15
	Densidad de la Grava 40-80mm ( $D_{GR}$ )	1,90 t/ $m^3$
	Árido necesario para la capa de drenaje de gases ( $A_{DGC1}$ )	
	$A_{DGC1} = A_{EC} \cdot 10000 \cdot E_{DG} \rightarrow A_{DGC1} = 17.250 m^3$	
$A_{DGC2} = A_{DGC1} \cdot D_{GR} \rightarrow A_{DGC2} = 32.775 t$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de áridos necesarios para la capa de drenaje de gases ( $A_{DGC}$ ).

Sobre la capa de drenaje de gases es necesario colocar un geotextil que proteja la geomembrana superior. Ello es debido a que los áridos utilizados para la capa de drenaje pueden dañar la geomembrana y fisurarla provocando la filtración de pluviales y la fuga de biogás. La herramienta realiza el cálculo de forma automática, estableciéndose:

C.2 Lámina de geotextil inferior a la geomembrana ( $L_{GIC}$ )		Cálculo automático ( $m^2$ )
La lámina geotextil necesaria se obtiene de la siguiente forma:		
Ex	Es necesario: Geotextil + geomembrana + geotextil	Si/No
	Área estimada para la capa de cobertura ( $A_{EC}$ )	5,00 ha
	Coefficiente de mayoración ( $C_{MC}$ )	1,15
	Lámina de geotextil inferior a la geomembrana ( $L_{GIC}$ )	
$L_{GIC} = A_{EC} \cdot 10000 \cdot C_{MC} \rightarrow L_{GIC} = 57.500 m^2$		
NOTA: La herramienta considera necesario este geotextil en vertederos clasificados en función del tipo de residuos como «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos», y no en los que se destinan a vertederos «inertes».		

Después del geotextil es necesario colocar la geomembrana, que será la capa que impedirá la filtración del agua al interior y del biogás al exterior. La herramienta realiza el cálculo de forma automática y aporta como resultado la cantidad de geomembrana necesaria, estableciéndose:

C.3 Lámina de geomembrana ( $L_{GMC}$ )		Cálculo automático ( $m^2$ )
La lámina geomembrana necesaria se obtiene de la siguiente forma:		
Ex	Es necesario: Geotextil + geomembrana + geotextil	Si/No
	Área estimada para la capa de cobertura ( $A_{EC}$ )	5,00 ha
	Coefficiente de mayoración ( $C_{MC}$ )	1,15
	Cantidad de geomembrana necesaria ( $L_{GMC}$ )	
$L_{GMC} = A_{EC} \cdot 10.000 \rightarrow L_{GMC} = 57.500 m^2$		
NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de lámina de geomembrana necesaria. La herramienta considera necesario esta geomembrana en vertederos clasificados en función del tipo de residuos como «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos», y no en los que se destinan a vertederos «inertes».		

La estanqueidad de la geomembrana queda garantizada frente a la capa de drenaje de pluviales mediante la colocación de una lámina de geotextil. Esta capa evita que la grava utilizada para el drenaje dañe la geomembrana y como consecuencia provoque la filtración de agua al interior y la fuga de biogás al exterior. La herramienta realiza el cálculo de forma automática, estableciéndose:

<b>C.4</b>	Lámina geotextil superior a la geomembrana ( $L_{GSC}$ )	Cálculo automático (m <sup>2</sup> )
------------	--	--------------------------------------

La lámina geotextil necesaria se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Es necesario: Geotextil + geomembrana + geotextil	Si/No
	Área estimada para la capa de cobertura ( $A_{EC}$ )	5,00 ha
	Coefficiente de mayoración ( $C_{MC}$ )	1,15
	Lámina de geotextil superior a la geomembrana ( $L_{GSC}$ )	
	$L_{GSC} = A_{EC} \cdot 10.000 \cdot C_{MC} \rightarrow L_{GSC} = 57.500 \text{ m}^2$	

NOTA: La herramienta considera necesario este geotextil en vertederos clasificados en función del tipo de residuos como «no peligrosos», «urbanos» o «rechazos», y no en los que se destinan a vertederos «inertes».

La capa de drenaje de pluviales, a diferencia de lo que ocurre con las de geotextiles y geomembranas, es obligatoria para todos los casos (Directiva 31/1999; Real Decreto 1481/2001). La herramienta calcula de forma automática la cantidad de áridos necesarios para conformar esta capa, estableciéndose:

<b>C.5</b>	Árido necesario para la capa de drenaje de pluviales ( $A_{DPC}$ )	Cálculo automático (m <sup>3</sup> )
		Cálculo automático (t)

La cantidad de áridos necesarios para la capa de drenaje se obtiene de la siguiente forma:

<b>Ex</b>	Área estimada para la capa de cobertura ( $A_{EC}$ )	5,00 ha
	Espesor de la capa de drenaje de pluviales ( $E_{DP}$ )	0,30 m
	Coefficiente de mayoración ( $C_{MC}$ )	1,15
	Densidad de la Grava 40-80mm ( $D_{GR}$ )	1,90 t/m <sup>3</sup>
	Árido necesario para la capa de drenaje de pluviales ( $A_{DPC}$ )	
	$A_{DPC1} = A_{EC} \cdot 10000 \cdot E_{DG} \rightarrow A_{DPC1} = 17.250 \text{ m}^3$	
$A_{DPC2} = A_{DPC1} \cdot D_{GR} \rightarrow A_{DPC2} = 32.775 \text{ t}$		

NOTA: Se ha realizado a modo de ejemplo un cálculo con la finalidad de mostrar al usuario qué operaciones permiten a la herramienta aportar de forma automática el valor de la cantidad de áridos necesarios para la capa de drenaje de pluviales ( $A_{DPC}$ ).

La última capa que conforma la estructura de la fase de sellado y clausura es la correspondiente a la de tierra vegetal necesaria ( $T_{VGC}$ ). La herramienta analiza la información de los grupos anteriores y automáticamente calcula el volumen de tierra necesario para crear la capa. Es necesario indicar que en este caso el volumen de tierra calculado puede cubrirse con aquella que fue extraída durante la fase de diseño del vaso y reutilizarse, no siendo por tanto necesaria una inversión destinada a la adquisición de estas tierras.

C.6 Tierra vegetal necesaria ( $T_{VGC}$ )		Cálculo automático ( $m^3$ )
La lámina geotextil necesaria se obtiene de la siguiente forma:		
<b>Ex</b>	Es necesario: Geotextil + geomembrana + geotextil	Si/No
	Área estimada para la capa de cobertura ( $A_{EC}$ )	5,00 ha
	Espesor de la capa de tierra vegetal ( $E_{TV}$ )	0,70 m
	Coefficiente de mayoración ( $C_{MC}$ )	1,15
	Tierra vegetal necesaria ( $T_{VGC}$ )	
$T_{VGC} = A_{EC} \cdot 10000 \cdot E_{TV} \cdot C_{MC} \rightarrow L_{GS} = 40.250 m^3$		

## Datos económicos de clausura (DECL)

Este grupo de recogida de datos ha sido diseñado específicamente para que el usuario pueda introducir la información necesaria que la herramienta utiliza para conocer las características generales de los áridos seleccionados, geomembranas y geotextiles correspondientes a la fase de sellado y clausura. Esta información permite definir posteriormente el presupuesto.

El coste económico de los áridos necesarios para la construcción de la capa de drenaje de gases queda reflejado en este primer apartado. La herramienta de cálculo aporta automáticamente el coste de las gravas seleccionadas y una descripción completa que puede ser seleccionada por el usuario o, si así lo desea, introducir una distinta.

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
<b>D.1</b>	DECL-D.1	$m^3$	*	Áridos para la capa de drenaje de gases
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar. El coste se aportará de forma automática conforme a lo indicado en el Capítulo I «Datos generales».

A continuación, la herramienta calcula automáticamente la dimensión de las distintas capas necesarias. La lámina de geotextil inferior a la geomembrana es la primera que se debe colocar y corresponde a la base sobre la que posteriormente se coloca la lámina de geomembrana. El usuario puede seleccionar la información existente por defecto, en referencia al coste y la descripción completa o introducir una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
<b>D.2</b>	DECL-D.2	$m^2$	*	Geotextil inferior a la geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

Sobre el geotextil, se coloca la geomembrana para garantizar la estanqueidad del vaso y evitar la filtración de agua al interior y de biogás al exterior. Como en el caso anterior, la herramienta solicita que el usuario seleccione la información existente por defecto, en lo que se refiere a coste y descripción completa, o que introduzca una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
<b>D.3</b>	DECL-D.3	m <sup>2</sup>	*	Geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que se refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

A continuación, la herramienta solicita que el usuario seleccione la información existente por defecto, en lo que se refiere a coste y descripción completa de la lámina de geotextil superior o que introduzca una distinta, estableciéndose:

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
<b>D.4</b>	DECL-D.4	m <sup>2</sup>	*	Geotextil superior a la geomembrana
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que se refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta.

El coste económico de los áridos necesarios para la construcción de la capa de drenaje de pluviales queda reflejado en este apartado. La herramienta de cálculo, del mismo modo que en el caso de la capa de drenaje de gases, aporta automáticamente el coste de las gravas seleccionadas y una descripción completa que puede ser seleccionada por el usuario o, si así lo desea, introducir una distinta.

	Ref.	Ud	Coste	Descripción básica
<b>D.5</b>	DECL-D.5	m <sup>3</sup>	*	Áridos para la capa de drenaje de pluviales
	<b>Descripción completa</b>			*

\*El usuario selecciona o define esta partida en función de las características del material que tiene previsto utilizar. El coste se aportará de forma automática conforme a lo indicado en el Capítulo I «Datos generales».

Finalmente, la herramienta solicita que el usuario indique las características y el coste de la tierra vegetal seleccionada. Es necesario indicar que si se ha seleccionado en el apartado correspondiente que la tierra vegetal necesaria es procedente de la reutilización de la extraída en la fase de movimiento de tierras, esta partida no será necesario completarla, estableciéndose:

	<b>Ref.</b>	<b>Ud</b>	<b>Coste</b>	<b>Descripción básica</b>
<b>D.6</b>	DECL-D.6	m3	*	Tierra vegetal necesaria
	<b>Descripción completa</b>			*

\* El usuario selecciona la información existente por defecto, en lo que se refiere al coste y la descripción completa, o introduce una distinta. Si se ha indicado que esta capa se crea a partir de la reutilización de la tierra vegetal obtenida tras la creación del vaso, no será necesario completar esta información y aun siendo completada, no será considerada para el presupuesto final.

## CAPÍTULO X

# Ejemplo de caso aplicado



Tras seleccionar o introducir correctamente toda la información solicitada en los capítulos anteriores, LABWASTE.12 realiza automáticamente todos los cálculos necesarios para obtener la cantidad de áridos demandados por el vertedero, así como lo correspondiente a geotextiles, geomembranas, georredes, cerramientos, captación de biogás y producción de lixiviados, entre otros. LABWASTE.12. incorpora en su estructura el Capítulo X «Informe» con la finalidad de informar y permitir comprobar fácilmente toda la información introducida. De esta forma se garantiza un diseño adecuado.

## Informe general

Este capítulo alberga todos los datos introducidos en LABWASTE.12.

La finalidad principal del informe es mostrar de forma clara y directa toda la información introducida durante el diseño realizado por el usuario. Se pretende con ello demostrar que todos los valores han sido seleccionados e introducidos de forma coherente y ello permite que se pueda detectar en un documento breve cualquier dato incorrecto.

LABWASTE.12 crea este documento de forma automática a medida que el usuario selecciona o introduce los datos; de esta forma, el usuario al finalizar el diseño del vertedero puede imprimir este documento y permitir con ello que sean revisados y confirmados todos los datos.

Si la finalidad de la utilización de LABWASTE.12 es didáctica, este informe podrá ser impreso y entregado por el usuario a expertos en la materia que comprobarán la veracidad de los datos y como consecuencia de ello, podrá deducirse si se ha aprendido a conciencia todo lo referente a esta materia.



## 1. Capítulo I DATOS GENERALES

### 1.1 Datos Generales del Vertedero (DGVE)

1.1.1	Comunidad autónoma donde se ubica el vertedero	C. Valenciana
1.1.2	Clase de vertedero en función de la topografía	En área
1.1.3	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
1.1.4	Población atendida (PAT)	550.000 Habitantes
1.1.5	Tasa de generación diaria (TGD)	1,15 kg/hab.día
1.1.6	Composición y humedad de los residuos	Media Rechazos
1.1.7	Humedad media de los residuos (HMR)	37,37%
1.1.8	Densidad media del vertedero (DM)	900 kg/m <sup>3</sup>
1.1.9	Perímetro estimado del vertedero	3.300 m
1.1.10	Área estimada disponible para el vertedero	67,59 ha

### 1.2 Datos Climáticos (DCO)

1.2.1	Periodo de recogida de datos (PRD)	40 años	
1.2.1	Media de las precipitaciones máximas caídas en 24 h (PMM)	89 l/m <sup>2</sup>	
1.2.3	Desviación típica de las precipitaciones máximas caídas en 24 h (DTM)	12,1	
	1.2.4 Precipitación	1.2.5 Evapotranspiración real	1.2.6 Temperatura
Enero	1.2.4.1 38,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.1 3,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.1 7,00 °C
Febrero	1.2.4.2 32,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.2 2,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.2 11,00 °C
Marzo	1.2.4.3 34,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.3 4,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.3 11,50 °C
Abril	1.2.4.4 38,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.4 5,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.4 15,00 °C
Mayo	1.2.4.5 36,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.5 6,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.5 18,00 °C
Junio	1.2.4.6 20,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.6 9,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.6 21,00 °C
Julio	1.2.4.7 14,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.7 9,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.7 25,00 °C
Agosto	1.2.4.8 19,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.8 7,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.8 27,00 °C
Septiembre	1.2.4.9 49,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.9 3,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.9 25,00 °C
Octubre	1.2.4.10 74,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.10 3,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.10 20,90 °C
Noviembre	1.2.4.11 54,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.11 2,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.11 14,90 °C
Diciembre	1.2.4.12 50,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.12 1,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.12 9,80 °C
Máximo	1.2.4.13 74,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.5.13 9,00 l/m <sup>2</sup>	1.2.6.13 27,00 °C

### 1.3 Datos Generales de la Planta de Valorización RCD (DGPV)

1.3.1	Comunidad Autónoma donde se ubica la planta de valorización que suministra los RCD	C. Valenciana
1.3.2	Nombre de la planta de valorización de RCD	Tramed.21
1.3.3	Distancia aproximada de la planta de valorización de RCD al vertedero de residuos	72 km
1.3.4	La planta de valorización de RCD dispone de la siguiente clase de áridos reciclados:	Reciclado de los tres tipos
1.3.5	Características de la arena procedente de RCD	Reciclado Mixto
1.3.5.1	Granulometría	0-6 mm 0-12 mm
1.3.5.2	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,30 1,70
1.3.5.3	Coste tonelada	4,09 € 1,84 €
1.3.6	Características de la zahorra procedente de RCD	Reciclado Mixto
1.3.6.1	Granulometría	0-20 mm 0-40 mm
1.3.6.2	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,40 1,60
1.3.6.3	Coste tonelada	1,74 € 2,12 €
1.3.7	Características de la grava procedente de RCD	Reciclado Hormigón
1.3.7.1	Granulometría	20-40 mm 40-80 mm
1.3.7.2	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	2,10 € 1,90 €
1.3.7.3	Coste tonelada	1,74 € 1,74 €

#### 1.4 Datos Generales de la Planta de Cantera (DGPC)

1.4.1	Comunidad Autónoma donde se ubica la planta que suministra los áridos procedentes de cantera	C. Valenciana	
1.4.2	Nombre de la planta que ofrece áridos procedentes de cantera	Emipesa S.A	
1.4.3	Distancia aproximada de la planta seleccionada al vertedero de residuos	62 km	
1.4.4	La planta de áridos procedentes de cantera dispone de la siguiente clase de áridos:	Caliza	
1.4.5	Características de la arena procedente de cantera	Caliza	
1.4.5.1	Granulometría	0-6 mm	0-12 mm
1.4.5.2	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,80	1,75
1.4.5.3	Coste tonelada	5,75 €	7,50 €
1.3.6	Características de la zahorra procedente de cantera	Caliza	
1.4.6.1	Granulometría	0-20 mm	0-40 mm
1.4.6.2	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,85	1,90
1.4.6.3	Coste tonelada	3,80 €	3,80 €
1.3.7	Características de la grava procedente de cantera	Caliza	
1.4.7.1	Granulometría	20-40 mm	40-80 mm
1.4.7.2	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	2,00 €	1,95 €
1.4.7.3	Coste tonelada	6,60 €	6,10 €

#### 1.5 Datos Generales de Transporte (DGT)

1.5.1	Tipo de vehículo utilizado para el transporte de áridos	Camión volquete
1.5.2	Capacidad del vehículo seleccionado	14 m <sup>3</sup>
1.5.3	Coste estimado del transporte	0,96 €/km

#### 1.6 Datos de Viabilidad Económica (DVE)

1.6.1	Información del coste económico de adquisición de arenas y de su transporte		
1.6.1.1	Arena	0-6 mm	0-12 mm
1.6.1.2	Planta Valorización	143,56 €	112,91 €
1.6.1.3	Planta Cantera	204,42 €	243,27 €
1.6.1.4	Opción Rentable	Valorización	Valorización
1.6.2	Datos generales del coste de adquisición de arenas seleccionadas y coste de su transporte		
1.6.2.1	Usted selecciona	Valorización	Valorización
1.6.2.2	Densidad t/m <sup>3</sup>	1,30	1,70
1.6.2.3	Coste tonelada	4,09 €	1,84 €
1.6.2.4	Coste transporte	143,56 €	112,91 €
1.6.3	Información del coste económico de adquisición de zahorras y de su transporte		
1.6.3.1	Zahorra	0-20 mm	0-40 mm
1.6.3.2	Planta Valorización	103,22 €	116,61 €
1.6.3.3	Planta Cantera	157,94 €	160,60 €
1.6.3.4	Opción rentable	Valorización	Valorización
1.6.4	Datos generales del coste de adquisición de zahorras seleccionadas y coste de su transporte		
1.6.4.1	Usted selecciona	Valorización	Valorización
1.6.4.2	Densidad t/m <sup>3</sup>	1,40	1,60
1.6.4.3	Coste tonelada	1,74 €	2,12 €
1.6.4.4	Coste transporte	103,22 €	116,61 €
1.6.5	Información del coste económico de adquisición de gravas y de su transporte		
1.6.5.1	Grava	20-40 mm	40-80 mm
1.6.5.2	Planta Valorización	120,28 €	115,40 €
1.6.5.3	Planta Cantera	244,32 €	226,05 €
1.6.5.4	Opción rentable	Valorización	Valorización
1.6.6	Datos generales del coste de adquisición de gravas seleccionadas y coste de su transporte		
1.6.6.1	Usted selecciona	Valorización	Valorización
1.6.6.2	Densidad t/m <sup>3</sup>	2,10	1,90
1.6.6.3	Coste tonelada	1,74 €	1,74 €
1.6.6.4	Coste transporte	120,28 €	115,40 €

**1.7 Datos Generales de los Tipos de Áridos Utilizados (DGTAU)**

1.7.1	Para la construcción de la capa de drenaje del vaso se utilizará:	Reciclado Hormigón
1.7.1.1	Árido	Grava
1.7.1.2	Granulometría	40-80 mm
1.7.2	Para la construcción de los diques se utilizará:	Reciclado Mixto
1.7.2.1	Árido	Zahorra
1.7.2.2	Granulometría	0-40 mm
1.7.3	Para la construcción de las celdas unitarias se utilizará:	Reciclado Mixto
1.7.3.1	Árido	Arena
1.7.3.2	Granulometría	0-12 mm
1.7.4	Para la construcción del sistema de evacuación de pluviales se utilizará:	Reciclado Mixto
1.7.4.1	Árido	Zahorra
1.7.4.2	Granulometría	0-20 mm
1.7.5	Para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados se utilizará:	Reciclado Hormigón
1.7.5.1	Árido	Grava
1.7.5.2	Granulometría	20-40 mm
1.7.6	Para la construcción del drenaje de la balsa de lixiviados se utilizará:	Reciclado Hormigón
1.7.6.1	Árido	Grava
1.7.6.2	Granulometría	20-40 mm
1.7.7	Para la construcción de los pozos de captación de biogás se utilizará:	Reciclado Hormigón
1.7.7.1	Árido	Grava
1.7.7.2	Granulometría	20-40 mm
1.7.8	Para las capas de drenaje del sellado y clausura del vertedero se utilizará:	Reciclado Hormigón
1.7.8.1	Árido	Grava
1.7.8.2	Granulometría	20-40 mm

## 2. Capítulo II VASO

### 2.1 Datos Generales Vaso (DGVA)

2.1.1	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
2.1.2	Perímetro estimado del vertedero	3.300 m
2.1.3	Área estimada disponible para el vertedero	67,59 ha
2.1.4	Año previsto para el inicio de vertido de residuos en este vaso (AVR)	2013
2.1.5	Perímetro estimado del vaso	3.000 m
2.1.6	Área estimada disponible para el vaso (AEV)	32,00 ha
2.1.7	Profundidad promedio estimada para el vaso (PEV)	15 m
2.1.8	Área estimada de impermeabilización (AI)	36,80 ha
2.1.9	Capacidad estimada del vaso (CV)	4.800.000 m <sup>3</sup>
2.1.10	Coefficiente de permeabilidad (k) de la barrera geológica natural	k<10 <sup>-9</sup>
2.1.11	Profundidad equivalente de la barrera geológica natural (Pe)	≤ 1 m
2.1.12	Espesor de la capa de drenaje de recogida de lixiviados (ERL)	0,60 m
2.1.13	¿Desea colocar la lámina de geotextil en la cara superior de la capa de drenaje?	Si

### 2.2 Datos Económicos del Vaso (DEV)

2.2.1	Arcilla destinada para barrera geológica artificial	
2.2.1.1	Unidad	m <sup>3</sup>
2.2.1.2	Cantidad	184.000
2.2.1.3	Coste Unidad	5,50 €
2.2.2	Geotextil inferior a la geomembrana	
2.2.2.1	Unidad	m <sup>2</sup>
2.2.2.2	Cantidad	368.000
2.2.2.3	Coste Unidad	3,16 €
2.2.3	Geomembrana	
2.2.3.1	Unidad	m <sup>2</sup>
2.2.3.2	Cantidad	368.000
2.2.3.3	Coste Unidad	5,20 €
2.2.4	Geotextil superior a la geomembrana	
2.2.4.1	Unidad	m <sup>2</sup>
2.2.4.2	Cantidad	368.000
2.2.4.3	Coste Unidad	3,16 €
2.2.5	Áridos para la capa de drenaje	
2.2.5.1	Unidad	m <sup>3</sup>
2.2.5.2	Cantidad	220.800
2.2.5.3	Coste Unidad	12,69 €
2.2.6	Geotextil superior a la capa de drenaje	
2.2.6.1	Unidad	m <sup>2</sup>
2.2.6.2	Cantidad	368.000
2.2.6.3	Coste Unidad	3,16 €

### 3. Capítulo III DIQUES

#### 3.1 Datos Generales del Dique de Fondo (DGDF)

3.1.1 Sección del dique	Trapecio Escaleno
3.1.2 Anchura de la corona (AC1)	5 m
3.1.3 Altura del dique de fondo (HD1)	10 m
3.1.4 Inclinación del talud aguas arriba (IAR1)	45 °
3.1.5 Inclinación del talud aguas abajo (IAB1)	26,6 °
3.1.6 Anchura de la base inferior del dique (AB1)	35 m
3.1.7 Área de la sección del dique (AD1)	200 m <sup>2</sup>
3.1.8 Longitud del frente de dique (LFD)	403 m

#### 3.2 Datos Generales del Dique de la Balsa de Pluviales (DGDBP)

3.2.1 ¿Es necesario un dique de contención para la construcción de la balsa de pluviales?	Si
3.2.2 Número de balsas de recogida de pluviales que se prevé construir (NBP)	2 Ud
3.2.3 Sección del dique	Trapecio Escaleno
3.2.4 Anchura de la corona (AC2)	4 m
3.2.5 Altura del dique de la balsa de pluviales (HD2)	4 m
3.2.6 Inclinación del talud aguas arriba (IAR2)	45 °
3.2.7 Inclinación del talud aguas abajo (IAB2)	27 °
3.2.8 Anchura de la base inferior del dique (AB2)	16 m
3.2.9 Área de la sección del dique (AD2)	40 m <sup>2</sup>
3.2.10 Longitud del frente de dique (LFD2)	22 m

#### 3.3 Datos Generales del Dique de la Balsa de Lixiviados (DGDBL)

3.3.1 ¿Es necesario un dique de contención para la construcción de la balsa de pluviales?	Si
3.3.2 Sección del dique	Trapecio Escaleno
3.3.3 Anchura de la corona (AC3)	5 m
3.3.4 Altura del dique de la balsa de lixiviados (HD3)	3 m
3.3.5 Inclinación del talud aguas arriba (IAR3)	45 °
3.3.6 Inclinación del talud aguas abajo (IAB3)	27 °
3.3.7 Anchura de la base inferior del dique (AB3)	14 m
3.3.8 Área de la sección del dique (AD3)	28 m <sup>2</sup>
3.3.9 Longitud frente del dique (LF3)	38 m

#### 3.4 Datos Estabilidad de Taludes (DET)

3.4.1 Cohesión efectiva del material (C'0)	1 t/m <sup>2</sup>
3.4.2 Ángulo de rozamiento efectivo (Ø')	14 °
3.4.3 Altura del talud (h)	38 m
3.4.4 Inclinación (°)	16 °
3.4.5 Factor de seguridad (FS)	1,47

#### 3.5 Datos Económicos de los Diques (DED)

3.5.1 Áridos para la construcción del dique de fondo	
3.5.1.1 Unidad	m <sup>3</sup>
3.5.1.2 Cantidad	80.539
3.5.1.3 Coste Unidad	12,77 €
3.5.2 Áridos para la construcción del dique de la balsa de pluviales	
3.5.2.1 Unidad	m <sup>3</sup>
3.5.2.2 Cantidad	879
3.5.2.3 Coste Unidad	12,77 €
3.5.3 Áridos para la construcción del dique de la balsa de lixiviados	
3.5.3.1 Unidad	m <sup>3</sup>
3.5.3.2 Cantidad	1.082
3.5.3.3 Coste Unidad	12,77 €

#### 4. Capítulo IV CELDAS UNITARIAS

##### 4.1 Datos Generales Celda Unitaria (DGPU)

2.1.1	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
2.1.2	Área estimada disponible para el vertedero	68 ha
2.1.3	Área estimada disponible para el vaso (AEV)	32 ha
2.1.4	Profundidad promedio estimada para el vaso (PEV)	15 m
2.1.5	Capacidad estimada del vaso (CV)	4.800.000 m <sup>3</sup>
2.1.6	Población atendida (PAT)	550.000 Habitantes
2.1.7	Tasa de generación diaria (TGD)	1,15 kg/hab.día
2.1.8	Densidad media del vertedero (DM)	900 kg/m <sup>3</sup>
2.1.9	Vida útil estimada del vaso (VUV)	18,71 años
2.1.10	Altura media de las celdas unitarias (HCU)	2,50 m
2.1.11	Espesor medio de la capa de cobertura diaria (EMC)	0,15 m
2.1.12	Área diaria necesaria para depositar residuos (ADN)	281 m <sup>2</sup> /día
2.1.13	Área mensual necesaria para depositar residuos (AMN)	8.550 m <sup>2</sup> /mes
2.1.14	Área anual necesaria para depositar residuos (AAN)	102.606 m <sup>2</sup> /anual
2.1.15	Área vida útil necesaria para depositar residuos (AVN)	192 ha

##### 4.2 Datos Económicos de las Celdas Unitarias (DECU)

4.2.1	Áridos para la capa de cobertura (previsión vida útil)	
4.2.1.1	Unidad	m <sup>3</sup>
4.2.1.2	Cantidad Diaria	42
4.2.1.3	Cantidad Mensual	1.283
4.2.1.4	Cantidad Anual	15.391
4.2.1.5	Cantidad Total	288.000
4.2.1.6	Coste Unidad	12,51 €

## 5. Capítulo V PLUVIALES

### 5.1 Datos Generales del Canal Perimetral Recogida de Pluviales (DGCPP)

5.1.1	¿Es necesario un canal perimetral para evacuar pluviales?	Si
5.1.2	Periodo de retorno estimado (Pr)	100 años
5.1.3	Área de captación de la cuenca (Ac)	1.000.000 m <sup>2</sup>
5.1.4	Coefficiente de seguridad aplicado (Cs)	1,1
5.1.5	Caudal de agua (Q)	40,34 m <sup>3</sup> /s
5.1.6	Tipo de canal perimetral	Trapezoidal
5.1.7	Inclinación de paredes laterales con la vertical (IPL)	0 °
5.1.8	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
5.1.9	Coefficiente de rugosidad (n)	0,017
5.1.10	Pendiente más desfavorable de la línea de agua (S)	0,5 %
5.1.11	Anchura de la base inferior del canal (B)	3,09 m
5.1.12	Longitud de las paredes laterales Inclinadas del canal (I)	3,09 m
5.1.13	Altura del canal estimada (H)	3,09 m
5.1.14	Longitud del canal (LCP)	1.104 m
5.1.15	Espesor de las paredes del canal (ECP)	0,30 m
5.1.16	Sección del muro del canal (SCP)	9,26 m
5.1.17	Árido necesario por unidad de volumen de hormigón (AVH1)	420,00 kg/m <sup>3</sup>

### 5.2 Datos Generales Cuneta Interna Recogida de Pluviales (DGCIP)

5.2.1	Periodo de retorno estimado (PRCU)	100 años
5.2.2	Área de captación del vaso (Acv)	40000 m <sup>2</sup>
5.2.3	Coefficiente de seguridad aplicado (CSCU)	1,1
5.2.4	Caudal de agua (QCU)	1,61 m <sup>3</sup> /s
5.2.5	Tipo de cuneta interna	Trapezoidal
5.2.6	Inclinación de paredes laterales con la vertical (IPL2)	30 °
5.2.7	Naturaleza del material de las paredes utilizado	Hormigón
5.2.8	Coefficiente de rugosidad (n)	0,017
5.2.9	Pendiente más desfavorable de la línea de agua (S)	0,5 %
5.2.10	Anchura de la base inferior de la cuneta (B)	0,91 m
5.2.11	Longitud de las paredes laterales Inclinadas de la cuneta (I)	0,91 m
5.2.12	Altura de la cuneta estimada (H)	0,79 m
5.2.13	Longitud de la cuneta (LCI)	1.105 m
5.2.14	Espesor de las paredes de la cuneta (ECI)	0,10 m
5.2.15	Sección del muro de la cuneta (SCI)	2,74 m
5.2.16	Árido necesario por unidad de volumen de hormigón (AVH2)	420,00 kg/m <sup>3</sup>

### 5.3 Datos Generales de la Balsa de Pluviales (DGBP)

5.3.1	Número de balsas de recogida de pluviales que se prevé construir (NBP)	2 Ud
5.3.2	Volumen de agua máximo estimado (VPBP)	6.870 m <sup>3</sup>
5.3.3	Geometría de la balsa (GBP)	Redonda
5.3.4	Profundidad de la balsa estimada (HPBP)	4,0 m
5.3.5	Inclinación talud aguas arriba (IPAR)	45 °
5.3.6	Radio Inferior (r)	21 m
5.3.7	Radio Inferior (r')	21 m
5.3.8	Radio Superior (R)	25 m
5.3.9	Radio Superior (R')	25 m
5.3.10	Volumen Balsa Estimado (VET)	6.870 m <sup>3</sup>
5.3.11	Superficie de contacto (SCT)	2.310 m <sup>2</sup>
5.3.12	Coefficiente de ponderación (CPNP)	1,15
5.3.13	Superficie de contacto estimada (SCEP)	2.657 m <sup>2</sup>
5.3.14	Perímetro de la balsa estimada (PBEP)	184 m

**5.4 Datos Económicos de Recogida de Pluviales (DERP)**

5.4.1	<b>Áridos para la construcción del canal</b>	
5.3.1.1	Unidad	m <sup>3</sup>
5.3.1.2	Cantidad	3.065
5.3.1.3	Coste Unidad	284,88 €
5.4.2	<b>Áridos para la construcción de la cuneta</b>	
5.3.1.1	Unidad	m <sup>3</sup>
5.3.1.2	Cantidad	302
5.3.1.3	Coste Unidad	170,88 €
5.4.3	<b>Georred</b>	
5.3.1.1	Unidad	m <sup>2</sup>
5.3.1.2	Cantidad	2.657
5.3.1.3	Coste Unidad	7,78 €
5.4.4	<b>Geotextil</b>	
5.3.1.1	Unidad	m <sup>2</sup>
5.3.1.2	Cantidad	2.657
5.3.1.3	Coste Unidad	3,16 €
5.4.5	<b>Geomembrana</b>	
5.3.1.1	Unidad	m <sup>2</sup>
5.3.1.2	Cantidad	2.657
5.3.1.3	Coste Unidad	5,20 €

## 6. Capítulo VI LIXIVIADOS

### 6.1 Datos Generales Recogida de Lixiviados (DGRL)

6.1.1	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
6.1.2	¿Es necesario un sistema de recogida de lixiviados?	Si
6.1.3	Generación diaria de residuos (GDR)	632.500 kg/día
6.1.4	Humedad media de los residuos (HMR)	37,37%
6.1.5	Contenido mensual de humedad en los residuos (CMHR)	7.091 m <sup>3</sup> /mes
6.1.6	Densidad media del vertedero (DM)	900 kg/m <sup>3</sup>
6.1.7	Mes de máxima pluviometría (PMAXL)	74,00 l/m <sup>2</sup>
6.1.8	Área estimada disponible para el vaso (AEV)	32,00 ha
6.1.9	Coefficiente de compactación (KC)	0,15
6.1.10	Caudal medio de lixiviado (QML)	118.400 l/día
6.1.11	Periodo estimado de descarga de lixiviados (PEDL)	30 días
6.1.12	Volumen de lixiviados acumulado (VLA)	3.552 m <sup>3</sup>
6.1.13	Periodo de retorno estimado pluviometría superficie balsa (PREL)	100 años
6.1.14	Volumen medio de recogida de pluviales sobre la balsa (VPL)	371 m <sup>3</sup>
6.1.15	Volumen total de acumulación (VTAL)	3.923 m <sup>3</sup>
6.1.16	Coefficiente de seguridad aplicado (CSL)	1,10
6.1.17	Volumen total estimado (VTEL)	4.316 m <sup>3</sup>

### 6.2 Datos Generales Evacuación de Lixiviados (DGEL)

6.2.1	Área estimada disponible para el vaso (AEV)	32 ha
6.2.2	Distancia entre tuberías (DDTL)	50 m
6.2.3	Metros lineales de tuberías por metro cuadrado de superficie (LMSL)	0,04 m/m <sup>2</sup>
6.2.4	Diámetro promedio de las tuberías de evacuación de lixiviados (DTEL)	200 mm
6.2.5	Profundidad del canal de evacuación de lixiviados (PCEL)	0,50 m
6.2.6	Anchura del canal de evacuación de lixiviados (ACEL)	1,00 m
6.2.7	Sección del canal de evacuación de lixiviados (CCEL)	0,50 m <sup>2</sup>

### 6.3 Datos Generales Balsa de Lixiviados (DGBL)

6.3.1	Volumen de lixiviados máximo estimado (VPBL)	4.316 m <sup>3</sup>
6.3.2	Geometría de la balsa (GBL)	Rectangular
6.3.3	Profundidad de la balsa estimada (HPBL)	3,0 m
6.3.4	Inclinación talud aguas arriba (ILAR)	45 °
6.3.5	Longitud Inferior (b)	25 m
6.3.6	Longitud Inferior (b')	49 m
6.3.7	Longitud Superior (B)	31 m
6.3.8	Longitud Superior (B')	55 m
6.3.9	Volumen Balsa Estimado (VEL)	4.316 m <sup>3</sup>
6.3.10	Superficie de contacto (SCTL)	1.881 m <sup>2</sup>
6.3.11	Coefficiente de ponderación (CPNL)	1,15
6.3.12	Superficie de contacto estimada (SCEL)	2.164 m <sup>2</sup>
6.3.13	Espesor de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados (EDBL)	0,15 m
6.3.14	Perímetro de la balsa estimada (PBEL)	197 m

**6.4 Datos Económicos de Recogida de Lixiviados (DERL)**

6.4.1	Áridos para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados	
6.4.1.1	Unidad	m <sup>3</sup>
6.4.1.2	Cantidad	6.400
6.4.1.3	Coste Unidad	13,03 €
6.4.2	Tubería de evacuación de lixiviados	
6.4.2.1	Unidad	m
6.4.2.2	Cantidad	12.800
6.4.2.3	Coste Unidad	11,36 €
6.4.3	Georred	
6.4.3.1	Unidad	m <sup>2</sup>
6.4.3.2	Cantidad	2.164
6.4.3.3	Coste Unidad	7,78 €
6.4.4	Geotextil inferior a la geomembrana	
6.4.4.1	Unidad	m <sup>2</sup>
6.4.4.2	Cantidad	2.164
6.4.4.3	Coste Unidad	3,16 €
6.4.5	Geomembrana	
6.4.5.1	Unidad	m <sup>2</sup>
6.4.5.2	Cantidad	2.164
6.4.5.3	Coste Unidad	5,20 €
6.4.6	Geotextil superior a la geomembrana	
6.4.6.1	Unidad	m <sup>2</sup>
6.4.6.2	Cantidad	2.164
6.4.6.3	Coste Unidad	3,16 €
6.4.7	Áridos para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados	
6.4.7.1	Unidad	m <sup>2</sup>
6.4.7.2	Cantidad	325
6.4.7.3	Coste Unidad	13,03 €

## 7. Capítulo VII BIOGÁS

### 7.1 Datos Generales Pozos de Captación de Biogás (DGPCB)

7.1.1	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
7.1.2	¿Es necesario un sistema de captación de biogás?	Si
7.1.3	Capacidad estimada del vaso (CV)	4.800.000 m <sup>3</sup>
7.1.4	Área diaria necesaria para depositar residuos (ADN)	281 m <sup>2</sup> /día
7.1.5	Área mensual necesaria para depositar residuos (AMN)	8.550 m <sup>2</sup> /mes
7.1.6	Área anual necesaria para depositar residuos (AAN)	102.606 m <sup>2</sup> /anual
7.1.7	Área vida útil necesaria para depositar residuos (AVN)	192 ha
7.1.8	Diámetro conducto externo de captación (DCE)	0,80 m
7.1.9	Diámetro conducto interno de captación (DCI)	0,25 m
7.1.10	Radio de acción (RAC)	25 m
7.1.11	Longitud promedio conductos de captación (LCC)	15 m
7.1.12	Áridos necesarios por metro de longitud de los pozos de captación (APPC)	1,81 m <sup>3</sup>
7.1.13	Distancia entre los pozos de captación (DPPC)	43 m
7.1.14	Área efectiva de los pozos de captación (AEPC)	1.624 m <sup>2</sup>

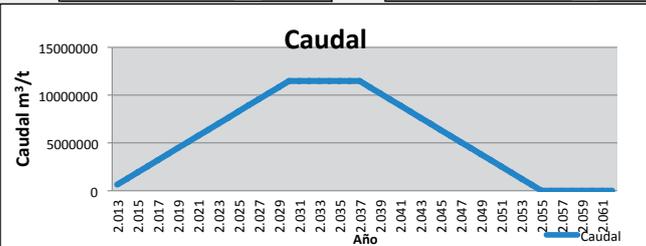
### 7.2 Datos Generales Conductos Captación de Biogás (DGCCB)

7.2.1	Área estimada disponible para el vaso (AEV)	32 ha
7.2.2	Número de pozos de captación de biogás necesarios (NPCB)	197 Ud
7.2.3	Metros lineales de tuberías por metro cuadrado de superficie (LMSB)	0,05 m/m <sup>2</sup>
7.2.4	Diámetro promedio de las tuberías de captación de biogás (DTCB)	90 mm
7.2.5	Coefficiente de mayoración en tuberías (CTCB)	1,10

### 7.3 Datos Generales Estimación de Captación de Biogás (DGECB)

7.3.1	Año previsto para el inicio de vertido de residuos en este vaso (AVR)	2013
7.3.2	Año previsto para el inicio de la clausura del vaso (ACV)	2031
7.3.3	Año previsto para el inicio de la estimación de producción de biogás (APB)	2013
7.3.4	Residuos acumulados durante la vida útil estimada del vaso (RUV)	4.320.000 t
7.3.5	Profundidad promedio estimada para el vaso (PEV)	15 m
7.3.6	La estimación de la producción de biogás se realiza durante la fase de explotación del vertedero	Si
7.3.7	Precipitación anual en la zona de vertido	458 mm/año
7.3.8	Análisis preliminar de valorización (Handbook Landfill Gas to Energy Project, EPA 2010)	Si
7.3.9	Generación anual de residuos (GAR)	230.863 t
7.3.10	Potencia de generación de metano (PGM)	34,51 m <sup>3</sup> /t
7.3.11	Tiempo estimado cese de generación (TEG)	25 años
7.3.12	Tiempo estimado de desfase (TED)	0 años
7.3.13	Estimación del caudal de captación de biogás (ECC)	50 años
7.3.14	Estimación prevista captación de biogás (ECB)	Swana Orden Cero

Año	Caudal (Q)		Año	Caudal (Q)		Año	Caudal (Q)	
	1-24 Años			25-37 Años			38-50 Años	
2013	637.365	m <sup>3</sup> /año	2037	11.472.573	m <sup>3</sup> /año	2050	3.186.826	m <sup>3</sup> /año
2014	1.274.730	m <sup>3</sup> /año	2038	10.835.208	m <sup>3</sup> /año	2051	2.549.461	m <sup>3</sup> /año
2015	1.912.096	m <sup>3</sup> /año	2039	10.197.843	m <sup>3</sup> /año	2052	1.912.096	m <sup>3</sup> /año
2016	2.549.461	m <sup>3</sup> /año	2040	9.560.478	m <sup>3</sup> /año	2053	1.274.730	m <sup>3</sup> /año
2017	3.186.826	m <sup>3</sup> /año	2041	8.923.113	m <sup>3</sup> /año	2054	637.365	m <sup>3</sup> /año
2018	3.824.191	m <sup>3</sup> /año	2042	8.285.747	m <sup>3</sup> /año	2055	0	m <sup>3</sup> /año
2019	4.461.556	m <sup>3</sup> /año	2043	7.648.382	m <sup>3</sup> /año	2056	0	m <sup>3</sup> /año
2020	5.098.922	m <sup>3</sup> /año	2044	7.011.017	m <sup>3</sup> /año	2057	0	m <sup>3</sup> /año
2021	5.736.287	m <sup>3</sup> /año	2045	6.373.652	m <sup>3</sup> /año	2058	0	m <sup>3</sup> /año
2022	6.373.652	m <sup>3</sup> /año	2046	5.736.287	m <sup>3</sup> /año	2059	0	m <sup>3</sup> /año
2023	7.011.017	m <sup>3</sup> /año	2047	5.098.922	m <sup>3</sup> /año	2060	0	m <sup>3</sup> /año
2024	7.648.382	m <sup>3</sup> /año	2048	4.461.556	m <sup>3</sup> /año	2061	0	m <sup>3</sup> /año
2025	8.285.747	m <sup>3</sup> /año	2049	3.824.191	m <sup>3</sup> /año	2062	0	m <sup>3</sup> /año
2026	8.923.113	m <sup>3</sup> /año						
2027	9.560.478	m <sup>3</sup> /año						
2028	10.197.843	m <sup>3</sup> /año						
2029	10.835.208	m <sup>3</sup> /año						
2030	11.472.573	m <sup>3</sup> /año						
2031	11.472.573	m <sup>3</sup> /año						
2032	11.472.573	m <sup>3</sup> /año						
2033	11.472.573	m <sup>3</sup> /año						
2034	11.472.573	m <sup>3</sup> /año						
2035	11.472.573	m <sup>3</sup> /año						
2036	11.472.573	m <sup>3</sup> /año						



#### 7.4 Datos Económicos de los Pozos de Captación de Biogás (DEPCB)

7.4.1 Áridos para los pozos de captación de biogás (previsión vida útil)		
7.4.1.1	Unidad	m <sup>3</sup>
7.4.1.2	Cantidad por Pozo de Captación	27
7.4.1.3	Cantidad Mensual	143
7.4.1.4	Cantidad Anual	1.720
7.4.1.5	Cantidad Total	5.363
7.4.1.7	Coste Unidad	9,05 €
7.4.2 Tubería corrugada para los pozos de captación de biogás (previsión vida útil)		
7.4.2.1	Unidad	ml
7.4.2.2	Cantidad por Pozo de Captación	17
7.4.2.3	Cantidad Mensual	87
7.4.2.4	Cantidad Anual	1.043
7.4.2.5	Cantidad Total	3.252
7.4.2.6	Coste Unidad	9,13 €
7.4.3 Tubería para la captación de biogás		
7.4.3.1	Unidad	ml
7.4.3.2	Cantidad	16.000
7.4.3.3	Coste Unidad	8,75 €

## 8. Capítulo VIII CERRAMIENTOS

### 8.1 Datos Generales Cerramiento (DGC)

8.1.1	El perímetro de cerramiento es similar al estimado para el vertedero	Sí
8.1.1.1	Unidad	m
8.1.1.2	Perímetro	3.300
8.1.1.3	Altura	2,00
8.1.2	El perímetro de cerramiento es similar al estimado para la balsa de pluviales	Sí
8.1.2.1	Unidad	m
8.1.2.2	Perímetro	184
8.1.2.3	Altura	1,80 €
8.1.3	El perímetro de cerramiento es similar al estimado para la balsa de lixiviados	Sí
8.1.3.1	Unidad	m
8.1.3.2	Perímetro	197
8.1.3.3	Altura	1,80 €
8.1.4	Tipo de cerramiento utilizado	Malla simple torsión

### 8.2 Datos Económicos Cerramiento (DEC)

8.2.1	Malla de simple torsión para vallado de vertedero	
8.3.1.1	Unidad	ml
8.3.1.2	Cantidad	3.300
8.3.1.3	Coste Unidad	14,67 €
8.2.2	Malla de simple torsión para vallado de balsa de pluviales	
8.3.1.1	Unidad	ml
8.3.1.2	Cantidad	184
8.3.1.3	Coste Unidad	12,95 €
8.2.3	Malla de simple torsión para vallado de balsa de lixiviados	
8.3.1.1	Unidad	ml
8.3.1.2	Cantidad	197
8.3.1.3	Coste Unidad	12,95 €

## 9. Capítulo IX CLAUSURA

### 9.1 Datos Generales Clausura (DGCL)

9.1.1	Clase de vertedero en función del residuo	Rechazos
9.1.2	Año previsto para el inicio del vertido de residuos en el vaso (AVR)	2013
9.1.3	Vida útil estimada del vaso (VUV)	18,71 años
9.1.4	Año previsto para el inicio de la clausura del vaso (ACV)	2031
9.1.5	Tipo de vegetación (TVG)	Suelo con arbustos
9.1.6	Área estimada disponible para el vaso (AEV)	32,00 ha
9.1.7	¿El área estimada disponible para el vaso es equivalente a la de cobertura?	Si
9.1.8	Área estimada para la capa de cobertura (AEC)	32,00 ha
9.1.9	Espesor de la capa de drenaje de gases (EDG)	0,50 m
9.1.10	Es necesario colocar las siguientes capas: Geotextil+Geomembrana+Geotextil	Si
9.1.11	Espesor de la capa de drenaje de pluviales (EDP)	0,30 m
9.1.12	Espesor de la capa de tierra vegetal (ETV)	0,70 m
9.1.13	Coefficiente de mayoración (CMC)	1,15
9.1.14	La tierra extraída del vaso es utilizada para la creación de la capa de tierra vegetal	No

### 9.2 Datos Económicos de Clausura (DECL)

9.2.1	Áridos para la capa de drenaje de gases	
9.2.1.1	Unidad	m <sup>3</sup>
9.2.1.2	Cantidad	184.000
9.2.1.3	Coste Unidad	13,03 €
9.2.2	Geotextil inferior a la geomembrana	
9.2.2.1	Unidad	m <sup>2</sup>
9.2.2.2	Cantidad	368.000
9.2.2.3	Coste Unidad	3,16 €
9.2.3	Geomembrana	
9.2.3.1	Unidad	m <sup>2</sup>
9.2.3.2	Cantidad	368.000
9.2.3.3	Coste Unidad	5,20 €
9.2.4	Geotextil superior a la geomembrana	
9.2.4.1	Unidad	m <sup>2</sup>
9.2.4.2	Cantidad	368.000
9.2.4.3	Coste Unidad	3,16 €
9.2.5	Áridos para la capa de drenaje de pluviales	
9.2.5.1	Unidad	m <sup>3</sup>
9.2.5.2	Cantidad	110.400
9.2.5.3	Coste Unidad	13,03 €
9.2.6	Tierra vegetal necesaria	
9.2.6.1	Unidad	m <sup>3</sup>
9.2.6.2	Cantidad	257.600
9.2.6.3	Coste Unidad	8,72 €

## PRESUPUESTO



Finalizado el diseño del vertedero y comprobada toda la información introducida mediante el informe, LABWASTE.12 crea automáticamente un presupuesto que informa de los costes de la cantidad de áridos demandados, geotextiles, geomembranas, georredes, cerramientos, captación de biogás y producción de lixiviados, entre otros. Esta es, sin duda, la información más importante, y por esa razón LABWASTE.12 la incorpora en su estructura como Capítulo XI «Presupuesto».

Como se ha podido observar a lo largo del desarrollo de la herramienta LABWASTE.12, el objeto final es calcular la demanda de áridos y ofrecer un presupuesto que permita conocer de forma clara y directa las cantidades de áridos demandados y sus costes. Este capítulo se ha desarrollado para que esto sea posible y pueda programarse de forma aproximada la cantidad de áridos y demás elementos necesarios para la construcción, explotación y clausura de un vertedero.

El objeto principal es evitar realizar una demanda excesiva o defectuosa en su caso y permitir adaptar las necesidades del vertedero a las demandas finalmente solicitadas. Por lo tanto, la importancia de este capítulo se centra en la reducción de sobrecostes y material sobrante que puede llegar a alcanzarse como resultado de una correcta programación.

Es necesario saber que los valores correspondientes a cantidades y precios unitarios de los áridos, georredes, geomembranas, geotextiles, tuberías... quedan plasmados automáticamente en este capítulo, sin necesidad de que el usuario introduzca ningún dato adicional. Mediante una serie de relaciones matemáticas basadas principalmente en el producto de estas cantidades y sus costes unitarios se crea el presupuesto final de anteproyecto del vertedero.



LABWASTE.12	PRESUPUESTO	Página 1/7
-------------	-------------	------------

1. Capítulo I DATOS GENERALES

2. Capítulo II VASO

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
2.1	DEV-D.1	m <sup>2</sup>	Arcilla destinada para barrera geológica artificial	5,50 €	184.000	1.012.000,00 €
			Descripción completa	Relleno a cielo abierto con arcillas de permabilidad k=10 <sup>-9</sup> en vaso de vertedero, extendido, humectado y compactado al 95 % del Proctor Modificado mediante equipo mecánico con compactador monocilíndrico autopropulsado, en tongadas de 20 cm de espesor, incluso material auxiliar necesario.		
2.2	DEV-D.2	m <sup>2</sup>	Geotextil inferior a la geomembrana	3,16 €	368.000	1.162.880,00 €
			Descripción completa	Geotextil basado en una lámina de fieltro no tejido, tejido o tricotado, fabricado a partir de filamentos continuos, cortado a longitudes predeterminadas. Suministro, extensión y colocación de esta lámina geotextil de protección y antipunzonamiento (SECUTEX R1204) de 1.200 g/m <sup>2</sup> y 9,5 mm de espesor, incluso partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.		
2.3	DEV-D.3	m <sup>2</sup>	Geomembrana	5,20 €	368.000	1.913.600,00 €
			Descripción completa	Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Son láminas de superficie lisa y texturada en espesores entre 0,5 y 2,5 mm, con ancho máximo de 8,5 m, todo ello según requerimiento. La texturización de la superficie de la geomembrana permite proveer a estas láminas de una excelente resistencia a la fricción. Suministro, extensión y colocación de la lámina impermeabilizante, incluso partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.		
2.4	DEV-D.4	m <sup>2</sup>	Geotextil superior a la geomembrana	3,16 €	368.000	1.162.880,00 €
			Descripción completa	Geotextil basado en una lámina de fieltro no tejido, tejido o tricotado, fabricado a partir de filamentos continuo y cortado en longitudes predeterminadas. Suministro, extensión y colocación de esta lámina geotextil de protección y antipunzonamiento (SECUTEX R1204) de 1.200 g/m <sup>2</sup> y 9,5 mm de espesor. Incluye partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.		
2.5	DEV-D.5	m <sup>3</sup>	Áridos para la capa de drenaje	12,69 €	220.800	2.801.068,80 €
			Descripción completa	Formación de capa de drenaje >0,2 m de espesor para la filtración de lixiviados mediante relleno, extendido u compactado al 95 %. Todo ello en tongadas de espesor no inferior a 20 cm, empleando siempre gravas seleccionadas y posteriormente efectuando su compactación mediante equipo mecánico. Incluye material auxiliar necesario.		
2.6	DEV-D.6	m <sup>2</sup>	Geotextil superior a la capa de drenaje	3,16 €	368.000	1.162.880,00 €
			Descripción completa	Geotextil basado en una lámina de fieltro no tejido, tejido o tricotado, fabricado a partir de filamentos continuos y cortado en longitudes predeterminadas. Suministro, extensión y colocación de esta lámina geotextil de protección y antipunzonamiento (SECUTEX R1204) de 1.200 g/m <sup>2</sup> y 9,5 mm de espesor. Incluye partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.		

<b>TOTAL PRESUPUESTO VASO</b>	<b>5.251.360,00 €</b>
-------------------------------	-----------------------

3. Capítulo III DIQUES

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
3.1	DED-G.1	m <sup>3</sup>	Áridos para la construcción del dique de fondo	12,77 €	80.539	1.028.639,26 €
			Descripción completa	Formación de dique de fondo para asegurar la estabilidad del talud del vaso, todo ello mediante relleno y extendido en tongadas de espesor no inferior a 20 cm de zahorras y posterior compactación mediante equipo mecánico. Incluye material auxiliar necesario.		
3.2	DED-G.2	m <sup>3</sup>	Áridos para la construcción del dique de la balsa de pluviales	12,77 €	879	11.232,51 €
			Descripción completa	Formación de dique de la balsa de pluviales para asegurar la estabilidad del agua acumulada y su almacenamiento, todo ello mediante relleno y extendido en tongadas de espesor no inferior a 20 cm de zahorras y posterior compactación mediante equipo mecánico. Incluye material auxiliar necesario.		
3.3	DED-G.3	m <sup>3</sup>	Áridos para la construcción del dique de la balsa de lixiviados	12,77 €	1.082	13.825,42 €
			Descripción completa	Formación de dique de la balsa de lixiviados para asegurar la estabilidad del lixiviado acumulado y su almacenamiento, todo ello mediante relleno y extendido en tongadas de espesor no inferior a 20 cm de zahorras y posterior compactación mediante equipo mecánico. Incluye material auxiliar necesario.		

<b>TOTAL PRESUPUESTO DIQUES</b>	<b>1.053.697,19 €</b>
---------------------------------	-----------------------

LABWASTE.12	PRESUPUESTO	Página 2/7
-------------	-------------	------------

#### 4. Capítulo IV CELDAS UNITARIAS

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
4.1	DECU-D.1	m <sup>2</sup>	Áridos para la capa de cobertura (previsión vida útil)	12,51 €	288.000	3.602.304,00 €
		Descripción completa	Formación de una capa de >0,10 m de espesor para cobertura de residuos mediante relleno y extendido de áridos. Todo ello en tongadas de espesor no inferior a 10 cm en el caso de arena y no inferior a 20 cm si se trata de zahorras. Incluye posterior compactación mediante equipo mecánico y todo el material auxiliar necesario.			
<b>TOTAL PRESUPUESTO CELDAS UNITARIAS</b>						<b>3.602.304,00 €</b>

#### 5. Capítulo V PLUVIALES

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
5.1	DERP-F.1	m <sup>2</sup>	Áridos para la construcción del canal.	284,88 €	3.065	873.257,44 €
		Descripción completa	Formación de muro de hormigón de hasta 20 cm de espesor medio y realizado con hormigón HRA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote o bomba. Acero UNE-EN 10080 B 500 S con una cuantía aproximada de 50 kg/m <sup>3</sup> y ejecutado en condiciones complejas. Encofrado y desencofrado a dos caras de los muros de hasta 3 m de altura con paneles metálicos modulares, todo ello con acabado tipo industrial para revestir. Incluye p/p de formación de juntas, separadores, distanciadores para encofrados y accesorios, además del tapado de los orificios resultantes tras la retirada del encofrado.			
5.2	DERP-F.2	m <sup>2</sup>	Áridos para la construcción de la cuneta.	170,88 €	302	51.666,35 €
		Descripción completa	Estabilización en superficies con georedes de polietileno de alta densidad de 660 g/m <sup>2</sup> y apertura de malla de 17x27 mm. Resistentes, ligeras y ancladas al terreno mediante grapas metálicas. Incluye apertura de zanja de 15x15 cm para anclaje en coronación de talud. Colocación con solape del 5 % Georred colocada directamente sobre la superficie estimada de la balsa. Esta capa actúa de soporte para la lámina de geotextil.			
5.3	DERP-F.3	m <sup>2</sup>	Georred	7,78 €	2.657	20.667,98 €
		Descripción completa	Estabilización en superficies con georedes de polietileno de alta densidad de 660 g/m <sup>2</sup> y apertura de malla de 17x27 mm. Resistentes, ligeras y ancladas al terreno mediante grapas metálicas. Incluye apertura de zanja de 15x15 cm para anclaje en coronación de talud. Colocación con solape del 5 % Georred colocada directamente sobre la superficie estimada de la balsa. Esta capa actúa de soporte para la lámina de geotextil.			
5.4	DERP-F.4	m <sup>2</sup>	Geotextil	3,16 €	2.657	8.394,71 €
		Descripción completa	Geotextil basado en una lámina de fieltro no tejido, tejido o tricotado, fabricado a partir de filamentos continuo y cortado en longitudes predeterminadas. Suministro, extensión y colocación de esta lámina geotextil de protección y antipunzonamiento (SECUTEX R1204) de 1.200 g/m <sup>2</sup> y 9,5 mm de espesor. Incluye partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.			
5.5	DERP-F.5	m <sup>2</sup>	Geomembrana	5,20 €	2.657	13.814,07 €
		Descripción completa	Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Son láminas de superficie lisa y texturada en espesores entre 0,5 y 2,5 mm, con ancho máximo de 8,5 m, todo ello según requerimiento. La texturización de la superficie de la geomembrana permite proveer a estas láminas de una excelente resistencia a la fricción. Suministro, extensión y colocación de la lámina impermeabilizante, incluso partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.			
<b>TOTAL PRESUPUESTO PLUVIALES</b>						<b>967.800,55 €</b>

#### 6. Capítulo VI LIXIVIADOS

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
6.1	DERL-F.1	m <sup>2</sup>	Áridos para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados.	13,03 €	6.400	83.417,60 €
		Descripción completa	Formación de muro de hormigón de hasta 20 cm de espesor medio y realizado con hormigón HRA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote o bomba. Acero UNE-EN 10080 B 500 S con una cuantía aproximada de 50 kg/m <sup>3</sup> y ejecutado en condiciones complejas. Encofrado y desencofrado a dos caras de los muros de hasta 3 m de altura con paneles metálicos modulares, todo ello con acabado tipo industrial para revestir. Incluye p/p de formación de juntas, separadores, distanciadores para encofrados y accesorios, además del tapado de los orificios resultantes tras la retirada del encofrado.			
6.2	DERL-F.2	m	Tubería de evacuación de lixiviados	11,36 €	12.800	145.408,00 €
		Descripción completa	Suministro y colocación de tubería de drenaje ranurada de PVC, de diámetro promedio 125 mm, incluso conexiones entre tubos, recibidos en arquetas, partes proporcionales de mano de obra y material auxiliar, realizado según NTE, medido entre ejes de arquetas.			
6.3	DERL-F.3	m <sup>2</sup>	Georred	7,78 €	2.164	16.833,75 €
		Descripción completa	Estabilización en superficies con georedes de polietileno de alta densidad de 660 g/m <sup>2</sup> y apertura de malla de 17x27 mm. Resistentes, ligeras y ancladas al terreno mediante grapas metálicas. Incluye apertura de zanja de 15x15 cm para anclaje en coronación de talud. Colocación con solape del 5 % Georred colocada directamente sobre la superficie estimada de la balsa. Esta capa actúa de soporte para la lámina de geotextil.			

LABWASTE.12	PRESUPUESTO	Página 3/7
-------------	-------------	------------

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
6.4	DERL-F.4	m²	Geotextil inferior a la geomembrana	3,16 €	2.164	6.837,36 €
		Descripción completa	Geotextil basado en una lámina de fieltro no tejido, tejido o tricotado, fabricado a partir de filamentos continuos, cortado a longitudes predeterminadas. Suministro, extensión y colocación de esta lámina geotextil de protección y antipunzonamiento (SECUTEX R1204) de 1.200 g/m² y 9,5 mm de espesor, incluso partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.			
6.5	DERL-F.5	m²	Geomembrana	5,20 €	2.164	11.251,35 €
		Descripción completa	Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Son láminas de superficie lisa y texturada en espesores entre 0,5 y 2,5 mm, con ancho máximo de 8,5 m, todo ello según requerimiento. La texturización de la superficie de la geomembrana permite proveer a estas láminas de una excelente resistencia a la fricción. Suministro, extensión y colocación de la lámina impermeabilizante, incluso partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.			
6.6	DERL-F.6	m²	Geotextil superior a la geomembrana	3,16 €	2.164	6.837,36 €
		Descripción completa	Geotextil basado en una lámina de fieltro no tejido, tejido o tricotado, fabricado a partir de filamentos continuo y cortado en longitudes predeterminadas. Suministro, extensión y colocación de esta lámina geotextil de protección y antipunzonamiento (SECUTEX R1204) de 1.200 g/m² y 9,5 mm de espesor. Incluye partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.			
6.7	DERL-F.7	m³	Áridos para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados.	13,03 €	325	4.230,29 €
		Descripción completa	Formación de capa de drenaje >0,2 m de espesor para la filtración de lixiviados en la construcción de la balsa, todo ello mediante relleno, extendido y compactación al 95 % de los áridos utilizados. Empleando gravas seleccionadas y realizando esta operación en tongadas de espesor no inferior a 20 cm. Posterior compactación mediante equipo mecánico, incluso material auxiliar necesario.			

<b>TOTAL PRESUPUESTO LIXIVIADOS</b>	<b>274.815,71 €</b>
-------------------------------------	---------------------

### 7. Capítulo VII BIOGÁS

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
7.1	DEPCB-F.1	m³	Áridos para los pozos de captación de biogás (previsión vida útil)	9,05 €	5.363	48.556,98 €
		Descripción completa	Metro cúbico de relleno de gravas en el espacio existente entre conducto externo e interno de los pozos de captación. Incluye regado de las mismas y partes proporcionales de medios auxiliares.			
7.2	DEPCB-F.2	ml	Tubería corrugada para los pozos de captación de biogás (previsión vida útil)	9,13 €	3.252	29.687,44 €
		Descripción completa	Suministro e instalación en pozo de captación de tubería ranurada PEAD-100 SDR17, PN 10 bar y diámetro nominal promedio de 90 mm.			
7.3	DEPCB-F.3	ml	Tubería para la captación de biogás	8,75 €	16.000	140.000,00 €
		Descripción completa	Suministro e instalación en pozo de captación de tubería ciega PEAD-100 SDR17, PN 10 bar y diámetro nominal promedio de 90 mm.			

<b>TOTAL PRESUPUESTO BIOGÁS</b>	<b>218.244,43 €</b>
---------------------------------	---------------------

### 8. Capítulo VIII CERRAMIENTOS

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
8.1	DEC-C.1	ml	Malla de simple torsión para vallado de vertedero.	14,67 €	3.300	48.411,00 €
		Descripción completa	Cercado de 2,00 m de altura realizado con malla simple torsión galvanizada en caliente de trama 50/14, tipo Teminsa y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión de 48 mm de diámetro. Incluye p.p. de postes de esquina, jabalcones, tornapuntas, tensores, grupillas y accesorios, montada i/replanteo y recibido de postes con hormigón HM-20/P/20/I de central.			
8.2	DEC-C.2	ml	Malla de simple torsión para vallado de balsa de pluviales.	12,95 €	184	2.382,33 €
		Descripción completa	Cercado de 1,80 m de altura realizado con malla simple torsión galvanizada en caliente de trama 50/14, tipo Teminsa y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión de 48 mm de diámetro. Incluye p.p. de postes de esquina, jabalcones, tornapuntas, tensores, grupillas y accesorios, montada i/replanteo y recibido de postes con hormigón HM-20/P/20/I de central.			

LABWASTE.12		PRESUPUESTO			Página 4/7	
Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
8.3	DEC-C.3	m	Malla de simple torsión para vallado de balsa de lixiviados.	12,95 €	197	2.551,26 €
	Descripción completa	Cercado de 1,80 m de altura realizado con malla simple torsión galvanizada en caliente de trama 50/14, tipo Teminsa y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión de 48 mm de diámetro. Incluye p.p. de postes de esquina, jabalcones, tornapuntas, tensores, grupillas y accesorios, montada i/replanteo y recibido de postes con hormigón HM-20/P/20/I de central.				
<b>TOTAL PRESUPUESTO CERRAMIENTOS</b>						<b>53.344,59 €</b>

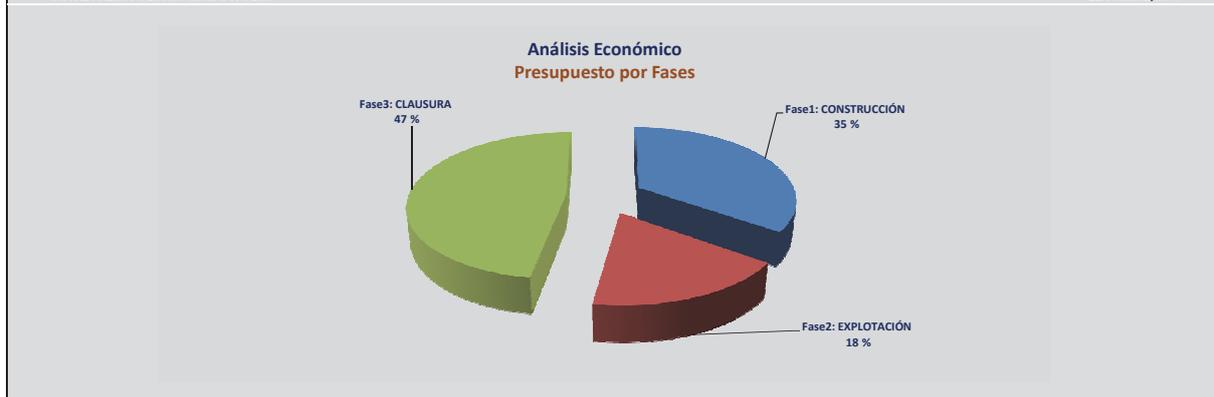
### 9. Capítulo IX CLAUSURA

Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
9.1	DECL-D.1	m³	Áridos para la capa de drenaje de gases	13,03 €	184.000	2.398.256,00 €
	Descripción completa	Formación de capa de drenaje >0,2 m de espesor para filtración de biogas, todo ello mediante relleno, extendido y compactación al 95 % de gravas seleccionadas y realizado en tongadas de espesor no inferior a 20 cm. Incluye posterior compactación mediante equipo mecánico y material auxiliar necesario.				
Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
9.2	DECL-D.2	m²	Geotextil inferior a la geomembrana	3,16 €	368.000	1.162.880,00 €
	Descripción completa	Geotextil basado en una lámina de fieltro no tejido, tejido o tricotado, fabricado a partir de filamentos continuos, cortado a longitudes predeterminadas. Suministro, extensión y colocación de esta lámina geotextil de protección y antipunzonamiento (SECUTEX R1204) de 1.200 g/m² y 9,5 mm de espesor, incluso partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.				
Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
9.3	DECL-D.3	m²	Geomembrana	5,20 €	368.000	1.913.600,00 €
	Descripción completa	Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Son láminas de superficie lisa y texturada en espesores entre 0,5 y 2,5 mm, con ancho máximo de 8,5 m, todo ello según requerimiento. La texturización de la superficie de la geomembrana permite proveer a estas láminas de una excelente resistencia a la fricción. Suministro, extensión y colocación de la lámina impermeabilizante, incluso partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.				
Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
9.4	DECL-D.4	m²	Geotextil superior a la geomembrana	3,16 €	368.000	1.162.880,00 €
	Descripción completa	Geotextil basado en una lámina de fieltro no tejido, tejido o tricotado, fabricado a partir de filamentos continuo y cortado en longitudes predeterminadas. Suministro, extensión y colocación de esta lámina geotextil de protección y antipunzonamiento (SECUTEX R1204) de 1.200 g/m² y 9,5 mm de espesor. Incluye partes proporcionales, solapes, anclajes y material auxiliar necesario.				
Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
9.5	DECL-D.5	m³	Áridos para la capa de drenaje de pluviales	13,03 €	110.400	1.438.953,60 €
	Descripción completa	Formación de capa de drenaje >0,2 m de espesor para filtración de pluviales, todo ello mediante relleno, extendido y compactación al 95% de las gravas seleccionadas y en tongadas de espesor no inferior a 20 cm. Incluye compactación mediante equipo mecánico y material auxiliar necesario.				
Nº	Referencia	Unidad	Descripción básica	Coste Unidad	Total Unidades	Coste total
9.6	DECL-D.6	m³	Tierra vegetal necesaria	8,72 €	257.600	2.245.756,80 €
	Descripción completa	Formación de capa de tierra vegetal suministrada a granel y extendida con medios mecánicos, todo ello mediante retroexcavadora. Incluye relleno y extendido en tongadas de espesor total no inferior al indicado.				
<b>TOTAL PRESUPUESTO CLAUSURA</b>						<b>10.322.326,40 €</b>

LABWASTE.12	ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO	Página 5/7
-------------	--------------------------	------------

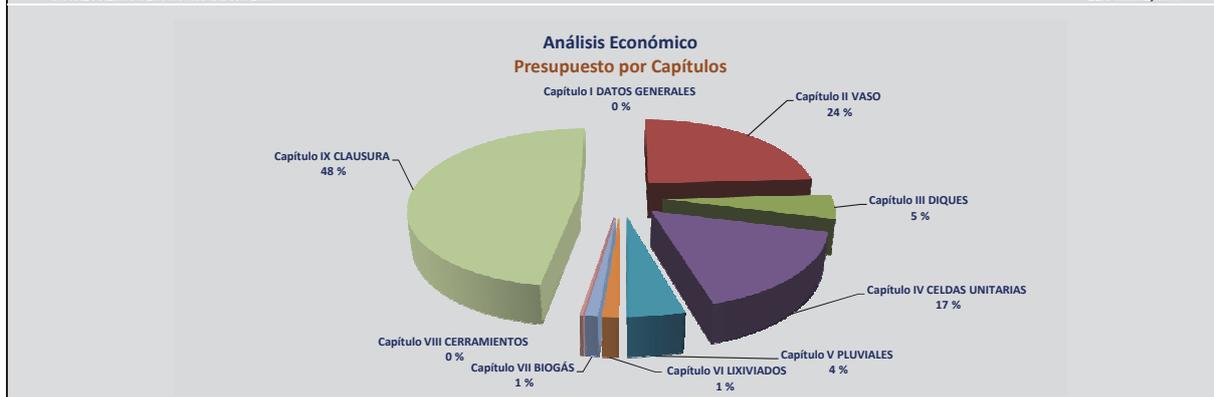
**A. RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR FASES**

1. Fase1: CONSTRUCCIÓN	7.601.018,04 €
Capítulo II VASO	5.251.360,00 €
Capítulo III DIQUES	1.053.697,19 €
Capítulo V PLUVIALES	967.800,55 €
Capítulo VI LIXIVIADOS	274.815,71 €
Capítulo VIII CERRAMIENTOS	53.344,59 €
2. Fase2: EXPLOTACIÓN	3.820.548,43 €
Capítulo IV CELDAS UNITARIAS	3.602.304,00 €
Capítulo VII BIOGÁS	218.244,43 €
3. Fase3: CLAUSURA	10.322.326,40 €
Capítulo IX CLAUSURA	10.322.326,40 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO POR CAPÍTULO</b>	<b>21.743.892,86 €</b>



**B. RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR CAPÍTULO**

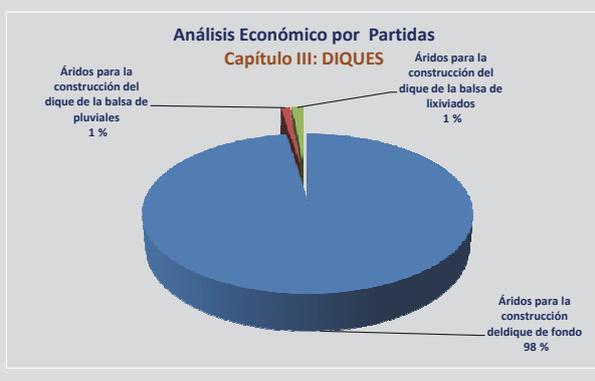
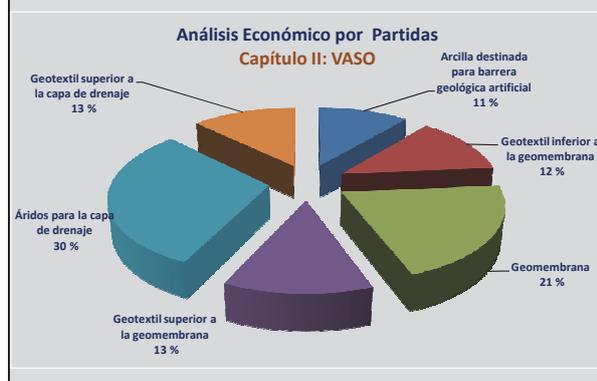
1. Capítulo I DATOS GENERALES	0,00 €
2. Capítulo II VASO	5.251.360,00 €
3. Capítulo III DIQUES	1.053.697,19 €
4. Capítulo IV CELDAS UNITARIAS	3.602.304,00 €
5. Capítulo V PLUVIALES	967.800,55 €
6. Capítulo VI LIXIVIADOS	274.815,71 €
7. Capítulo VII BIOGÁS	218.244,43 €
8. Capítulo VIII CERRAMIENTOS	53.344,59 €
9. Capítulo IX CLAUSURA	10.322.326,40 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO POR CAPÍTULO</b>	<b>21.743.892,86 €</b>

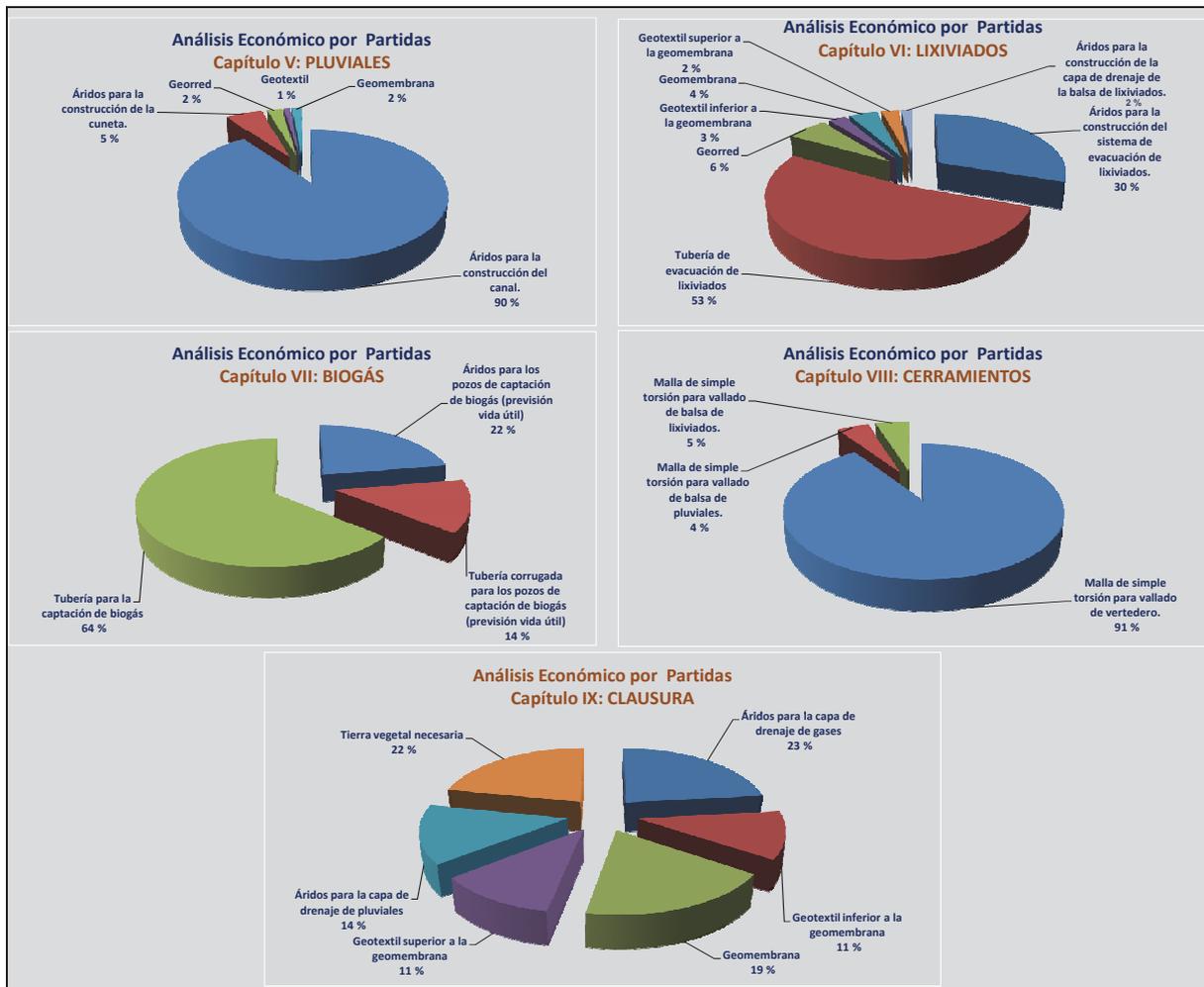


LABWASTE.12	ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO	Página 6/7
-------------	--------------------------	------------

**C. RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS Y PARTIDAS**

1. Capítulo I DATOS GENERALES	0,00 €
2. Capítulo II VASO	<b>5.251.360,00 €</b>
2.1 Arcilla destinada para barrera geológica artificial	1.012.000,00 €
2.2 Geotextil inferior a la geomembrana	1.162.880,00 €
2.3 Geomembrana	1.913.600,00 €
2.4 Geotextil superior a la geomembrana	1.162.880,00 €
2.5 Áridos para la capa de drenaje	2.801.068,80 €
2.6 Geotextil superior a la capa de drenaje	1.162.880,00 €
3. Capítulo III DIQUES	<b>1.053.697,19 €</b>
3.1 Áridos para la construcción del dique de fondo	1.028.639,26 €
3.2 Áridos para la construcción del dique de la balsa de pluviales	11.232,51 €
3.3 Áridos para la construcción del dique de la balsa de lixiviados	13.825,42 €
4. Capítulo IV CELDAS UNITARIAS	<b>3.602.304,00 €</b>
4.1 Áridos para la capa de cobertura (previsión vida útil)	3.602.304,00 €
5. Capítulo V PLUVIALES	<b>967.800,55 €</b>
5.1 Áridos para la construcción del canal.	873.257,44 €
5.2 Áridos para la construcción de la cuneta.	51.666,35 €
5.3 Georred	20.667,98 €
5.4 Geotextil	8.394,71 €
5.5 Geomembrana	13.814,07 €
6. Capítulo VI LIXIVIADOS	<b>274.815,71 €</b>
6.1 Áridos para la construcción del sistema de evacuación de lixiviados.	83.417,60 €
6.2 Tubería de evacuación de lixiviados	145.408,00 €
6.3 Georred	16.833,75 €
6.4 Geotextil inferior a la geomembrana	6.837,36 €
6.5 Geomembrana	11.251,35 €
6.6 Geotextil superior a la geomembrana	6.837,36 €
6.7 Áridos para la construcción de la capa de drenaje de la balsa de lixiviados.	4.230,29 €
7. Capítulo VII BIOGÁS	<b>218.244,43 €</b>
7.1 Áridos para los pozos de captación de biogás (previsión vida útil)	48.556,98 €
7.2 Tubería corrugada para los pozos de captación de biogás (previsión vida útil)	29.687,44 €
7.3 Tubería para la captación de biogás	140.000,00 €
8. Capítulo VIII CERRAMIENTOS	<b>53.344,59 €</b>
8.1 Malla de simple torsión para vallado de vertedero.	48.411,00 €
8.2 Malla de simple torsión para vallado de balsa de pluviales.	2.382,33 €
8.3 Malla de simple torsión para vallado de balsa de lixiviados.	2.551,26 €
9. Capítulo IX CLAUSURA	<b>10.322.326,40 €</b>
2.1 Áridos para la capa de drenaje de gases	2.398.256,00 €
2.2 Geotextil inferior a la geomembrana	1.162.880,00 €
2.3 Geomembrana	1.913.600,00 €
2.4 Geotextil superior a la geomembrana	1.162.880,00 €
2.5 Áridos para la capa de drenaje de pluviales	1.438.953,60 €
2.6 Tierra vegetal necesaria	2.245.756,80 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS</b>	<b>21.743.892,86 €</b>





**D. RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR DEMANDA DE ÁRIDOS**

Nº	Árido	Volumen (m3)	Coste total (€)
1.	Arena	288.000	3.602.304,00 €
2.	Zahorra	85.868	1.978.620,99 €
3.	Grava	527.288	6.774.483,27 €
4.	Arcilla	184.000	1.012.000,00 €
5.	Tierra Vegetal	257.600	2.245.756,80 €



## ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA



Finalizado el diseño del vertedero y comprobada toda la información introducida mediante el informe, LABWASTE.12 crea automáticamente un presupuesto que informa de los costes de la cantidad de áridos demandados, geotextiles, geomembranas, georredes, cerramientos, captación de biogás y producción de lixiviados, entre otros. Esta es, sin duda, la información más importante y, por esa razón LABWASTE.12 la incorpora en su estructura como Capítulo XI «Presupuesto».

Conocidos los valores de la demanda de áridos y del presupuesto de anteproyecto del vertedero diseñado, la herramienta de cálculo crea un documento que muestra de forma gráfica toda la información en referencia al análisis de rentabilidad.

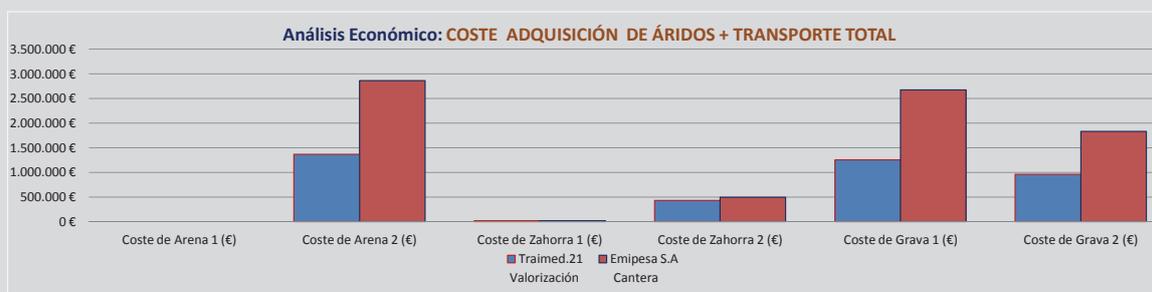
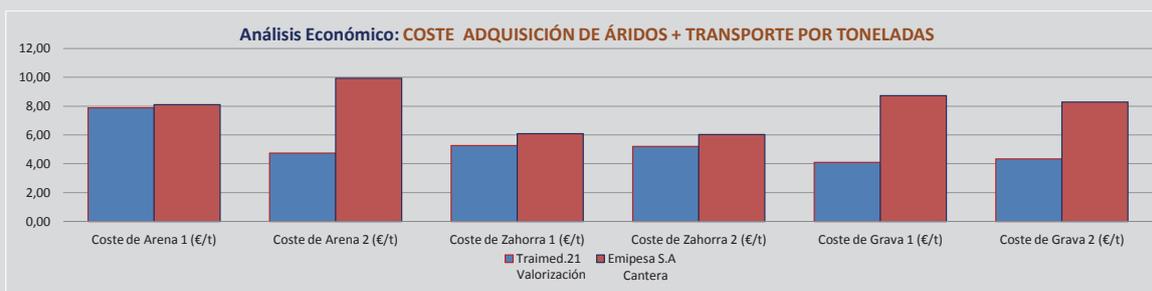
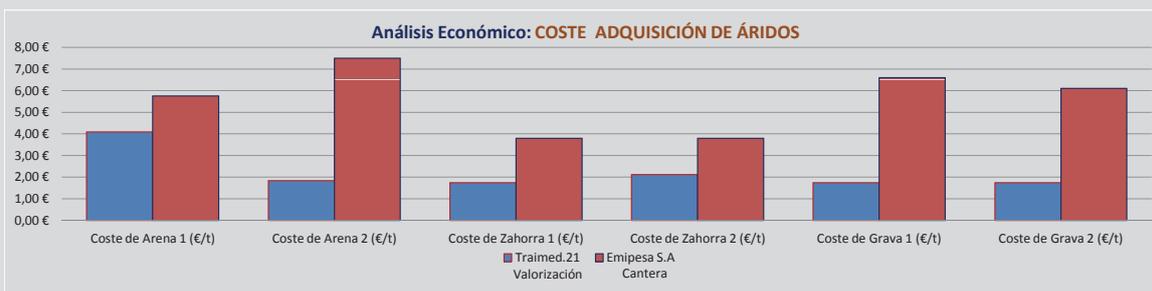
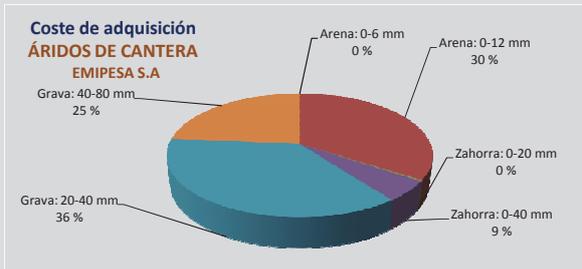
El objeto principal de este capítulo es permitir analizar de forma rápida los valores obtenidos en el diseño de anteproyecto del vertedero, concretamente, en lo que se refiere a la comparativa de las adquisiciones de áridos procedentes de plantas de valorización con respecto a las de cantera. Por todo ello, este capítulo permitirá que el usuario obtenga un análisis de la rentabilidad de estas adquisiciones y pueda seleccionar definitivamente los áridos más rentables.

Es necesario saber que los valores de las cantidades, precios unitarios de la adquisición de los áridos y de su transporte quedan plasmados automáticamente en este capítulo, sin necesidad de que el usuario introduzca ningún dato adicional. Mediante una serie de relaciones matemáticas basadas principalmente en el producto de estas cantidades y sus costes unitarios, se crean los gráficos que permiten analizar la rentabilidad en base al uso de áridos de valorización con respecto a los de cantera.



LABWASTE.12	<b>ANÁLISIS RENTABILIDAD ECONÓMICA</b>	Página 1/1
-------------	--	------------

Origen	Tipo	Áridos			Demanda de áridos			Transporte de áridos			Origen
		Granulometría (mm)	Densidad (t/m³)	Coste (t)	Volumen (m³)	Peso (t)	Coste (t)	Viajes Nº	Coste		
									€/t	€	
Cantera	Arena 1	0-6 mm	1,80	5,75 €	0	0	0 €	0	8,11 €	0 €	Cantera
	Arena 2	0-12 mm	1,75	7,50 €	288.000	504.000	3.780.000 €	11.755	9,93 €	2.859.664 €	
	Zahorra 1	0-20 mm	1,85	3,80 €	3.368	6.230	23.675 €	130	6,10 €	20.537 €	
	Zahorra 2	0-40 mm	1,90	3,80 €	82.501	156.751	595.654 €	3.102	6,04 €	498.105 €	
	Grava 1	20-40 mm	2,00	6,60 €	306.488	612.975	4.045.636 €	10.946	8,73 €	2.674.323 €	
	Grava 2	40-80 mm	1,95	6,10 €	220.800	430.560	2.626.416 €	8.088	8,28 €	1.828.273 €	
Valorización	Arena 1	0-6 mm	1,30	4,09 €	0	0	0 €	0	7,89 €	0 €	Valorización
	Arena 2	0-12 mm	1,70	1,84 €	288.000	489.600	900.864 €	12.101	4,74 €	1.366.330 €	
	Zahorra 1	0-20 mm	1,40	1,74 €	3.368	4.715	8.204 €	172	5,27 €	17.736 €	
	Zahorra 2	0-40 mm	1,60	2,12 €	82.501	132.001	279.842 €	3.683	5,21 €	429.474 €	
	Grava 1	20-40 mm	2,10	1,74 €	306.488	643.624	1.119.906 €	10.425	4,09 €	1.253.847 €	
	Grava 2	40-80 mm	1,90	1,74 €	220.800	419.520	729.965 €	8.301	4,34 €	957.940 €	



## CAPÍTULO XI

# Referencias bibliográficas



- BISHOP, A. W. y MORGENSTERN, A. (1960). «Stability Coefficients for Earth Slopes, Geotechnique», Institution of Civil Engineers, London, 10, pp. 129-150.
- BUREAU OF RECLAMATION (1980). «Manual de Tierras». Ed. Bellisco. Madrid.
- CAREY, P.; CARY, G.; DONLON, B.; HOWLEY, D. y NEALON, T. (2000). *Landfills Manual, Landfills site design*. Environmental Protection Agency. Wexford, Irlanda.
- COLOMER F. J.; FERRER, A. y GALLARDO, A. (2005). «Legislación sobre vertederos en algunos países del mundo. Análisis comparativo». II Congreso Ibérico sobre Vertederos, Málaga.
- COLOMER F. J. y GALLARDO, A. (2007). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. Limusa, México DF.
- COLOMER F. J.; GALLARDO, A.; BOVEA, M. D. y CARLOS, M. (2009a). «Evaluación del riesgo geotécnico en vertederos de residuos sólidos: identificación de los principales peligros». II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. REDISA. Barranquilla.
- COLOMER F. J.; FERRER, A.; GALLARDO, A. y BOVEA, M. D. (2009b). «Safety factor nomograms for homogeneous earth dams less than ten meters high». *Engineering Geology* 105, pp. 231-238.
- DEQ LAND QUALITY (1998). *Solid Waste Landfill Guidance Document*. Department of Environmental Quality, DEQ. 750 Front Street NE, Suite 120 Salem, OR 97310.
- DIRECTIVA 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril 1999, relativa al vertido de residuos. DOUE 16/7/1999.
- EPA, US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1993). *Solid Waste Disposal Facility Criteria. Technical Manual*. [www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/landfill/techman/intro.pdf](http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/landfill/techman/intro.pdf)
- EPA, US «First-order kinetic gas generation model parameters for wet landfills. <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P100ADRJ.PDF>
- EHRIG, H. J. (1992). *Cantidad y contenidos de lixiviados de rellenos de desechos domesticos*. PN 88.2965.6-03.100 Proyecto CEPIS/GTZ.
- FAOUR, A. A.; REINHART, D. R. y YOU, H. (2007). First-order kinetic gas generation model parameters for wet landfills. *Waste Management*, 27, pp. 946-953.
- GUYER, J. P. (2009) *Introduction to Sanitary Landfills*. Continuing Education and development, Inc. 9 Greyridge Farm Court Stony Point, NY 10980.
- HONTORIA, E. y ZAMORANO, M. (2000). *Fundamento del manejo de los residuos urbanos*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Granada.
- JANBU y NILMAR, (1967). «Discussion of paper Dimensionless Parameters for Homogeneous Earth Slopes by Bell», *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 93, pp. 367-374.
- JARAMILLO, J. (2002). «Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales». OPS/CEPIS/PUB/02.93. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <http://www.cepis.ops-oms.org>
- LAMBE, T. W. y WHITMAN, R. V. (1990). *Mecánica de suelos (Nueva edición)*. Ed. Limusa, México.
- LMOP, LANDFILL METHANE OUTREACH PROGRAM (EPA) (2010). IFG Energy Project Development Handbook. [www.epa.gov/lmop](http://www.epa.gov/lmop)
- MÁRQUEZ, L. (ed.) et al. (2011). *Residuos sólidos: un enfoque multidisciplinario*. Ed. Libros en Red. México, DF.

- OONK, J.; WEENK, A.; COOPS, O. y LUNING, L. (1994). *Validation of Landfill Gas Formation Models* Inst. of Environment and Energy Technology, Report No. 94-315.
- PIR, PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA (2010). Dirección General para el Cambio Climático. Generalitat Valenciana.
- PNIR, PLAN NACIONAL INTEGRADO DE RESIDUOS (2009) Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de 2009. BOE 26/02/2009.
- REAL DECRETO 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. BOE 29/01/2002.
- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. BOE 13/02/2008.
- RECHEA, M. (1996). *Programa de Estabilidad de Taludes*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España, n.º 1996DIC/ESP.
- SCHARF, H. y JACOBS, J. (2006). «Applying guidance for methane emission estimation for landfills». *Waste Management* 26, pp. 417-429.
- TAYLOR, D. W. (1948). *Fundamentals of soils mechanics*. Ed. Wiley, Nueva York.
- TERZAGHI, K.; PECK, R. B. y MESTRI, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley & Sons, INC. Nueva York. vol. 3.
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEYSEN, H. y VIGIL, S. (1994) *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid.
- US EPA (1998). *Solid Waste Disposal Facility Criteria Technical Manual*. Office of Solid Waste and Emergency Response (5305). U.S. Environmental Protection Agency. Washington DC.
- US EPA (2005). Landfill gas emissions model (LandGem) Version 3.02. User's Guide, EPA-600/R-05/047. Available from <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/landgem-v302-guide.pdf>, USA.
- VAN ZANITEN, B. y SCHEEPERS, M. J. J. (1995). Modelling of landfill gas potentials. Proceedings, SWANA 18<sup>th</sup> Annual Landfill Gas Symposium, Nueva Orleans, LA.
- VAQUERO, I. (2004). *Manual de Diseño y Construcción de Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos*. UD Proyectos, ETSI Minas - UPM. Madrid. pp. 360.

## Páginas web consultadas y recomendadas

Cogersa: Estructura vertederos

<http://www.cogersa.es/metaspaces/portal/14498/19204>

Agencia Estatal de Meteorología del Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente (Gobierno de España)

[www.aemet.es](http://www.aemet.es)

Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana

<http://www.cma.gva.es>

United States Environmental Protection Agency (USEPA) Wastes - Non-Hazardous Waste

<http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/landfill.htm>

SIGPAC, Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente.

<http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>

Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial, Universidad Complutense de Madrid

<http://www.ucm.es/info/cif/>

Coste de áridos: Documento Información del ministerio

<http://www.cedexmateriales.vsf.es/view/archivos/residuos/447.pdf>