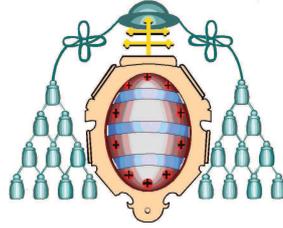


UNIVERSIDAD DE OVIEDO



DPTO. DE EXPLOTACIÓN Y PROSPECCIÓN DE MINAS

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE
DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE PARTÍCULAS EN LA
DETERMINACIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS EN MOLIENDA
MEDIANTE EL MÉTODO DE BOND”,**

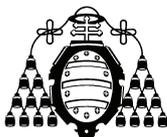
Autor: D^a. Beatriz Álvarez Rodríguez

Directores:

Dr. Juan M^a Menéndez Aguado

Dr. Alfredo L. Coello Velázquez

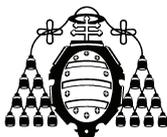
Dra. B. Rosa Dzioba



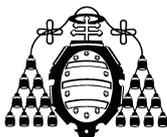
<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
Capítulo 1: Introducción y Objetivos	1
1.1.- INTRODUCCIÓN	3
1.2.- OBJETIVOS	4
Capítulo 2: Determinación de Consumos Energéticos en Molienda	7
2.1.- CONSUMOS ENERGÉTICOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES	9
2.2.- EL PROCESO DE MOLIENDA	10
2.3.- LEYES ENERGÉTICAS DE LA FRAGMENTACIÓN	11
2.3.1.- Ley de Rittinger	14
2.3.2.- Ley de Kick	15
2.3.3.- Ley de Bond	15
2.3.4.- Ley de Charles-Holmes	16
2.4.- DETERMINACIÓN DE CONSUMOS ENERGETICOS EN LABORATORIO	17
2.4.1.- Ensayo de Bond	18
2.4.2.- Método de Berry y Bruce	18
2.4.3.- Otros Métodos	20
Capítulo 3: Metodología de Bond y Modelos de Distribución de Tamaños de Partículas	21
3.1.- METODOLOGÍA DEL ÍNDICE DE BOND	23
3.1.1.- Método estándar de Bond	23
3.1.2.- Descripción detallada del ensayo	25
3.1.3.- Limitaciones y deficiencias del método	28
3.1.4.- Distribución de tamaño de partículas	29
3.1.5.- Representación de la distribución	31
3.2.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN GATES-GAUDIN-SCHUHMANN	32
3.2.1.- Ecuación de distribución de tamaños acumulados	32
3.2.2.- Ecuación de la distribución	34
3.2.3.- Evaluación de los parámetros característicos “m” y “k”	35
3.3.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN ROSIN-RAMMLER	36
3.3.1.- Ecuación de la distribución	36
3.3.2.- Comparación de las ecuaciones de los modelos Gates-Gaudin-Schuhmann y Rosin- Rammler	37
3.4.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE REPRESENTACIÓN LOG-NORMAL	38
3.4.1.- Distribución de tamaños log-probabilidad	38
3.4.2.- Ecuación de la distribución	39
3.5.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE REPRESENTACIÓN LOG-CARTESIANA	41



3.6.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE REPRESENTACIÓN CARTESIANA-CARTESIANA	42
3.7.-MODELO DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE REPRESENTACIÓN POR SPLINES	42
Capítulo 4: Ensayos Realizados y Aplicación de los Modelos de Distribución	47
4.1.- INTRODUCCIÓN	49
4.2.- MATERIALES UTILIZADOS	49
4.2.1.- Caliza	49
4.2.2.- Carbón	50
4.2.3.- Celestina	50
4.2.4.- Clinker	50
4.2.5.- Escoria	50
4.2.6.- Feldespato	51
4.2.7.- Fluorita	51
4.2.8.- Granate	51
4.2.9.- Lepidolita	51
4.2.10.- Magnetita	51
4.2.11.- Scheelita	51
4.2.12.- Sílice	52
4.2.13.- Yeso	52
4.2.14.- Zeolita	52
4.3.- ENSAYOS DE LABORATORIO	53
4.3.1.- Ejemplo de ensayo realizado	55
4.3.1.1.- Caracterización granulométrica del material	55
4.3.1.2.- Datos para el ensayo	55
4.3.1.3.- Primer ciclo	56
4.3.1.4.- Segundo ciclo	56
4.3.1.5.- Tercer ciclo	57
4.3.1.6.- Cuarto ciclo	57
4.3.1.7.- Quinto ciclo	58
4.3.1.8.- Sexto ciclo	58
4.3.1.9.- Caracterización granulométrica de los finos del último ciclo	59
4.3.1.10.- Cálculo del índice de molturabilidad	59
4.3.1.11.- Cálculo del Índice de Bond	59
4.4.- APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE REPRESENTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE F_{80} Y P_{80}	60
4.4.1.- Obtención del parámetro F_{80}	60
4.4.1.1.- Representación Gates-Gaudin-Schuhmann	60
4.4.1.2.- Representación Rosin-Rammler	61
4.4.1.3.- Representación Log-Normal	62
4.4.1.4.- Representación Log-Cartesiana	63
4.4.1.5.- Representación Cartesiana-Cartesiana	64
4.4.1.6.- Representación Splines	65
4.4.2.- Obtención del parámetro P_{80}	66
4.4.2.1.- Representación Gates-Gaudin-Schuhmann	66
4.4.2.2.- Representación Rosin-Rammler	67
4.4.2.3.- Representación Log-Normal	68
4.4.2.4.- Representación Log-Cartesiana	69



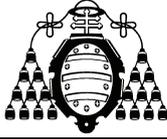
4.4.2.5.- Representación Cartesiana-Cartesiana	69
4.4.2.6.- Representación Splines	70
4.5.- INDICES DE BOND OBTENIDOS	71
4.5.1.- Mediante representación Gates-Gaudin-Schuhman	71
4.5.2.- Mediante representación Rosin-Rammler	73
4.5.3.- Mediante representación Log-Normal	75
4.5.4.- Mediante representación Log-Cartesiana	75
4.5.5.- Mediante representación Cartesiana-Cartesiana	79
4.5.6.- Mediante representación por Splines	81
4.6.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS	84
<u>Capítulo 5: Análisis de los Resultados Obtenidos</u>	87
5.1.- VALORES DE F_{80} Y P_{80}	89
5.2.- VALORES DE w_i SEGÚN EL MODELO APLICADO	93
5.3.- CÁLCULO DEL VALOR DE w_i PARA CADA ENSAYO	96
5.4.- VALORACIÓN DE LOS MODELOS APLICADOS	103
5.4.1.- Metodología propuesta	103
5.4.2.- Consideraciones	105
5.4.3.- Resultados	105
<u>Capítulo 6: Conclusiones</u>	107
<u>Capítulo 7: Líneas de Investigación Futuras</u>	111
<u>Capítulo 8: Bibliografía</u>	115
Anexo I: Ensayos de Bond Realizados	123
Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula	169
Anexo III: Equipos Utilizados	417



Anexo I: Ensayos de Bond Realizados	123
1.- RELACIÓN DE ENSAYOS	125
1.1.- Ensayo nº1	127
1.2.- Ensayo nº2	128
1.3.- Ensayo nº3	129
1.4.- Ensayo nº4	130
1.5.- Ensayo nº5	131
1.6.- Ensayo nº6	132
1.7.- Ensayo nº7	133
1.8.- Ensayo nº8	134
1.9.- Ensayo nº9	135
1.10.- Ensayo nº10	136
1.11.- Ensayo nº11	137
1.12.- Ensayo nº12	138
1.13.- Ensayo nº13	139
1.14.- Ensayo nº14	140
1.15.- Ensayo nº15	141
1.16.- Ensayo nº16	142
1.17.- Ensayo nº17	143
1.18.- Ensayo nº18	144
1.19.- Ensayo nº19	145
1.20.- Ensayo nº20	146
1.21.- Ensayo nº21	147
1.22.- Ensayo nº22	148
1.23.- Ensayo nº23	149
1.24.- Ensayo nº24	150
1.25.- Ensayo nº25	151
1.26.- Ensayo nº26	152
1.27.- Ensayo nº27	153
1.28.- Ensayo nº28	154
1.29.- Ensayo nº29	155
1.30.- Ensayo nº30	156
1.31.- Ensayo nº31	157
1.32.- Ensayo nº32	158
1.33.- Ensayo nº33	159
1.34.- Ensayo nº34	160
1.35.- Ensayo nº35	161
1.36.- Ensayo nº36	162
1.37.- Ensayo nº37	163
1.38.- Ensayo nº38	164
1.39.- Ensayo nº39	165
1.40.- Ensayo nº40	166
1.41.- Ensayo nº41	167
1.42.- Ensayo nº42	168

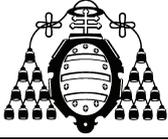


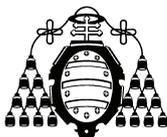
Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula	169
1.- OBTENCIÓN DEL PARÁMETRO F_{80}	171
1.1.- Representación Gates-Gaudin-Schuhmann	171
1.2.- Representación Rosin-Rammler	198
1.3.- Representación Log-Normal	226
1.4.- Representación Log-Cartesiana	241
1.5.- Representación Cartesiana-Cartesiana	255
1.6.- Representación Splines	273
1.7.- Valores del parámetro F_{80} obtenidos	296
2.- OBTENCIÓN DEL PARÁMETRO P_{80}	298
2.1.- Representación Gates-Gaudin-Schuhmann	298
2.2.- Representación Rosin-Rammler	320
2.3.- Representación Log-Normal	344
2.4.- Representación Log-Cartesiana	359
2.5.- Representación Cartesiana-Cartesiana	373
2.6.- Representación Splines	392
2.7.- Valores del parámetro F_{80} obtenidos	412
3.- RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS	414
Anexo III: Equipos Utilizados	417
1.- INTRODUCCIÓN	419
2.- MOLINO DE BOLAS	419
3.- TAMIZADORA Y TAMICES	421
4.- BALANZA	421
5.- PROBETA	422
6.- DESMUESTREADOR	423



Capítulo 1

Introducción y Objetivos





1.1.- INTRODUCCIÓN.

La actual **crisis económica** que se está viviendo a nivel mundial repercute tanto en el **sector energético** como en otros sectores de la economía.

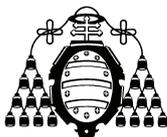
Esto ha provocado que las políticas europeas en materia de energía tiendan a instalar una economía con un consumo reducido de energía, más sostenible, más segura y más competitiva. En pos de este objetivo, la Unión Europea (UE) debe afrontar varios retos, como son el de garantizar la seguridad del suministro energético e invertir en la investigación y desarrollo en materia de eficacia energética.

Trabajos como el realizado por **Menéndez Aguado** y **Coello Velázquez** [39] demuestran cómo se está comenzando a trabajar en conjunto para introducir los conceptos de **energía sostenible** en todos los ámbitos de las empresas y en este caso, en el campo mineralúrgico.

La subida en los últimos años de los costes energéticos ha inducido la necesidad en la industria minera en general y en las plantas de beneficio en particular, de una mejora de la eficiencia de sus operaciones. Así, dentro de este planteamiento juegan un papel muy importante los procesos de molienda, debido a que suponen una partida nada desdeñable dentro del coste total de operación y de la eficacia global del proceso. En este contexto, se entiende que resulta de especial interés la posibilidad de **predicción del consumo energético** en el que se puede incurrir en las operaciones de fragmentación, a la hora de diseñar o incluso optimizar operaciones de este tipo.

Para caracterizar y predecir el consumo energético de la molienda de diversos materiales, se acepta, de manera generalizada y como referente comparativo en primera instancia, la metodología propuesta por **Fred Bond** [7] en 1961.

Bond calcula en **Índice de Bond** o Índice de Trabajo (w_i), el cual predice el consumo energético (kWh/t) en la reducción de tamaño del mineral en un molino. Si bien la metodología propuesta por Bond indica claramente los pasos a seguir, no hace hincapié en la incidencia y/o influencia en la variabilidad de éste, según las metodologías empleadas para determinar los parámetros característicos, que exige la ecuación correspondiente. Lo mismo podemos decir respecto a la influencia de otras variables, entre ellas, malla de corte, porcentaje de finos, carga de bolas, mineralogía, etc. Dos parámetros decisivos son el F_{80} y el P_{80} (tamaño de material por el cual pasa el 80% de la alimentación o del material molido respectivamente), para los cuales hay que conocer la ley que sigue la curva de distribución granulométrica y/o realizar una interpolación.



Las curvas de distribución granulométrica representan el porcentaje de pasante acumulado (o rechazo acumulado) versus el tamaño de partícula (normalmente en micras).

Fred Bond [7] propone **evaluar la distribución del tamaño de partícula** mediante su representación en papel log-log, a la vez que también menciona que dicha distribución puede seguir la ley definida por **Gates-Gaudin-Schuhmann**. Después de varios estudios llega a la conclusión de que la distribución de tamaños de partículas sigue una ley tipo exponencial pero con un exponente variable. Menciona un método de representación gráfica de una distribución de tamaños exponencial, pero para el caso concreto de materiales homogéneos. Ambos tienen sus ventajas e inconvenientes con sus correspondientes errores a la hora de obtener el valor de F_{80} y P_{80} .

En el campo mineralúrgico se habla también de la representación de curvas granulométricas que siguen la ecuación dada por **Rosin-Rammler** y de varios métodos de interpolación y/o representaciones.

La bibliografía en el campo de análisis de distribución de tamaños de partículas menciona los modelos de Gates-Gaudin-Schuhmann [7, 32, 29, 43, 46, 55] y Rosin-Rammler [33, 29, 43, 46, 55], haciendo una comparativa entre ellos para ver cuál se asemeja más a los datos obtenidos en un caso concreto. Estos modelos se aproximan mucho a los valores de laboratorio para tamaños de partícula finos, pero se alejan en los tamaños gruesos, que es la zona en la que se encuentran los valores F_{80} y P_{80} .

Por ello, algunos investigadores han optado por estudiar también la distribución granulométrica representándola en escala **log-normal** [29, 44, 46, 55] e incluso mediante **Splines** [44] para obtener valores de tamaño concretos.

Los datos obtenidos de laboratorio se pueden representar directamente en escala **cartesiana-cartesiana** (o doble cartesiana) y pasarla posteriormente a escala **log-cartesiana**, ya que es de esta manera cómo se representan las distribuciones granulométricas.

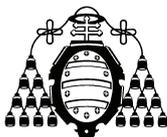
Estos modelos podrán ser tenidos en cuenta en las investigaciones a cerca de la simulación del Índice de Bond, como en los trabajos realizados por **Menéndez Aguado, Coello y Dzioba** [38].

1.2.- OBJETIVOS.

Por lo expuesto anteriormente, el **objetivo general** de la presente tesis consiste en evaluar los diferentes modelos de representación de distribuciones granulométricas que se pueden utilizar para obtener mediante interpolación, el tamaño característico de las partículas (d_{80}); y su influencia en el valor final del Índice de Bond.

Como **objetivos específicos** se estudiarán:

- variación de F_{80} (tamaño correspondiente al 80% de pasante de la alimentación fresca) en función del modelo de distribución de tamaño de partículas.
- variación de P_{80} (tamaño correspondiente al 80% de pasante del producto final) en función del modelo de distribución de tamaño de partículas.
- influencia global de los dos parámetros anteriormente citados en el valor final del Índice de Bond.



Los modelos de distribución de tamaños de partículas que se tendrán en cuenta son el Gates-Gaudin-Schuhmann, Rosin-Rammler, log-Normal, doble cartesiana, log-cartesiana y Splines.

En el **capítulo segundo**, titulado *“Determinación de consumos energéticos en molienda”* se hace un repaso de los métodos empleados en el procesamiento de minerales, concretamente en la molienda en molinos de bolas.

En el **capítulo tercero**, titulado *“Metodología de Bond y modelos de distribución de tamaños de partículas”*, se hace una descripción detallada del método definido por Fred Bond para la determinación del “Índice de Trabajo” (o Índice de Bond), en particular para molinos de bolas. Se describen también los diferentes modelos de distribución de tamaños de partículas que se aplicarán en el presente trabajo.

En el **capítulo cuarto**, titulado *“Ensayos realizados y aplicación de los modelos de distribución”*, se recogen los ensayos realizados en el laboratorio para el cálculo del Índice de Bond y la aplicación de los distintos modelos para cada ensayo realizado. Se resumen al final del capítulo los resultados obtenidos para cada ensayo y modelo aplicado.

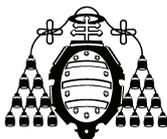
En el **capítulo quinto**, titulado *“Análisis de los resultados obtenidos”*, se analizan los datos en conjunto, obtenidos del capítulo anterior, para estudiar la influencia de los mismos en el cálculo del Índice de Bond.

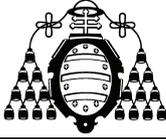
En el **capítulo sexto**, titulado *“Conclusiones”*, se detalla la conclusión a la que se ha llegado después del estudio y análisis de los resultados obtenidos.

En el **capítulo séptimo**, titulado *“Líneas de investigación futuras”*, se proponen caminos a seguir para la mejora de la efectividad en el cálculo de Índice de Bond.

Por último, el **capítulo octavo**, titulado *“Bibliografía”*, recoge las referencias bibliográficas que se han mencionado en la presente tesis, así como consultas adicionales.

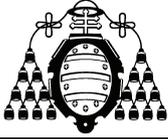
Al final se encuentran el **Anexo I** (detalla los Índices de Bond realizados en el laboratorio), el **Anexo II** (cálculos llevados a cabo) y el **Anexo III** (descripción de los equipos de laboratorio utilizados).

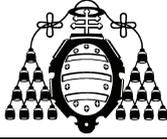




Capítulo 2

Determinación de Consumos Energéticos en Molienda





2.1.- CONSUMOS ENERGÉTICOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES.

El principal fin de una planta de tratamiento de minerales es la transformación del todo-uno, obtenido de las labores mineras, en concentrados metálicos. Mediante operaciones de **trituration y molienda**, operaciones esenciales dentro de cualquier esquema general de operación de una planta de beneficio, se liberan los constituyentes de la mena para la obtención de estos concentrados. Con este tipo de operaciones se pretende obtener los siguientes objetivos:

- Asegurar una ley mínima de metal en el concentrado metálico.
- Eliminar la mayor cantidad de estériles presentes en la mena bruta.
- Evitar el transporte de estos.

Las plantas de tratamiento de minerales se caracterizan por tener unos **consumos energéticos muy elevados**. En la siguiente figura se representa una distribución típica del consumo de energía de una planta de tratamiento por flotación, mostrando las operaciones de preparación de mineral (trituration y molienda), las operaciones de concentración (incluyendo los costes de transporte de material, concentración propiamente dicha por flotación, desaguado y secado del concentrado, etc.), y los consumos en servicios generales (alumbrado, suministro de agua, calefacción, etc.).

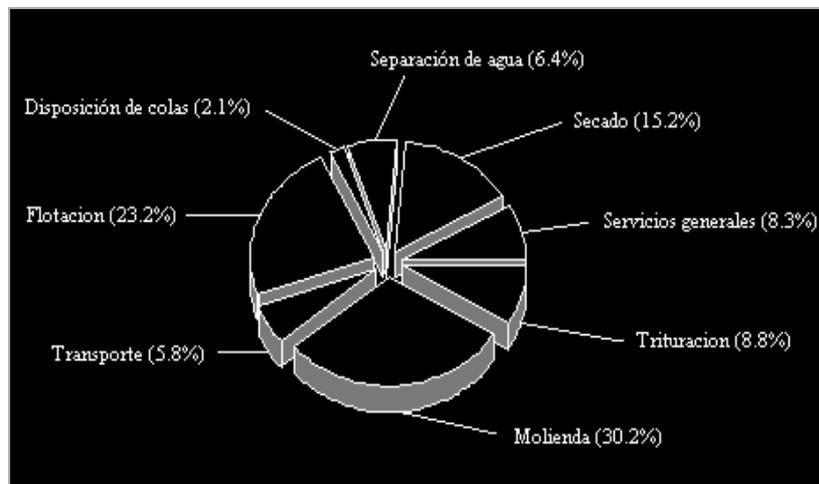
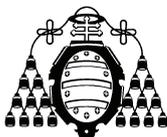


Figura 2.1.- Distribución típica de consumos energéticos en una planta de tratamiento [27]



Como se ve en la figura anterior los procesos de conminución, y en especial los procesos de molienda, juegan un papel importante dentro de las plantas de beneficio, debido a que suponen una partida nada desdeñable dentro del coste total de operación y de la eficacia global del proceso, pudiendo llegar a alcanzar el **50%** del consumo energético total en el procesamiento de minerales.

Por esta razón y debido a la subida en los últimos años de los costes energéticos, las variaciones de los precios de mercado de los concentrados metálicos y a las penalizaciones ambientales por el uso de la energía, han inducido en la industria minera en general y en las plantas de beneficio en particular, la necesidad de una mejora de la eficiencia de sus operaciones, enfocando dicha mejora sobre el **rendimiento energético** de estas.

En este contexto, se entiende que resulta de especial interés la posibilidad de **predicción del consumo energético** en el que se puede incurrir en las operaciones de fragmentación, a la hora de diseñar o incluso optimizar operaciones de este tipo.

En este sentido se han dirigido grandes esfuerzos investigadores, ya desde mediados del siglo XX, para caracterizar el comportamiento energético ante la fragmentación de los diversos materiales, siendo de aceptación práctica generalizada y como referente comparativo en primera instancia la metodología propuesta por **Fred Bond** [7] en 1961, dada la gran cantidad de información y datos obtenidos de su análisis.

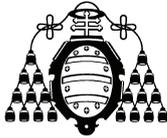
2.2.- EL PROCESO DE MOLIENDA.

La molienda es la última etapa del proceso de conminución (trituración y molienda), cuyo objetivo es la reducción mecánica del tamaño de los materiales suministrados por la etapa de trituración, hasta el punto de conseguir la liberación de los minerales de interés.

En la molienda las partículas comprendidas entre **5** y **250** mm son reducidas hasta unos tamaños comprendidos entre **10** y **300** μm . La fragmentación del mineral se produce gracias a la presión, los impactos y la erosión, o lo que es lo mismo, gracias a los mecanismos básicos de molienda que son los siguientes:

- **Impacto**: la fragmentación se consigue por golpes y rebotes.
- **Fricción (presión y cizallamiento)**: la molienda se logra cuando las partículas más pequeñas son apretadas o cizalladas entre las partículas grandes y por la presión de la molienda.
- **Erosión (desgaste superficial)**: las partículas grandes y medianas se reducen por desgaste superficial.

Esta etapa requiere de una gran inversión de capital, además de ser el área de mayor consumo energético (hasta el 50% del total) y de mayor consumo de materiales resistentes al desgaste en una planta de procesamiento de minerales. Como se ve en la figura 2.1 del apartado anterior, donde se representa una distribución típica del consumo energético en una planta de tratamiento por flotación, la etapa de molienda supone, aproximadamente, una tercera parte del consumo total de energía.



Al ser la etapa con mayor coste global, la molienda debe estar estrechamente controlada para garantizar el tamaño óptimo de molienda. La figura 2.2 representa una curva de optimización para un tamaño óptimo de molienda a un coste razonable.

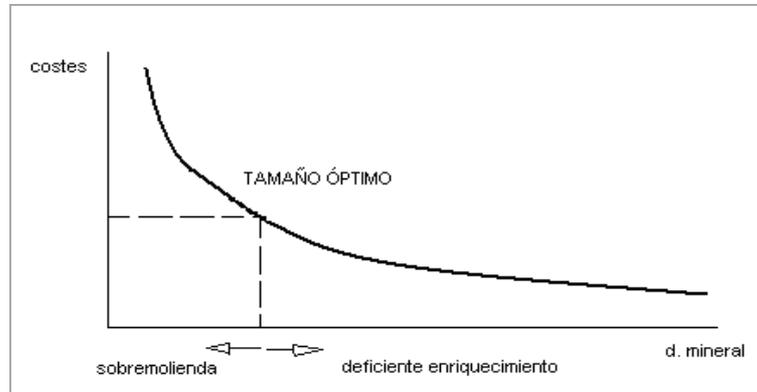


Figura 2.2.- Curva de optimización [27].

Como se ve en la figura anterior, si nos desviamos hacia la izquierda, obtendríamos un tamaño de producto muy fino pero con unos costes muy elevados. Si la desviación es hacia la derecha, los costes se reducirán pero tendremos un deficiente enriquecimiento. Por lo tanto cualquier desviación hacia un extremo u otro es indeseable para la obtención de un tamaño óptimo de molienda a un precio razonable.

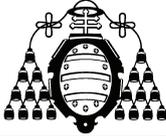
La molienda puede ser entendida de varias formas, sin embargo, la más habitual en los procesos industriales de alta capacidad es la molienda mediante el uso de molinos de tipo cilíndrico, constituidos por una carcasa cilíndrica revestida internamente, en cuyo interior se disponen materiales molidores (bolas, barras, guijarros, etc.) para reducir el material.

2.3.- LEYES ENERGÉTICAS DE LA FRAGMENTACIÓN.

Se puede decir que las ecuaciones básicas que rigen el fenómeno de la reducción de tamaño no están perfectamente definidas, siendo quizás el motivo principal el hecho de que la conminución trata con sólidos en los que existe un complejo equilibrio entre enlaces cohesivos y acciones repulsivas a nivel atómico y molecular.

La rotura es claramente producida por esfuerzos de tracción. En el caso de los esfuerzos de compresión, aunque tienden a acercar más los núcleos, la rotura se produce porque generan esfuerzos de tracción en la partícula. Cuando la compresión va acompañada de esfuerzo cortante, hay una tendencia al deslizamiento de unas capas de átomos sobre otras, y si el esfuerzo cortante es suficiente, se produce la rotura de la partícula.

Como es bien sabido, la rotura puede ser producida por métodos térmicos solamente, ya que el aumento de temperatura implica un aumento de la distancia atómica media, a la vez que un aumento en la amplitud de la vibración atómica. Esto se manifiesta en una expansión térmica, y la expansión térmica diferencial de las diferentes especies lleva a la rotura. De forma similar se puede favorecer la rotura por medios químicos, debido a la diferente susceptibilidad al ataque químico que presentan los enlaces tensionados entre átomos y moléculas y los enlaces no tensionados.



Durante años, los investigadores han intentado determinar la energía requerida para la rotura de las rocas. Desde el punto de vista de la metalurgia, este interés radica en la necesidad de liberar el mineral encajado en la roca. Ha sido observado que en el proceso de reducción de tamaño, al disminuir el tamaño de partículas el área superficial de las partículas aumenta. Por ello, una medida del tamaño o del área superficial de partículas antes y después del proceso de reducción debería indicar la energía requerida en el proceso de conminución. De ahí que si "E" es la energía usada para la reducción de tamaño deseada, el cual produjo un cambio en el área superficial "S", se ha llegado a la expresión genérica desarrollada por **Hukki** [23] a partir de las leyes de **Charles** y **Holmes**:

$$dE = k[S^n dS] \quad [\text{Ec. 2.1}]$$

Donde "k" es una constante que depende de la resistencia a compresión de la roca. El valor de "n" ha sido determinado por diferentes trabajos como:

n= -2 (para la Ley de Rittinger)

n= -1 (para la Ley Kick)

n= -1,5 (para la Ley Bond)

Se ha observado que la expresión de Rittinger, n= -2, es mas aplicable a tamaños de molienda gruesa mientras que la de Kick, n= -1, es mas apropiado a tamaños de molienda mas fina. El valor intermedio de Bond, n= -1,5, cubre casi toda la gama de partículas.

Sustituyendo n= -1,5 en la ecuación anterior y a continuación integrando entre el tamaño de partículas de la alimentación, "F", y el tamaño de partículas producidas, "P", se obtiene la **ecuación general de Bond** de la energía requerida en la reducción de tamaño:

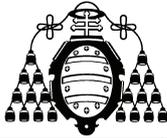
$$E = 2K \left[\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right] \quad [\text{Ec. 2.2}]$$

Donde "K" es una constante que depende de las características del mineral. Para tamaños de reducción del mineral en un proceso de reducción en circuito cerrado, Bond derivó la **energía específica para molienda** como:

$$E_G = 10 \cdot w_i \left[\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right] \quad (\text{kWh/t}) \quad [\text{Ec. 2.3}]$$

La ecuación anterior es el resultado fundamental del trabajo de Bond y ha sido aceptada universalmente. La fórmula de Bond tiene las dimensiones en toneladas cortas (sht), por lo que al resultado hay que aplicarle un factor de conversión (1,112) para obtener el resultado en toneladas (t). En la práctica en vez de un tamaño específico de alimentación, se generan gran variedad de tamaños de partículas como resultado de voladuras, los cuales se someterán al proceso de reducción. Como resultado de la trituración se obtiene un producto de tamaños más pequeños los cuales se introducirán en el siguiente proceso de reducción, la molienda.

Por lo tanto, en la ecuación anterior Bond considera el trabajo como la energía requerida para la reducción de las partículas de alimentación con un determinado F_{80} a un tamaño de partícula en el producto con un determinado P_{80} .



La forma final de la **ecuación de Bond** para la reducción de tamaño de una masa (M_F) de alimentación en circuito cerrado de molienda tiene la siguiente forma:

$$E_G = 10 \cdot w_i \left[\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right] M_F \quad (\text{kWh}) \quad [\text{Ec. 2.4}]$$

Donde:

F: tamaño de partícula correspondiente a un 80% de pasante en la alimentación expresado en micras (F_{80})

P: tamaño de partícula correspondiente a un 80% de pasante en el producto expresado en micras (P_{80})

w_i : es una constante que depende del mineral. Es conocido como **Índice de Trabajo** o **Índice de Bond** (representa el trabajo requerido para reducir el mineral de un tamaño infinito a 100 μm).

M_F : masa, en toneladas.

El valor de w_i puede considerarse independiente de cualquier clasificador presente en el circuito. Los términos “F” y “P” se suelen expresar como “ F_{80} ” y “ P_{80} ”, donde los subíndices indican el porcentaje de pasante considerado para definir los tamaños de alimentación y producto respectivamente. Los términos $\frac{10}{\sqrt{F}}$ y $\frac{10}{\sqrt{P}}$ son adimensionales por que el 10 tiene unidades.

Por definición, la energía específica de molienda es la energía requerida por unidad de masa de roca en el proceso de reducción. La **energía de molienda específica** para una partícula de mineral se expresa como:

$$E_G = 10 \cdot w_i \left[\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right] \quad (\text{kWh/t}) \quad [\text{Ec 2.5}]$$

La energía de molienda específica en la **ecuación de Bond**:

$$E_G = 10 \cdot w_i \left[\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right] \quad [\text{Ec. 2.6}]$$

La energía de molienda, E_G , requerida para la reducción de tamaño de las rocas en molinos industriales se basa en la energía del eje del molino, P_M , y en su capacidad de molienda, Q . La relación entre ambos parámetros es la siguiente:

$$E_G = \frac{\text{energía del molino}}{\text{capacidad de molienda}} = \frac{P_M}{Q}$$



Por lo tanto, para cualquier roca puede determinarse la energía requerida para la conminución conociendo su Índice de Trabajo (w_i).

A continuación se expone cronológicamente una revisión de las leyes clásicas que relacionan la energía de rotura con parámetros simples.

2.3.1.- Ley de Rittinger.

Rittinger postuló en 1867, que el área de nueva superficie producida es proporcional a la energía consumida en la reducción de tamaño. Como el área de la superficie de una tonelada de partículas de diámetro uniforme d es proporcional a $1/d$, la ley de Rittinger se expresará como sigue:

$$W = K_R \cdot \left(\frac{1}{d_{80}} - \frac{1}{D_{80}} \right) \quad [\text{Ec. 2.7}]$$

Siendo d_{80} y D_{80} tamaños característicos de producto y alimentación, respectivamente.

Expresado en términos de utilización energética:

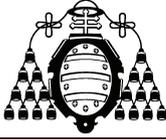
$$E_{ee} \alpha \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) = K_1 \cdot \Delta s \quad [\text{Ec. 2.8}]$$

$$\Delta s \frac{\Delta s}{E_{ee}} = K_1 = cte. \quad [\text{Ec. 2.9}]$$

2.3.2.- Ley de Kick.

En 1885 **Kick** afirmó que para cualquier unidad de masa de material, la energía necesaria para producir una relación de reducción dada es constante, sin importar el tamaño que pudiera tener originalmente la partícula.

Sea K_2 la energía específica aplicada para una reducción de tamaño desde D hasta $d=D/2$, esto representa un paso de reducción. Si r pasos son precisos para una reducción de tamaño de D/n , entonces $n=2^r$ o bien $r = \text{Log } n / \text{Log } 2$. Por tanto la energía necesaria es $K_2 \cdot (\text{Log } n / \text{Log } 2) = K_3 \text{Log } n$, o de forma más general para una relación de reducción $n = D/d$:



$$W = K_K \cdot \log\left(\frac{D}{d}\right) = K_K \cdot (\log D - \log d) \quad [\text{Ec. 2.10}]$$

En términos de utilización energética:

$$E_{ee} = K_3 \cdot \log\left(\frac{D}{d}\right) = K_3 \cdot (\log D - \log d) \quad [\text{Ec. 2.11}]$$

La ley quedaría así:

$$\frac{D}{d} = \exp\left(\frac{E_{ee}}{K_3}\right)$$

Como:

$$\Delta s = K_4 \cdot \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D}\right) = \frac{K_4}{D} \cdot \left(\frac{D}{d} - 1\right)$$

Entonces:

$$\frac{\Delta s}{E_{ee}} = \frac{K_4}{E_{ee} \cdot D} (\exp(E_{ee}/K_3) - 1) \quad [\text{Ec. 2.12}]$$

2.3.3.- Ley de Bond.

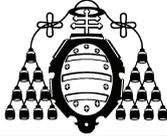
Bond [6] concluyó en 1952, que el trabajo necesario para romper un cubo de lado d es proporcional al volumen d^3 de dicho cubo; pero al formarse la primera grieta, la energía fluye a las nuevas superficies resultantes, que serán proporcionales a d^2 . Cuando se produce la rotura de una partícula de forma irregular, la energía de deformación se distribuye irregularmente según dicho autor, y por tanto la energía requerida para la rotura está entre d^3 y d^2 , siendo la media geométrica $d^{2.5}$, un compromiso entre Kick y Rittinger. Como el número de partículas con, supuestamente, la misma forma, es proporcional a $1/d^3$, el trabajo necesario para romper la unidad de volumen será $d^{2.5}/d^3 = 1/\sqrt{d}$. Así, en este caso se puede escribir:

$$E_{ee} = K_5 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{D}}\right) \quad [\text{Ec. 2.13}]$$

Bond definió el “Índice de Trabajo” o Índice de Bond como:

$$w_i = K_5 \cdot \frac{1}{\sqrt{100}} \quad [\text{Ec. 2.14}]$$

Que será la energía total requerida para reducir el tamaño de un mineral desde un tamaño teóricamente infinito hasta un producto con un 80% inferior a 100 micras. Sustituyendo, se obtiene la conocida fórmula de Bond:



$$E_{ee} \equiv W = w_i \cdot 10 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{D}} \right) \quad [\text{Ec. 2.15}]$$

En la que d y D son expresados en micras y corresponden al tamaño por el que pasa el 80% de producto y alimentación respectivamente.

También en este caso se puede expresar la ley de Bond en términos de utilización energética (Rose, 1972):

$$\frac{\Delta s}{E_{ec}} = \frac{1}{K_6} E_{ec} + \frac{1}{K_7} \cdot \frac{1}{\sqrt{D}} \quad [\text{Ec. 2.16}]$$

2.3.4.- Ley de Charles-Holmes.

En 1957, de manera independiente, el americano **Charles** y el británico **Holmes** propusieron una generalización de las leyes anteriores, resumiéndolas en una sola, que según **Hukki** [23] (1975) podría expresarse así:

$$dW = -C \cdot \frac{dx}{x^n} \quad [\text{Ec. 2.17}]$$

En la que “ C ” es una constante, y “ n ” toma los valores de 1 para la Ley de Kick, 2 para la ley de Rittinger y 1.5 para la Ley de Bond.

Según el propio Hukki, la Ley de Kick resultaría adecuada para partículas de tamaño superiores a 1 cm, lo que corresponde con el ámbito de la trituración. La Ley de Bond sería aplicable con mayor precisión en el rango correspondiente a la molienda convencional en molinos de barras y de bolas; finalmente, la Ley de Rittinger se aplicaría en el rango de la molienda fina. Lógicamente, hay un solapamiento de rangos entre cada dos leyes, de forma que a determinados tamaños, en teoría, podría aplicarse cualquiera de ambas con igual validez.

En la figura 2.3 se realiza una representación comparativa de la ley diferencial general y las tres leyes clásicas.

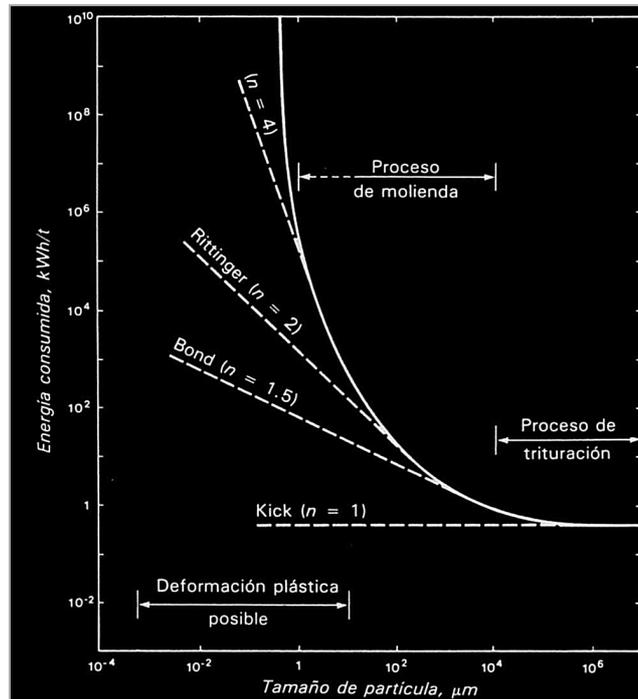


Figura 2.3.- Comparación gráfica de las leyes de la fragmentación [23]

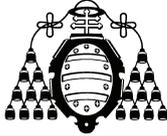
2.4.- DETERMINACIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS EN LABORATORIO.

Desde los primeros años de aplicación industrial de los procesos de conminución al campo del beneficio de minerales, se pudo constatar la importancia del **consumo de energía específico** como parámetro controlante de la reducción de tamaño y granulometría final del producto en cada etapa de conminución.

En términos generales, la energía consumida en los procesos de trituración y molienda se encuentra estrechamente ligada al grado de reducción de tamaño alcanzado por las partículas en la correspondiente etapa de conminución, incluso a pesar de que la eficiencia energética de estos procesos rara vez supera el 10% del total de energía mecánica suministrada a los mismos.

Los investigadores **Rose** y **Sullivan** [50] demostraron que en las etapas de trituración y molienda convencional la energía mecánica transferida a las partículas de un mineral supera entre 100 y 1000 veces el consumo teórico de energía requerida para crear nuevas superficies. Así, menos del 1% del total de la energía suministrada al equipo de conminución es efectivamente empleada en la fragmentación de las partículas.

En general, se ha logrado establecer que gran parte de la energía mecánica suministrada a un proceso de conminución se consume en una serie de partidas, como las que se citan a continuación:



- Deformaciones elásticas de las partículas antes de romperse.
- Deformaciones plásticas de las partículas, que pueden originar posteriormente la fragmentación de las mismas.
- Fricción entre las partículas.
- Vencimiento de la inercia de las piezas de la máquina.
- Deformaciones elásticas de la máquina.
- Disipamiento de la energía en forma de ruido, calor o vibraciones en la instalación.
- Generación de electricidad.
- Roce entre partículas y piezas de la máquina.
- Pérdidas de eficiencia en la transmisión de energía eléctrica y mecánica

Lo expuesto anteriormente de una forma breve pretende poner en relieve la necesidad de establecer relaciones válidas entre la energía específica (kWh/t) consumida en un proceso de conminución, y la correspondiente reducción de tamaño alcanzada en dicho proceso, con el fin de determinar la eficiencia energética de los respectivos equipos, facilitar su apropiada selección y realizar de manera correcta su dimensionamiento a escala industrial.

Bond [7] introdujo como parámetro característico de la energía específica de fragmentación, el llamado **Índice de Trabajo** o **Índice de Bond**. En este capítulo se realiza una exposición de las diferentes metodologías de ensayo para la determinación del índice de trabajo en molienda, es decir, una manera de predecir en el laboratorio los consumos energéticos.

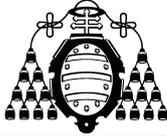
2.4.1.- Ensayo de Bond.

El ensayo para calcular en Índice de Bond [7], se desarrolla en el capítulo 3. En concreto, se describe la metodología que propuso Bond para predecir el consumo energético en la reducción de minerales. En su trabajo original, la reducción de tamaño del mineral se puede realizar mediante molinos de bolas o de barras. El presente trabajo se centra en la molienda para el caso de **molinos de bolas**.

2.4.2.- Método de Berry y Bruce.

La determinación de la triturabilidad está basada en la realización de ensayos de acuerdo con un procedimiento estricto y con un equipo determinado. Bond desarrolló varios métodos para la predicción de los requerimientos energéticos en molinos de bolas y de barras que aportan una medida bastante exacta de la molturabilidad de una mena.

Sin embargo, la realización de un ensayo por el método de Bond encierra ciertas dificultades e inconvenientes:



- Se necesita disponer de un molino de bolas estándar según describe Bond, lo cual puede no ser posible
- Requiere unos 10 kg de muestra para cada ensayo, con una preparación especial de la misma.

Cada ensayo precisa bastante tiempo (del orden de 1 a 2 días de trabajo de un técnico especializado). Esto ha llevado al desarrollo de otros métodos de carácter indirecto. Entre ellos tenemos el descrito en 1966 por **Berry y Bruce** [4]; se trata de un método comparativo, y que se apoya en la ecuación dada por Bond. La comparación se establece entre el mineral estudiado y un mineral de referencia de molidurabilidad conocida, como veremos a continuación. Las condiciones operacionales para realizar este ensayo no son restrictivas, y pueden aplicarse las que el operario crea más convenientes, con tal de que realice la comparación entre las muestras con ensayos realizados en las mismas condiciones; esto supone una importante ventaja, pues se permite gran flexibilidad en cuanto al tamaño del molino, el número de revoluciones que debe girar, la carga de bolas y la cantidad de muestra ensayada.

Este método consta de las siguientes etapas:

1. Se realiza el análisis granulométrico de la muestra de referencia para conocer su d_{80} (que denotaremos F_{80R}).
2. Se muele la muestra de referencia durante un determinado intervalo de tiempo, anotando el correspondiente consumo energético; para ello se precisa de la utilización de un aparato medidor de consumos.
3. Se efectúa el análisis granulométrico del producto obtenido en la molienda del material de referencia para conocer su d_{80} (que denotaremos P_{80R})
4. Se opera de forma análoga con la muestra del mineral cuya triturabilidad queremos conocer; primero se hace el análisis granulométrico y se calcula el D_{80} (que denotamos como F_{80M}).
5. Después, se realiza la molienda de la muestra estudiada durante el tiempo necesario para que el consumo energético sea idéntico al empleado con la muestra de referencia.
6. Y, finalmente, se realiza el análisis granulométrico del producto obtenido al moler la muestra en estudio, obteniendo así su d_{80} (que denotaremos como P_{80M}).

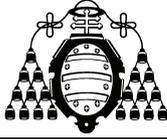
De esta forma, como los consumos son iguales, se pueden igualar las ecuaciones de Bond correspondientes a cada material:

$$W_R = w_{iR} \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80R}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80R}}} \right) \quad [\text{Ec. 2.18}]$$

$$W_M = w_{iM} \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80M}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80M}}} \right) \quad [\text{Ec. 2.19}]$$

Como $W_R = W_M$ entonces:

$$w_{iM} = w_{iR} \frac{\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80R}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80R}}} \right)}{\left(\frac{10}{\sqrt{P_{80M}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80M}}} \right)} \quad [\text{Ec. 2.20}]$$



Donde se expresan los d_{80} en micras y los índices de trabajo en kWh/sht.

Ahora ya podemos obtener el Índice de Bond de la muestra en estudio, w_{iR} , pues conocemos todos los datos.

Por este método se obtienen unos valores bastante fiables de los Índices de Bond, siempre que el material de referencia y el del ensayo tengan una distribución granulométrica lo más parecida posible; en el caso de que estas distribuciones sean sensiblemente diferentes no se garantiza la validez teórica y práctica de la ecuación anterior.

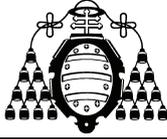
Por otro lado, la precisión de este método baja mucho cuando la proporción de finos en la alimentación es grande, ya que esto hace que la eficiencia de la molienda disminuya de forma considerable.

Existe una variación introducida en este método en 1975 que soluciona estas limitaciones, aunque le resta sencillez.

2.4.3.- Otros Métodos.

A continuación se expone una relación de métodos para la determinación de consumos energéticos en molienda. Hay que tener en cuenta que son métodos indirectos para la determinación del Índice de Bond:

- Método de Smith y Lee [52].
- Método de Horst y Bassarear [21].
- Método de Kapur [24].
 - Solución de Kapur [24].
 - Solución de Gutiérrez et al. [18].
- Método de Karra [26].
- Método de chequeo rápido (ANACONDA) [59].
- Método de Yashima et al. [60].
- Método ANACONDA simplificado [18].

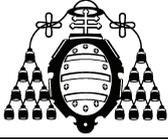


Capítulo 3:

Metodología de Bond

y

Modelos de Distribución de Tamaños de Partículas





3.1.- METODOLOGÍA DEL ÍNDICE DE BOND.

3.1.1.- Método estándar de Bond.

El **método de Bond** [7] proporciona una primera estimación del consumo real de energía necesario para triturar o moler un material en un determinado equipo a escala industrial (error promedio $\approx 20\%$). Sin embargo, debido a su simplicidad, este procedimiento se utiliza con asiduidad para el dimensionado de trituradoras, molinos de barras y bolas, tanto a escala piloto como industrial.

El índice de trabajo de un material, aplicable a la molienda fina en molinos de bolas, se determina en un molino de laboratorio de dimensiones estándar, de 12 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de largo, que gira a 70 r.p.m., posee esquinas redondeadas y revestimiento liso, con una carga de bolas de acero determinada.

El ensayo consiste en la realización de una molienda en seco en el molino de bolas, simulando una operación en circuito cerrado con 250% de carga circulante, y utilizando la malla de corte requerida, de acuerdo con el circuito industrial, de forma que los tamaños de cierre del circuito se encuentren siempre en el rango comprendido entre 28 y 325 mallas Tyler (entre 600 y 40 micras, aprox.). En la figura 3.1 se representa dicho circuito.

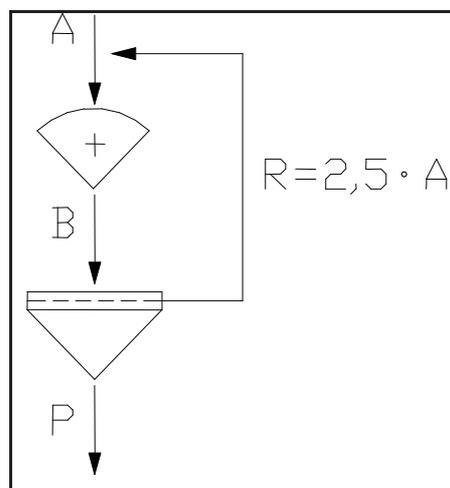
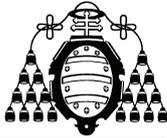


Figura 3.1.- Esquema del circuito cerrado utilizado en el ensayo de Bond.



La alimentación al molino corresponde a material triturado controladamente al 100% menor de 6 mallas Tyler (<3.35 mm), pudiendo utilizarse una alimentación más fina si fuese necesario; el volumen aparente de dicha alimentación es en este caso de 700 cm³. Previamente a la realización del ensayo, la alimentación se caracteriza mediante su peso y su distribución granulométrica.

El **ensayo de Bond** se inicia moliendo el material durante un número arbitrario de revoluciones, normalmente 100 aunque puede ser 50 en el caso de materiales blandos; se vacía el molino con la carga de bolas, y se tamizan el material sobre el tamiz correspondiente a la malla de corte del circuito.

A continuación, se pesa el pasante, dejándolo a parte, y se agrega carga fresca al rechazo para reconstruir la carga inicial de sólidos alimentada al molino en cada ciclo, completando el peso de los 700 cm³ iniciales. Este material se retorna al molino, junto con la carga de bolas, siendo dicho material molido durante el número de revoluciones calculado para producir un 250% de carga circulante, repitiendo dicho procedimiento hasta alcanzar las condiciones requeridas de equilibrio. El número de revoluciones requeridas se calculará en base a los resultados del ciclo precedente (según el valor de los gramos de finos producidos por cada revolución del molino).

Se continúa con los ciclos de molienda hasta que el número de gramos netos de pasante producidos por revolución alcance el equilibrio (que debería ser cuando el pasante total de finos sea 1/3,5 veces el peso total al molino). En ese momento, se realizará un análisis granulométrico del pasante en el tamizado (correspondiente al producto final del circuito de molienda), con el objeto de determinar el valor P₈₀. El índice de molturabilidad del molino de bolas (gramos por revolución) se obtendrá promediando los valores correspondientes a los tres últimos ciclos.

El índice de trabajo del material, válido para molienda en molinos de bolas, se calculará según la siguiente expresión empírica propuesta por Bond:

$$w_i = \frac{44.5}{P_{100}^{0.23} \cdot Gbp^{0.82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} \quad [\text{Ec. 3.1}]$$

En la que:

w_i : Índice de trabajo del material, en kWh/sht.

P_{100} : abertura en micras de la malla de corte utilizada para cerrar el circuito.

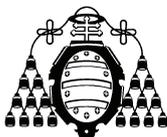
Gbp : índice de molturabilidad del material en molinos de bolas, en g/rev.

F_{80} : es el tamaño correspondiente al 80% de pasante de la alimentación fresca, en micras.

P_{80} : tamaño correspondiente al 80% de pasante del producto final, en micras.

El valor del índice de trabajo calculado según la expresión anterior, es consistente con la potencia mecánica de salida de un motor capaz de accionar un molino de bolas del tipo descarga por rebose, de 8 pies de diámetro interno, trabajando en vía húmeda y en circuito cerrado con un clasificador.

En lo que se refiere a la **carga molturante**, debemos detenernos para realizar la siguiente aclaración. En 1961, en su publicación más conocida, **Bond** [7] definió la **carga de bolas** mostrada en la tabla 3.1.



Tamaño		Nº bolas	Área (cm ²)	Peso (g)
pulgadas	cm			
1,45	3,683	43	1.832,4	8.803
1,17	2,972	67	1.858,9	7.206
1,00	2,54	10	202,7	672
0,75	1,905	71	809,5	2.011
0,61	1,549	94	708,9	1.433
Total:		285	5412,4 cm²	20125 g

Tabla 3.1.- Distribución de carga molturante recomendada por Bond inicialmente

Sin embargo, según **BICO** en 1999 [5], empresa fabricante del molino utilizado para la realización de dicho ensayos, la distribución era errónea. Mediante correspondencia particular, Bond admitió la dificultad de especificar un número de bolas de cada peso para dar el área superficial y el peso total especificados, realizando una corrección que según la mencionada referencia debería ser la siguiente:

Tamaño		Nº bolas	Área (cm ²)	Peso (g)
pulgadas	cm			
1,500	3,81	25	1.140,1	5.690
1,250	3,175	39	1.235,1	5.137
1,000	2,540	60	1.216,1	4.046
0,875	2,223	68	1.055,2	3.072
0,750	1,905	93	1.060,3	2.646
Total:		285	5706,8 cm²	20.591 g

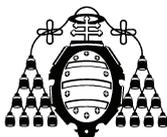
Tabla 3.2.- Distribución de carga molturante recomendada por Bond finalmente

En esta corrección, los valores de área y peso han sido calculados considerando bolas perfectamente esféricas y con la misma densidad que las propuestas inicialmente, ya que Bond en este caso simplemente corrigió el número de bolas.

Si en algún momento las bolas utilizadas no corresponden en peso y número a las indicadas por Bond, habría que hacer una redistribución de ellas teniendo en cuenta el consejo dado por el mismo de que prevalezca en todo caso el peso de 44,5 libras ($\approx 20,125$ kg) o que el peso final sea el más cercano posible a éste. Al hacer este ajuste, el valor calculado del área superficial suele quedar disminuida, pero si se calculase el valor real sería bastante superior al calculado ya que la mayoría de las bolas presentan imperfecciones geométricas no apreciables.

3.1.2.- Descripción detallada del ensayo.

Se hace una descripción detallada del ensayo de Bond teniendo en cuenta las operaciones realizadas por **Menéndez Aguado** [36, 37].



Los pasos a seguir para la ejecución del ensayo son:

- 1) Preparación de la alimentación: el material debe ser triturado a un tamaño inferior a 3,360 micras, seco, homogeneizado y desmuestreado en bolsas de 1ª 3 kg, para su facilidad de manejo en las sucesivas operaciones de aporte de material fresco que se han de realizar en todos los ciclos.
- 2) Preparación de la muestra: en una probeta se miden 700 cm³ de material a ensayar. Debe tenerse especial cuidado en que el material logre el máximo empaquetamiento posible en dicho cilindro, pudiendo recurrirse a vibrado del mismo.

Observación: se debe tener cuidado en la preparación de la probeta a fin de tener reproducibilidad en la curva de distribución de tamaño, dado que como mínimo se requieren dos valores de Índice de Bond por muestra.

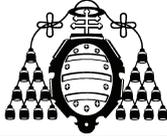
- 3) El peso correspondiente a los 700 cm³ será el peso de alimentación al molino en el primer ciclo y en los ciclos sucesivos.
- 4) Cálculo del peso de producto ideal o peso ideal de finos, suponiendo una carga circulante de 250%. Este valor será:

$$\text{Peso ideal} = P_i = \frac{\text{peso de } 700 \text{ cm}^3 \text{ de alimentación}}{3,5}$$

- 5) Caracterización granulométrica de la alimentación, con especial cuidado en la obtención del valor del tamaño característico F_{80} , y el porcentaje de material en la alimentación inferior al tamaño de corte o de ensayo.
- 6) Si en el análisis granulométrico realizado a la alimentación se obtiene un porcentaje de finos superior al 28,6% se realizará un ciclo en vacío, es decir, se asignará el valor cero tanto al número de revoluciones como al número de gramos neto por revolución.

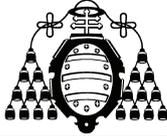
Observación: utilizando la malla de corte seleccionada se elimina el subtamaño y se repone el peso inicial con alimentación fresca.

- 7) Introducción de la alimentación al molino, teniendo especial cuidado en el cierre del mismo. Es conveniente comprobar regularmente el estado de las juntas de cierre para evitar las pérdidas de material y garantizar así la reproducibilidad del w_i .
- 8) Se inicia el primer ciclo fijando un número arbitrario de revoluciones, normalmente 100 ó 50. Este valor, que depende de las características intrínsecas de la mena, definirá que el número de ciclos del ensayo sea mayor o menor, es decir, llegar a las condiciones de equilibrio (250% cc).
- 9) Se descarga el molino sobre una superficie perforada con el objeto de facilitar la separación de las bolas del material; se limpia el interior del molino y las bolas para recuperar en lo posible la totalidad de la alimentación introducida, y se cargan de nuevo las bolas limpias.
- 10) Se tamiza cuidadosamente la descarga del molino con el tamiz de corte seleccionado; se puede agilizar esta operación disponiendo una serie de tamices sobre el tamaño de corte.
- 11) Se procede al pesado del total de rechazo tamizado con una precisión al menos de décimas de gramo.



- 12) Se calcula el peso del pasante por diferencia entre el peso total de producto y el peso de rechazo o bien directamente realizar la pesada directa del mismo.
- 13) Conociendo el % de material de tamaño menor que el del tamiz de corte, según el análisis granulométrico realizado en el paso 5, es posible calcular el peso inicial de finos contenidos en la carga de alimentación al molino en el actual ciclo.
- 14) Se calcula el valor de los **gramos de finos netos** producidos, que corresponde al peso de pasante obtenido (calculado en el paso 12), menos el peso de finos contenidos en la alimentación (calculado en el paso 13).
- 15) Se calcula el valor de los **gramos netos producidos por revolución**, dividiendo el número de gramos netos obtenidos en el paso 14 entre el número de revoluciones del ciclo (Gbp del primer ciclo).
- 16) Se añade al rechazo obtenido una cantidad alimentación fresca equivalente a los gramos obtenidos en el paso 12, para constituir de nuevo el peso de alimentación al molino definido en el paso 3.
- 17) Se determina la cantidad aproximada de **finos ya presentes** en la cantidad añadida en el paso 16, basándose en el análisis granulométrico del paso 5. Este valor debe ser registrado dado que permitirá el cálculo de los finos netos producidos en el siguiente período, como se describió en el paso 12.
- 18) Se calcula el peso que deberá ser molido en el próximo período fijando una carga circulante del 250%; se obtiene restando al peso ideal de finos, según el paso 4, la cantidad de finos presentes en la alimentación al molino.
- 19) Se calcula ahora el número de revoluciones correspondientes; se obtiene dividiendo la cantidad de material que debe ser molido (calculada en el paso 18), entre el número de gramos netos por revolución del período anterior (calculado en el paso 15).
- 20) Se añade la nueva alimentación al molino (se describe en el paso 16) y se repiten los pasos del 7 al 20. Deben realizarse, como mínimo, 5 periodos de molienda.
- 21) Según Bond, el Gbp muestra una tendencia creciente o decreciente versus en número de ciclos y en un determinado ciclo se produce una inversión de tal tendencia, indicando ésta el final del ensayo. En todo caso, este tipo de convergencia no es general, y de no presentarse tal inversión de tendencia, se debería continuar el ensayo hasta que no haya variación significativa en el Gbp.
- 22) Se calcula el Gbp (**índice de molturabilidad**) correspondiente al ensayo promediando los valores de los tres últimos períodos (si hubo la inversión de tendencia comentada en el paso 21), o de los dos últimos (si no la hubo).
- 23) Mediante análisis por tamizado, se determina la distribución granulométrica del pasante del tamiz de corte en el último ensayo realizado, con el fin de determinar el valor P_{80} .
- 24) Se calcula el índice de trabajo, w_i , en molino de bolas, mediante la ecuación propuesta por Bond, ya comentada anteriormente:

$$w_i = \frac{44.5}{P_{100}^{0.23} \cdot Gbp^{0.82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} \quad [\text{Ec. 3.1}]$$



Siendo:

P_{100} : abertura del tamiz de corte, en micras.

G_{bp} : índice de molturabilidad o capacidad de molienda, en g/rev.

F_{80} : tamaño correspondiente al 80% de pasante de la alimentación fresca, en micras.

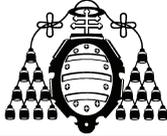
P_{80} : tamaño correspondiente al 80% de pasante de los finos del último periodo de molienda, en micras.

3.1.3.- Limitaciones y deficiencias del método.

Las principales limitaciones y deficiencias del método planteado por Bond según **Menéndez Aguado** [36, 37] son las siguientes:

- Bond utiliza un tamiz de separación para simular la malla de corte obtenida por un clasificador industrial. Es decir, se realiza una "**clasificación ideal**" del material a escala de laboratorio, lo cual es imposible de lograr a escala industrial.
- Las condiciones de equilibrio alcanzadas en el ensayo estándar de Bond a escala de laboratorio corresponden al estado estacionario alcanzado en un molino tipo flujo pistón. Es decir, está implícito en el método de Bond que los molinos industriales no actúan como mezcladores de la pulpa además de moler las partículas del material.
- Se supone también, de forma implícita, que todos los tipos de materiales se fracturan de una forma similar, es decir, de acuerdo con las características típicas de un material ideal "tipo Bond". Dicho material se caracteriza por tener una distribución granulométrica de Rosin-Rammler, con una pendiente igual a **0,5** en la región de tamaños finos.
- En el método de Bond se utilizan sólo tres parámetros para calcular el consumo de energía en la molienda. Estos son: el **índice de trabajo**, un **parámetro característico del tamaño de la alimentación** y un **parámetro característico del tamaño del producto**. . Es por ello que Bond ha tenido que incluir una serie de "factores correctores" dentro de su fórmula básica, para tener en cuenta el efecto de diversas variables de operación sobre el consumo energético de la fragmentación.
- Diferencias en la distribución granulométrica de las muestras utilizadas en los ensayos producen variaciones apreciables en el índice de Bond. Se pueden alcanzar alteraciones de hasta 3 kWh/t en los valores de w_i obtenidos con una u otra muestra, según su d_{80} característico. En trabajos experimentales se ha observado que el índice de Bond aumenta al disminuir la granulometría de la muestra utilizada en el ensayo, esto indica que los materiales más finos son más difíciles de moler, lo cual es lógico si se tiene en cuenta que las partículas finas presentan menos superficie de ataque para la fragmentación.

Considerando lo anterior, se hace necesaria una preparación cuidadosa de la alimentación para evitar que sea demasiado fina (d_{80} no menor de 3 mm, según estudios realizados al respecto). Cuando los resultados del ensayo de Bond se usan para caracterizar la eficiencia de un circuito, deben ser corregidos de forma empírica teniendo en cuenta las diferencias de tamaño de alimentación en laboratorio y en planta.



- f) El ensayo de Bond no especifica un peso de muestra de alimentación concreto, sino que indica un volumen (700 cm^3 para molino de bolas) lo cual origina que, según la compactación del material y la geometría del recipiente, el peso de la alimentación varíe hasta en 100 gramos de un ensayo a otro; esto conduce también a variaciones en el valor del índice de Bond obtenido, aunque hay que señalar que éstas son mínimas y se pueden despreciar ($0,2 \text{ kWh/t}$ según estudios experimentales).
- g) En la teoría de Bond no se tiene en cuenta la plasticidad de los materiales, por lo que la energía consumida en procesos plásticos (elongaciones, contracciones, etc.) no se distingue de la energía gastada en la fragmentación; por tanto, cuanto más plástico sea el material peor se ajustarán los resultados obtenidos a la realidad.
- h) El grado de precisión en la obtención de los parámetros característicos, que permiten determinar el índice de trabajo, influye de forma notable en el resultado final; variaciones de decenas de micra en el P_{80} provocan diferencias de hasta 1 kWh/sht , Por ello, aunque se cuide al máximo la realización de análisis granulométricos en los ensayos, siempre será inevitable un ligero error.

En este sentido algo similar sucede con el G_{bp} . La utilización de tamices de corte demasiado pequeños puede perjudicar en la obtención de resultados fiables, debido a que es más difícil hacer pasar el material por una luz de malla pequeña que por otra mayor; según la experiencia obtenida en laboratorio, se aconseja utilizar tamices de corte de 200 micras de luz de malla como mínimo.

A pesar de las limitaciones anteriores, y debido a su extrema **simplicidad**, el método de Bond continúa siendo utilizado por la industria minera para dimensionar quebrantadoras y molinos, tanto a escala piloto como a escala industrial.

El método de Bond permite apenas dar una primera estimación del consumo real de energía requerido para moler un mineral determinado en un molino de tamaño industrial, teniendo en cuenta que se comete un **error promedio del 20%** con respecto al consumo energético real.

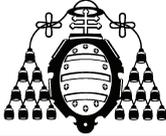
3.1.4.- Distribución de tamaño de partículas.

Un análisis de la distribución por tamaños en tamices de un producto triturado o molido consiste en registrar el peso en porcentaje de pasante acumulado o retenido en cada tamiz de la serie.

Es muy importante conocer la distribución de tamaños de partículas de la muestra de mineral a estudiar. Para ello se someto a un **proceso de tamizado** [58] o análisis con tamaños. Se realiza haciendo pasar una cantidad conocida de material a través de una serie de tamices (cribas) con abertura de malla cada vez más pequeña. El material que queda entre los 2 tamices consecutivos se pesa para calcular posteriormente el porcentaje de peso de cada fracción de tamaño.

El tamizado se puede realizar tanto en seco como en húmedo. Para facilitar el peso del material a través de la malla del tamiz, se utilizan tamizadotas, las cuales hacen que la serie de tamices vibren de manera continua durante un intervalo de tiempo.

El proceso de tamizado se divide en dos etapas; primero la eliminación de partículas considerablemente más pequeñas que la aberturas del tamiz, lo cual debe ocurrir mas o menos rápidamente; y en segundo lugar, la separación de las llamadas partículas de "tamaño



próximo”, el cual es un proceso gradual que raramente alcanza su terminación. Esto causa “cegado” u obstrucción de las aberturas del tamiz y reducen el área efectiva del medio de tamizado.

La usual **escala de tamices** estándar [7] consiste en una serie de tamices con aberturas cuadradas diferenciadas por $\sqrt{2}$, basada sobre el tamiz de 200 mallas de abertura 74,2 μm .

Hay muchas formas de **registrar los resultados**. El más común es representar gráficamente el % pasante acumulado (o retenido) versus el tamaño de partícula. Éste puede hacerse en escala cartesiana-cartesiana pero tiene la desventaja de que los puntos en la región de los finos (tamaños menores) tienden a congestionarse. Para evitar eso, se realiza un cambio de escala a logaritmo-cartesiana. Si se comparan muchas curvas de % pasante acumulado versus tamaño de partícula, estas tienen forma sinusoidal, lo que origina diagramas congestionados en los extremos de la gráfica. Se conoce más de una docena de métodos de graficar para obtener la ordenada.

Los métodos se diferencian en un **cambio de escala** que hace que se expandan unas zonas y se contraigan otras.

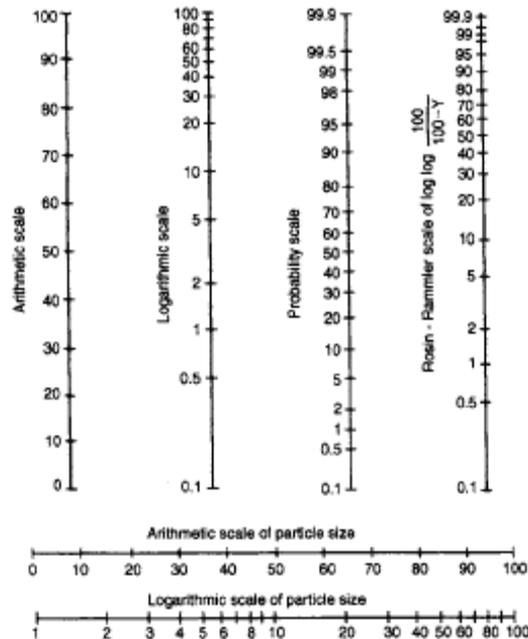


Figura 3.1.- Comparación de escalas [58]

No es necesario representar a la vez el porcentaje de pasante acumulado o rechazo acumulado, ya que uno es la imagen del otro como se muestra en la siguiente figura:

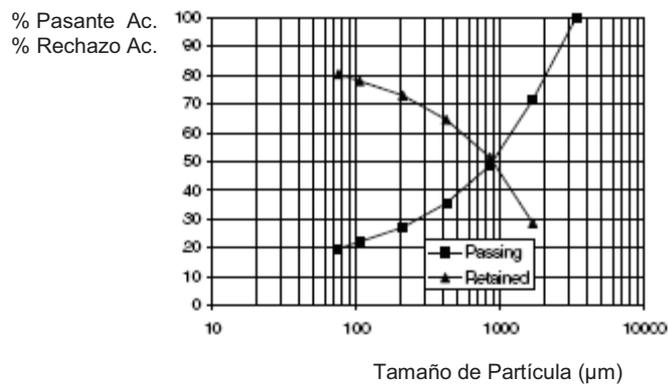
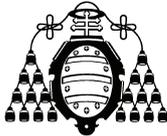


Figura. 3.3.- % Pasante Ac. y Rechazo Ac. versus Tamaño partícula

Probablemente hay una **ley** que gobierne la regular distribución de tamaños de productos triturados o molidos; sin embargo, ninguna de las leyes propuestas han sido totalmente aceptadas.

3.1.5.- Representación de la distribución.

Los análisis de distribución por tamaños, según Bond [7] son comúnmente representados en una grafica en **papel log-log** con el % pasante como ordenada y tamaño de partícula (μm) como abscisa. Tales gráficos usualmente muestran una línea bastante recta para el rango de partículas más finas y curva para tamaños de partículas más gruesas y a menudo aproximándose tangencialmente a la línea de pasante 100% en la parte superior del gráfico.

El tamaño por el cual pasa el 80% puede encontrarse a partir de la porción curvada del gráfico.

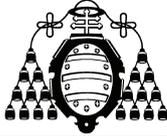
Quando la parte más baja de la recta de la línea graficada se prolonga, ésta muestra una pendiente α , la cual intercepta con la línea de 100% pasante (correspondiente con el tamaño de partícula k_{100}). Esta gráfica sigue una ley definida por la ecuación de Gates-Gaudin-Shuchmann, la cual es:

$$y = 100 \cdot \left(\frac{x}{k_{100}} \right)^\alpha \quad [\text{Ec. 3.2}]$$

La pendiente α es a menudo aproximadamente **0,5**, pero puede aproximarse a la unidad. La trituración o molienda en circuito cerrado produce menos finos, y esto causa un incremento de α . A medida que el material es más fino, su valor α parece disminuir.

La distribución de tamaños en papel log-log es conveniente. Sin embargo, la usual curvatura en la parte superior del gráfico indica que la **ley** de distribución de tamaño es del **tipo exponencial** con un exponente variable, más que de tipo potencial con exponente constante α .

Un método de representación de distribuciones de tamaños de partículas [7] que da como resultado una línea recta, para **materiales homogéneos**, es las que sigue la siguiente ecuación exponencial:



$$Y = 100 - y = \frac{b}{e^{ax}} = \frac{b}{10^{AX}} \quad [\text{Ec. 3.3}]$$

$$A \cdot X = \log b - \log Y \quad [\text{Ec. 3.4}]$$

Siendo:

Y: % retenido acumulado

y: % pasante acumulado ($y = 100 - Y$)

b: intersección 100-y

A: pendiente

X₁: representa w (energía registrada en (kWh/ton) dividida entre w_i) para una línea base del 80% pasante acumulado ($y = 20\%$).

Sobre un **papel semi-log**, “Y” es medido sobre la escala logarítmica vertical, y las líneas rectas diagonales son dibujadas partiendo de la esquina superior izquierda de la carta, las cuales representa cada tamaño de malla sobre la escala de tamices $\sqrt{2}$ y atravesando la línea base horizontal correspondiente al 80% pasante.

Cada línea diagonal representa el tamaño de malla del tamiz de ensayo de abertura P_1 (μm), y cruzan la línea base a $w = 10/\sqrt{P_1}$. A las líneas diagonales se les puede asignar varios tamaños de mallas, con relaciones apropiadas entre X_1 y w .

Este gráfico no es tan conveniente como el log-log, pero tiene varias **ventajas**:

1. el 80% del pasante puede encontrarse con menos error a partir de $P = 100/w^2$ donde w es el valor de X_1 en la línea base 20.
2. delineación de tamaños de granos inducidos o naturales. Como la línea de distribución de tamaños.

3.2.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN GATES-GAUDIN-SCHUHMANN.

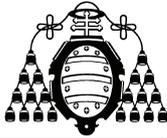
3.2.1.- Ecuación de distribución de tamaños acumulados.

El punto de partida para la obtención de la ecuación de distribución de tamaños acumulados [54] es la **ecuación de Gaudin** para materiales sólidos de la cominución:

$$W = C \cdot x^m \quad [\text{Ec. 3.5}]$$

Siendo W el % peso retenido en el tamiz de abertura x y pasante en el tamaño mayor de abertura p_x en una serie geométrica de tamices. C y m son constantes.

Una de las **desventajas** de la ecuación original de Gaudin es que la constante C no tiene una interpretación física simple. En realidad el valor varía con el ratio del tamiz p , así como con el material cuya distribución de tamaños se está expresando. Es decir, cuando se usa esta



ecuación hay que adoptar y especificar un sistema particular para la serie geométrica de tamaños.

El % finos acumulados de x , designado por y , es la suma de los porcentajes de peso retenidos en todos los tamices mas finos que x ; esto es, es la suma de la serie de valores de W correspondientes a

$$\frac{x}{p}, \frac{x}{p^2}, \frac{x}{p^3} \dots$$

Por lo tanto,

$$y = C \left(\frac{x}{p} \right)^m + C \left(\frac{x}{p^2} \right)^m + C \left(\frac{x}{p^3} \right)^m + \dots \quad [\text{Ec. 3.6}]$$

$$= C \cdot x^m \cdot (p^{-m} + p^{-2m} + p^{-3m} + \dots) \quad [\text{Ec. 3.7}]$$

Si se asume que la ecuación [Ec. 4] tiende a $x=0$, las ecuaciones [Ec. 3.6] y [Ec. 3.7] son series geométricas que tienden a infinito, cuya suma es dada por simple algebra, y:

$$y = C \cdot x^m \cdot \left(\frac{p^{-m}}{1 - p^{-m}} \right) \quad [\text{Ec. 3.8}]$$

Definiendo una nueva constante k , en términos de C , m y p como:

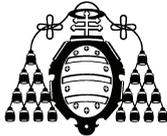
$$\left(\frac{C \cdot p^{-m}}{100 \cdot (1 - p^{-m})} \right)^{1-m}$$

Sustituyendo en la ecuación [Ec. 3.8], da la **ecuación de distribución de tamaños acumulada**:

$$y = 100 \cdot \left[\left(\frac{x}{k} \right)^m - \left(\frac{x_0}{k} \right)^m \right] \quad [\text{Ec.3.9}]$$

Actualmente, como será publicado mas tarde, la ecuación [Ec. 3.9] es una forma simple de representar los datos, sin el error experimental. Esto muestra que es insignificante comparar x_0 con x en el rango de medidas de distribución de tamaños (por debajo de 1 ó 2 μm), y por lo tanto la existencia de una definitivo limite inferior de tamaño debe silenciar indicios de pruebas de otros datos de distribución de tamaños disponibles.

La ecuación acumulada aplicada a datos relacionados al porcentaje acumulado y al tamaño, se obtiene a través de algún sistema de tamaños.



3.2.2.- Ecuación de la distribución.

La función de Gates-Gaudin-Schuhmann es la distribución más usada en América para representar distribuciones de tamaño obtenidas por tamizaje (distribución en peso o masa). En algunos casos la distribución granulométrica aparece sesgada y se puede obtener una representación lineal de la misma trazando el logaritmo del % pasante acumulado versus a la abertura de malla (tamaño partícula), preferiblemente en papel con abscisas y ordenadas logarítmicas, es decir, en **escala log-log**.

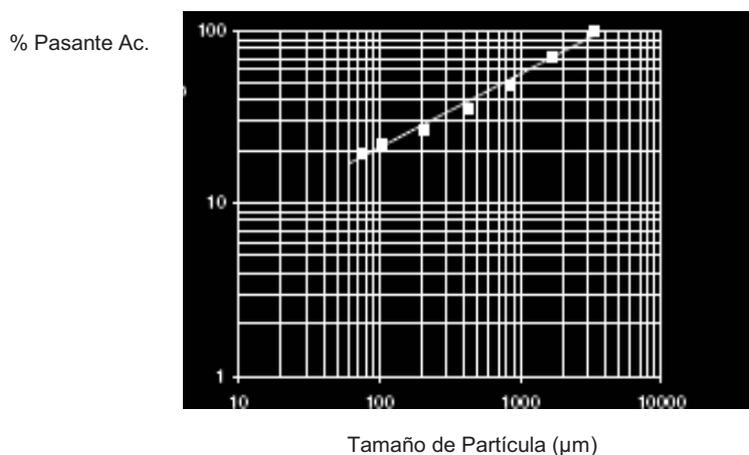


Figura 3.2.- Diagrama Gates-Gaudin-Schuhmann.

Tales diagramas son conocidos como diagrama de Gates-Gaudin-Schuhmann y en la que la mayoría de los casos se obtiene una línea recta.

La **ventaja** de tales representaciones gráficas es que con un número limitado de tamices se puede calcular el tamaño de las partículas que se encuentran entre otros dos tamaños de tamices y obtener la distribución completa de tamaños de las partículas que existen en una muestra.

La **ecuación** de la distribución de Gates-Gaudin-Schuhmann viene dada por:

$$y = 100 \cdot \left(\frac{x}{k} \right)^m \quad [\text{Ec. 3.10}]$$

Siendo:

y: % pasante acumulado para un tamaño x

x: tamaño de apertura de malla

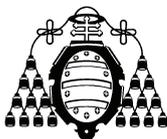
k: módulo de tamaño

m: módulo de distribución

Tomando logaritmos en ambos lados de la ecuación, se obtiene:

$$\log y = \log 100 + m \log x - m \log k$$

$$\log y = m \log x + cte \quad [\text{Ec. 3.11}]$$



Como m y k son constantes, es obvio que la gráfica de $\log y$ (logaritmo % pasante acumulado) versus $\log x$ (logaritmo tamaño) da una línea recta de pendiente m . Además, cuando $y = 100\%$, $x = k$.

Esta recta se representa a escala log-log de tal manera que se agranda considerablemente la región por debajo del 50% del pasante acumulado, especialmente por debajo del 25%. Sin embargo, se contrae severamente por encima de la región del 50% y especialmente del 75%, lo cual es la mayor desventaja de este método de representación de distribuciones granulométricas. Esto se hace porque resulta mucho más sencillo hacer una **interpolación** en una línea recta que en una curva.

La manera **original** de representar la distribución de tamaños propuesta por **Gaudin**, fue la de representar el logaritmo % peso retenido versus el logaritmo del tamaño. Esta gráfica debe seguir, en los tamaños más finos, una línea recta con la misma pendiente que el resultado de graficar los pesos acumulados, pero es evidente que éste método exagera los errores del tamizado por lo que el cálculo de m y k se hace más difícil.

La dificultad está demostrada por el postulado de Bond y Maxson en el cual se debería de representar la parte correspondiente a tamaños finos mediante dos líneas rectas en vez de una. Además, el hecho de que los datos acumulados sigan una línea recta sin error experimental del análisis (y por lo tanto sigue la ecuación [Ec. 3.10]) demuestra que no hay evidencia en absoluto en este análisis de tamaño sola para la existencia de un límite inferior de tamaño o de material coloidal no molido.

3.2.3.- Evaluación de los parámetros característicos “m” y “k”.

La **constante “m”** aparece como exponente en la ecuación de Gaudin y en la ecuación de tamaños acumulados. El significado físico de esta constante y la importancia de su interpretación en la distribución de tamaños fue indicado e ilustrado experimentalmente por Gaudin en su estudio original de la ecuación. A la constante “ m ” se le conoce como “**módulo de distribución**”.

La **constante “k”** en la ecuación acumulada tiene dimensiones de tamaño de partícula, y se le conoce como “**módulo de tamaño**”. De este modo, la distribución de tamaños de un producto de la conminución en los tamaños finos se especifica por las dos constantes de la ecuación [8], el módulo de distribución y el módulo de tamaño, ambos los cuales han sido definidos y fácilmente visualizados (con un significado) físico.



3.3.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN ROSIN-RAMMLER.

3.3.1.- Ecuación de la distribución.

La función de Rosin-Rammler es muy usada en Europa para representar la distribución en peso (o masa) de la distribución de tamaños de partículas. Consiste en **representar** $\log[\log 100/R]$ versus $\log(\text{tamaño})$. En este caso R es el porcentaje de rechazo acumulado. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de representación Rosin-Rammler:

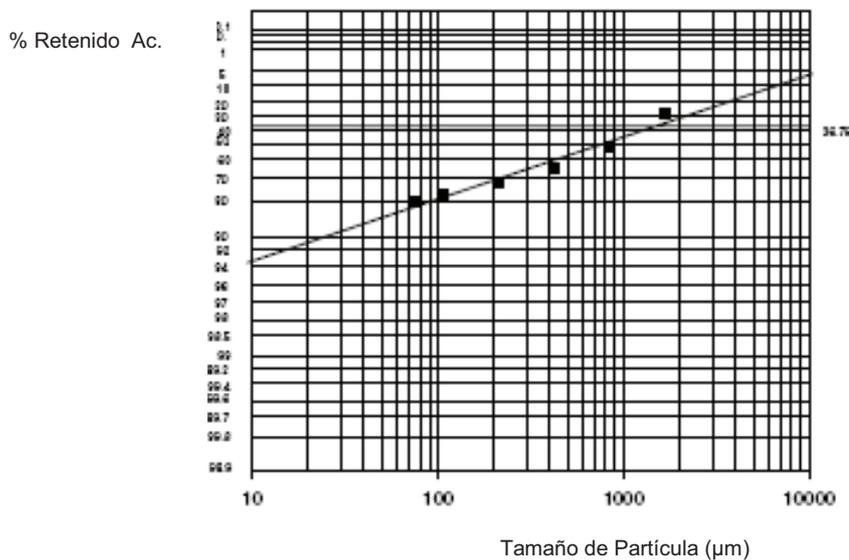


Figura 3.5.- Diagrama Rosin-Rammler.

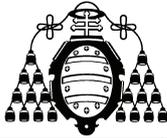
Este diagrama se expande en las regiones por debajo del 25% y por encima del 75% y contrae la región comprendida entre el 30 y el 60%. Sin embargo, se ha demostrado que esta contracción es insuficiente para causar efectos adversos. El método es tedioso de graficar a menos que se utilicen ejes divididos proporcionalmente a $\log[\log 100/R]$.

La distribución de Rosin-Rammler (o Weibull) se expresa mediante la siguiente **ecuación**:

$$R = 100 \cdot e^{-\left(\frac{x}{k'}\right)^{m'}} \quad [\text{Ec. 3.12}]$$

Donde:

- R**: % retenido acumulado para un tamaño x
- e**: base natural del logaritmo
- k'**: módulo de tamaño
- m'**: módulo de distribución



Tomando logaritmos a ambos lados de la ecuación anterior, se obtiene:

$$\log R = \log 100 - \left(\frac{x}{k'}\right)^{m'} \cdot \log e$$

$$\log\left(\frac{100}{R}\right) = \left(\frac{x}{k'}\right)^{m'} \cdot \log e \quad [\text{Ec. 3.13}]$$

Volviendo a tomar logaritmos:

$$\log \log\left(\frac{100}{R}\right) = \log\left[\left(\frac{x}{k'}\right)^{m'}\right] + \log \log e$$

$$\log \log\left(\frac{100}{R}\right) = m' \cdot \log x - m' \cdot \log k' + \log \log e$$

Como m' y k' son constantes:

$$\log \log\left(\frac{100}{R}\right) = m' \cdot \log x + cte \quad [\text{Ec. 3.14}]$$

Los parámetros de distribución de Rosin-Rammler (m' y k') se obtienen de la pendiente de la línea recta y de la intersección de la recta con la línea horizontal correspondiente a $R = 36,79 \%$, respectivamente. Ambos completan la descripción de la distribución de tamaños.

Para simplificar el cálculo del doble logaritmo, es válida la representación en un papel especial (papel Rosin-Rammler o Weibull) donde los valores de % retenido acumulado (o pasante acumulado) se pueden representar directamente sobre el eje y. En este papel especial se incluye la línea horizontal correspondiente a un % retenido acumulado de 36,79 % para facilitar la estimación los parámetros de la distribución.

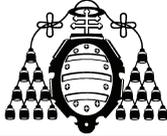
Para facilitar los cálculos, se pueden tomar logaritmos neperianos en vez de naturales y trabajar con fracciones de pasante acumulado. Por lo tanto la ecuación [Ec. 3.14] queda de la siguiente manera [29]:

$$\ln[-\ln(1 - F.Pasante Ac.)] = m \cdot \ln x + cte \quad [\text{Ec. 3.15}]$$

3.3.2.- Comparación de las ecuaciones de los modelos Gates-Gaudin-Schuhmann y Rosin-Rammler.

La ecuación de Rosin-Rammler, en la forma usada por Bennett y por Geer y Yancey, según se indica en el artículo "Principles of Comminution" [54] es:

$$R = 100 \cdot e^{-\left(\frac{x}{k'}\right)^{m'}} \quad [\text{Ec. 3.16}]$$



Donde:

R: % retenido acumulado para un tamaño x
e: base natural del logaritmo
k': módulo de tamaño
m': módulo de distribución

Los módulos m' y k' , tienen el mismo significado físico que a los módulos (m y k) de la ecuación acumulada.

En términos de % pasante acumulado (y):

$$y = 100 - R = 100 \cdot \left[1 - e^{-\left(\frac{x}{k'}\right)^{m'}} \right] \quad [\text{Ec. 3.17}]$$

La similitud general entre estas ecuaciones y la ecuación [Ec.3.10] aumenta al aplicar la expansión de Maclaurin:

$$1 - e^{-\left(\frac{x}{k'}\right)^{m'}} = \left(\frac{x}{k'}\right)^{m'} - \frac{\left(\frac{x}{k'}\right)^{2m'}}{2!} + \frac{\left(\frac{x}{k'}\right)^{3m'}}{3!} \quad [\text{Ec. 3.18}]$$

La cual es una serie convergente cuando:

$$\left(\frac{x}{k'}\right)^{m'} < 1$$

Si todos excepto el primer término en la parte derecha de la ecuación [Ec. 3.18] son desechados y el resultado de la ecuación se combina con la ecuación [Ec. 3.17], se obtiene:

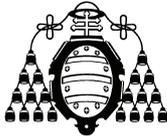
$$y = 100 \cdot \left(\frac{x}{k'}\right)^{m'} \quad [\text{Ec. 3.19}]$$

La cual es la misma que la ecuación [Ec. 3.10]. Actualmente, los términos posteriores de la serie en la ecuación [Ec. 3.18] se hacen insignificanemente pequeños en comparación con el primer término cuando son considerados valores bajos de $\frac{x}{k'}$.

3.4.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE REPRESENTACIÓN LOG-NORMAL.

3.4.1.- Distribución de tamaños log-probabilidad.

Se describe en el artículo **Principles of Comminution** [54] un modo de representar la distribución de tamaños que hace que en ciertos casos de una línea recta en rangos de



tamaños entre el 5% y el 95% de pasante acumulado. Esto se consigue cambiando los ejes a escala log-probabilidad. **Austin** resume el método de la siguiente manera:

“... graficar el tamaño de partícula en escala logarítmica y %pasante acumulado, o % pasante retenido, en escala probabilística- esto es, una escala cuyos intervalos se basan sobre valores de la probabilidad integral. Como el papel para graficar con estas coordenadas es fácil de conseguir, este método es muy conveniente.”

Este método describe a los **materiales con una “distribución de tamaños simétricos”** a aquellos cuya distribución de tamaños se puede representar por una línea recta por encima de unos rangos entre 10-90% ó 5-95% de acumulado.

El modelo no da una gráfica lineal simple cerca de los porcentajes de peso altos en los productos de conminución.

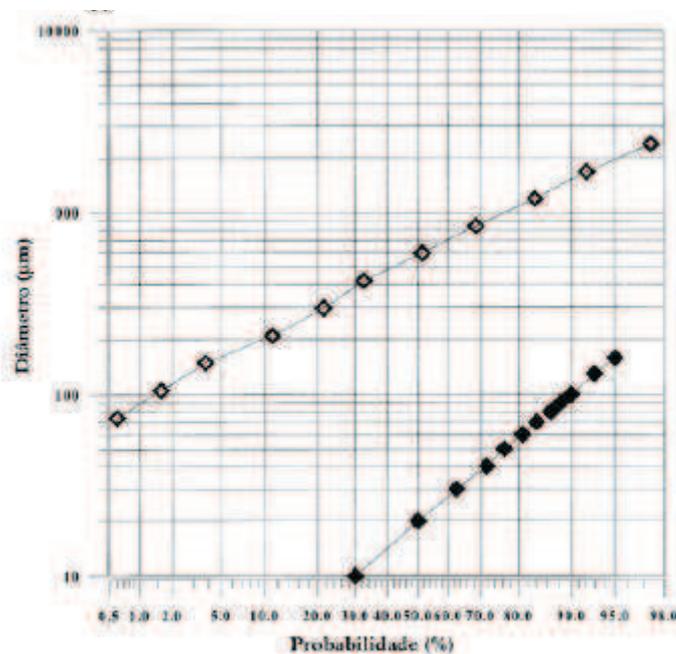
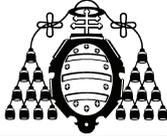


Figura 3.6.- Ejemplo distribución log-normal [29]

En este gráfico se puede obtener rápidamente (por criterio de ajuste de la recta o visualmente) tanto la ecuación de la recta como el coeficiente de correlación, pero hay que tener en cuenta que no está en la misma base de comparación que los modelos de representación de Gates-Gaudin-Schuhmann y Rosin-Rammler.

3.4.2.- Ecuación de la distribución.

La distribución log-normal fue una de las distribuciones mas utilizadas. Se le realiza una linealización como en los anteriores modelos debido a que es más fácil obtener los parámetros que al definen en una línea recta que no en un gráfico con escala log-probabilidad. En este caso, la linealización que se llevará a cabo es la utilizada por **Montovani Frare, Gimenes, et al** [29] que describe una metodología que permite obtener el coeficiente de ajuste lineal para el modelo log-normal.



La **ecuación** que describe el modelo log-normal es la siguiente:

$$z = \ln(D/D_{50}) / (\sqrt{2} \cdot \ln \sigma)$$

$$erf(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^z e^{-z^2} \cdot dz \quad [\text{Ec. 3.20 y 3.21}]$$

Siendo:

- z**: función polinomial aproximada a la función inversa de probabilidad
- D**: diámetro de partícula
- D₅₀**: diámetro medio geométrico
- σ**: desviación estándar geométrico

Los parámetros característicos son D₅₀ y σ.

Es necesario encontrar una forma de verificar si los datos se ajustan al modelo mediante el análisis del coeficiente de correlación. Los resultados del trabajo realizado por Montovani Frare, Gimenes, et al [29] muestran que esto es posible y que además el coeficiente de correlación calculo por éste método puede ser comparado con los de los modelos Gates-Gaudin-Schuhmann y Rosin-Rammler.

Según el trabajo anteriormente citado [29], **Lawless** (1978) y **Gimenes** (1992) presentan las ecuaciones [Ec. 3.22] y [Ec. 3.23] que posibilitan la obtención aproximada de una linealización del modelo de distribución log-normal. En realidad se trata de una aproximación polinomial de la función inversa de la probabilidad integral, con un error absoluto menor que $4,5 \cdot 10^{-5}$ (**Abramowitz**, 1964):

- Para una fracción %pasante acumulado entre 0 y 0,5, [Ec. 3.22]:

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{x^2}\right)}$$

$$z = -t + \frac{a + b \cdot t + c \cdot t^2}{1 + d \cdot t + e \cdot t^2 + f \cdot t^3}$$

- Para una fracción %pasante acumulado entre 0,5 y 1, [Ec. 3.23]:

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-x)^2}\right)}$$

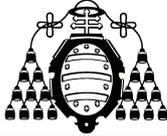
$$z = -t + \frac{a + b \cdot t + c \cdot t^2}{1 + d \cdot t + e \cdot t^2 + f \cdot t^3}$$

Los valores de las constantes a,b,c,d,y,f se presentan en la tabla siguiente:

a	b	c	d	e	f
2,51557	0,802853	0,010328	1,432788	0,189269	0,001308

Tabla 3.1.- Valores de las constantes.

A partir de un conjunto de datos *x* (fracción de pasante acumulado) y D (tamaño partícula), la obtención de los parámetros σ (desviación estándar geométrica) y D₅₀ (diámetro medio geométrico) se hace a través de la representación lineal de Ln D versus función Z (calculada de acuerdo con las ecuaciones [Ec. 3.20] y [Ec. 3.21]):



$$\ln(D) = \alpha \cdot Z + \beta \quad [\text{Ec. 3.24}]$$

Así, se pueden obtener los parámetros de la distribución de acuerdo con las siguientes ecuaciones [Ec 3.25 y 3.26]:

$$D_{50} = \exp(\beta)$$

$$\sigma = \exp(\alpha)$$

El coeficiente de correlación de la ecuación de esta recta [Ec. 3.24], se puede comparar con los coeficientes de las linealizaciones de los modelos de Gate-Gaudin-Schuhmann y Rosin-Rammler.

3.5.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE REPRESENTACIÓN LOG-CARTESIANA.

Este modelo es más bien un modelo de **representación gráfica** ya que no calcula la función que pasa por todos los puntos, sino que representa los datos (tamaño partícula versus %pasante acumulado) en escala logaritmo-cartesiana. La gráfica obtenida se asemeja a una curva de forma sinusoidal.

La curva se representa mediante una **polilínea**. Como en el presente estudio sólo interesa conocer un valor (d_{80}), los cálculos se simplifican al tener que calcular solamente la línea que pasa por dicho valor. De este modo, se simplifican los cálculos a una interpolación lineal entre los dos puntos en el que se encuentra d_{80} .

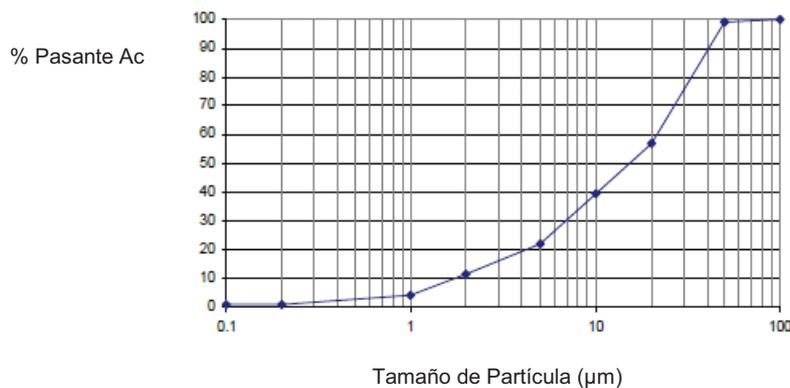


Figura. 3.6.- Ejemplo modelo log-cartesiano.

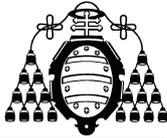
Las **ecuaciones** a considerar en este modelo son:

$$y = mx + n$$

$$\%Pasante \text{ Ac.} = m \cdot \log(d_{80}) + n \quad [\text{Ec. 3.27}]$$

El tamaño se calcularía a través de la siguiente ecuación:

$$\log(d_{80}) = \frac{\%Pasante \text{ Ac.} - n}{m}$$



Como el %pasante acumulado es el 80%:

$$\log(d_{80}) = \frac{80 - n}{m}$$
$$d_{80} = 10^{\frac{80-n}{m}}$$

Siendo d_{80} (μm) el tamaño de partícula correspondiente a F_{80} y P_{80} según se este calculando para la alimentación o los finos.

3.6.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE REPRESENTACIÓN CARTESIANA-CARTESIANA.

Al igual que el anterior, es un modelo de **representación gráfica** en el cual se representa el tamaño de partícula (μm) versus %pasante acumulado. Ambos ejes están en escala cartesiana. Se puede calcular la ecuación de la recta que más se aproxime todos los puntos, pero el error cometido sería muy grande y se opta por calcular la recta que pasa por el intervalo en el que se encuentran el valor de d_{80} (F_{80} , P_{80}).

La **ecuación** general de una recta es:

$$y = mx + n$$

En nuestro caso:

$$\%Pasante \text{ Ac.} = m \cdot d_{80} + n \quad [\text{Ec. 3.28}]$$

El tamaño se calcularía a través de la siguiente ecuación:

$$d_{80} = \frac{\%Pasante \text{ Ac.} - n}{m}$$

Como el %pasante acumulado es el 80%:

$$d_{80} = \frac{80 - n}{m}$$

3.7.- MODELO DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE REPRESENTACIÓN POR SPLINES.

Las splines se usan como método de **representación e interpolación** [44] en gran cantidad de campos de la ciencia demostrando tener una gran finura, por lo que resulta interesante tenerlo en cuenta para la obtención de los valores de los parámetros que estamos estudiando (F_{80} y P_{80}).

La idea central es que en vez de usar una función (en este caso será un polinomio) que pase por todos los puntos a considerar como ocurre con los modelos de Gaudin-Schuhmann y Rosin-Rammler; se puedan usar **segmentos de funciones** entre pares de puntos y unir cada uno de estos segmentos adecuadamente para ajustarlos a los datos. Por lo tanto, una función



spline está formada por varios polinomios, cada uno definido en un intervalo y que cumplen bajo ciertas condiciones de continuidad. Los pares de datos a tener en cuenta son el tamaño y el %pasante acumulado.

Se ha generalizado el uso de polinomios de grado tres, **spline cúbico** $S(x)$, debido a que proporciona un excelente ajuste y su cálculo no es excesivamente complejo.

Esto **consiste** en que sobre cada intervalo $(t_0, t_1), (t_1, t_2), \dots, (t_{n-1}, t_n)$, la spline está definida por un polinomio cúbico diferente. Estos polinomios de grado tres se calculan de tal forma que para dos intervalos contiguos, ambos polinomios coinciden en el valor común de los intervalos tanto en su valor como en su primera y segunda derivada, con el fin de que haya suavidad en los puntos de coincidencia.

Sea $S_i(x)$ el polinomio cúbico que representa a la spline en el intervalo (t_i, t_{i+1}) , por tanto:

$$S(x) = \left\{ \begin{array}{l} S_0(x) \dots x \in (t_0, t_1) \\ S_1(x) \dots x \in (t_1, t_2) \\ \dots \\ S_{n-1}(x) \dots x \in (t_{n-1}, t_n) \end{array} \right\} \quad [\text{Ec. 3.29}]$$

Los polinomios S_{i-1} y S_i interpolan el mismo valor en el punto t_i , es decir, se cumple:

$$S_{i-1}(t_i) = y_i = S_i(t_i) \quad 1 \leq i \leq n-1$$

Así se garantiza que la spline es continua en todo el intervalo. Además, se supone que S' y S'' (primera y segunda derivada) son continuas, condición que se emplea en la deducción de una expresión para la función del spline cúbico.

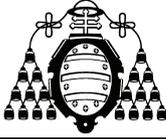
Aplicando las condiciones de continuidad del spline S y de la derivada primera (S') y segunda (S''), se obtiene la siguiente función:

$$S_i(x) = \frac{z_i}{6h_i}(t_{i+1} - x)^3 + \frac{z_{i+1}}{6h_i}(x - t_i)^3 + \left(\frac{y_{i+1}}{h_i} + \frac{z_{i+1}h_i}{6} \right)(x - t_i) + \left(\frac{y_i}{h_i} - \frac{z_i h_i}{6} \right)(t_{i+1} - x) \quad [\text{Ec. 3.30}]$$

En la expresión anterior, $h_i = t_{i+1} - t_i$ y z_0, z_1, \dots, z_n son incógnitas. Para determinar sus valores, se utilizan las condiciones de continuidad que deben cumplir estas funciones. El resultado es:

$$h_{i-1}z_{i-1} + 2(h_i + h_{i-1})z_i + h_i z_{i+1} = \frac{6}{h_{i+1}}(y_{i+1} - y_i) - \frac{6}{h_{i-1}}(y_i - y_{i-1}) \quad [\text{Ec. 3.31}]$$

La ecuación anterior, con $i=1, 2, \dots, n-1$ genera un sistema de $n-1$ ecuaciones lineales con $n+1$ incógnitas z_0, z_1, \dots, z_n . Se puede elegir z_0 y z_1 de forma arbitraria y resolver el sistema de ecuaciones resultante para obtener los valores de z_1, z_2, \dots, z_{n-1} . Una elección especialmente adecuada es hacer $z_0 = z_1 = 0$. La función spline resultante se denomina **spline cúbico natural** y el sistema de ecuaciones lineal expresado en forma matricial es:



$$\begin{pmatrix} u_1 & h_1 & & & & & \\ h_1 & u_2 & h_2 & & & & \\ & h_2 & u_3 & h_3 & & & \\ & & \dots & \dots & \dots & & \\ & & & h_{n-3} & u_{n-2} & h_{n-2} & \\ & & & & h_{n-2} & u_{n-1} & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ \dots \\ z_{n-2} \\ z_{n-3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \dots \\ v_{n-2} \\ v_{n-1} \end{pmatrix}$$

En donde:

$$h_i = t_{i+1} - t_i$$

$$u_i = 2(h_i + h_{i-1}) - \frac{h_{i-1}^2}{u_{i-1}}$$

$$b_i = \frac{6}{h_i}(y_{i+1} - y_i)$$

$$v_i = b_i - b_{i-1} - \frac{h_{i-1}v_{i-1}}{u_{i-1}}$$

Este sistema de ecuaciones, que es tridiagonal, se puede resolver mediante eliminación gaussiana sin pivoteo. El código acepta como entrada un conjunto de nodos (t_i) y el conjunto de los valores de la función correspondiente (y_i) y produce un vector con los vectores z_i . Por último, el valor del spline en un punto x cualquiera interpolado se puede calcular de forma eficiente empleando la siguiente expresión:

$$S_i(x) = y_i + (x - t_i)[C_i + (x - t_i)(B_i + (x - t_i)A_i)] \quad [\text{Ec. 3.32}]$$

En donde:

$$A_i = \frac{1}{6h_i}(z_{i+1} - z_i)$$

$$B_i = \frac{z_i}{2}$$

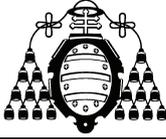
$$C_i = -\frac{h_i}{6}z_{i+1} - \frac{h_i}{3}z_i + \frac{1}{h_i}(y_{i+1} - y_i)$$

Como puede observarse los cálculos son laboriosos pero la labor se facilita mediante el empleo de hojas de cálculo, las cuales tienen funciones específicas para el cálculo de los coeficientes de los polinomios y el valor de d_{80} . En este caso se representa en el eje de abscisas el % pasante acumulado y en ordenadas el tamaño de partícula (μm). Si hay n números de puntos, tendremos $n-1$ polinomios de grado 3, de la forma:

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

Como la “ x ” representa el %pasante acumulado (P.Ac.) e “ y ” el tamaño de partícula, se tiene:

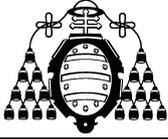
$$\text{tamaño} = a \cdot (\%P.Ac.)^3 + b \cdot (\%P.Ac.)^2 + c \cdot (\%P.Ac.) + d \quad [\text{Ec. 3.33}]$$

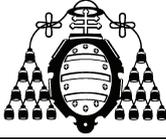


En nuestro caso %P.Ac.= 80%, luego:

$$\text{tamaño} = a \cdot (80\%)^3 + b \cdot (80\%)^2 + c \cdot (80\%) + d$$

En realidad, solo hace falta calcular el polinomio que pasa por el intervalo en el que se encuentra el 80% pasante acumulado, pero se ha optado por indicar los coeficientes de todos los polinomios en el Anexo II.



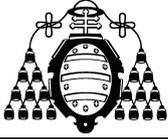


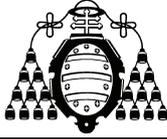
Capítulo 4

Ensayos Realizados

y

Aplicación de los Modelos de Distribución





4.1.- INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo describe los materiales que se utilizaron, un ejemplo de un ensayo realizado en laboratorio del Índice de Bond y la aplicación de los modelos de distribución que se realizaron a la alimentación y al producto resultante del mismo. Para facilitar la lectura se ha optado por mostrar los datos de un único ensayo. El resto de datos se encuentran en los **Anexos I** (Ensayos de Bond Realizados) y **Anexo II** (Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula).

Fueron sometidos a ensayo diversos materiales de distinta procedencia, los cuales ya estaban preacondicionados para su uso en el molino Bond (tamaño mayor de partículas menor de 6 mallas Tyler).

Se tienen en cuenta un total de **42 ensayos**, todos ellos **repetidos** para comprobar que no se han cometido errores y poder también comprobar la reproductibilidad del método. En el presente trabajo sólo se muestran los valores medios obtenidos de cada ensayo.

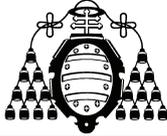
Los materiales sometidos a ensayos fueron: Caliza, Carbón, Celestina, Clinker, Escoria, Feldepató, Fluorita, Granate, Lepidolita, Magnetita, Scheelita, Sílice, Yeso y Zeolita.

4.2.- MATERIALES UTILIZADOS.

4.2.1.- Caliza.

La Caliza I se usa en tamaños mayores como balasto en obra civil. Las muestras empleadas fueron las que se encontraban en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres. Se le realizaron ensayos a tamaño de corte de 500 y 200 micras.

La Caliza II y III son muestras que se tomaron en las instalaciones de Cementos Avellaneda (San Luis, Argentina). Dichas muestras proceden de dos cintas transportadoras distintas y pertenecientes al parque de homogenización de minerales. Como los ensayos que se realizaron fueron llevados a cabo en el Departamento de Minería de la Universidad de San Luis, la serie de tamices utilizados allí fue la serie Tyler, por eso que los tamaños de corte sean 175 y 147 μm .



Las Calizas IV, V, VI y VII son muestras que una misma cantera pero de diferentes frentes (frente norte, frente sur, frente inferior y frente lateral). El material llegó al laboratorio en botes perfectamente cerrados y procedentes directamente de la misma. Debido a que había una mayor cantidad de una muestra de Caliza IV, se decidió realizarle ensayos a dos tamaños de corte (125 y 100 μm). El resto de muestras fueron ensayadas a 100 μm , tamaño al cual es reducida la caliza en la planta de tratamiento.

La Caliza IIX tiene la misma procedencia que las anteriores pero de la cantera que se encuentra en las inmediaciones. En este caso se realizaron ensayos a 500 y 125 μm .

4.2.2.- Carbón.

Fueron utilizadas las muestras de carbón que se encontraban en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres. En este caso, se comprobó que el tamaño máximo de partícula fuese menor que 6 mallas Tyler. Una vez realizado esto, se homogeneizaron las muestras y se separaron en bolsas de aproximadamente un kilo cada una para facilitar su manejo. Se procuró que todas las muestras fuesen representativas. El carbón fue ensayado a 125 y 80 μm .

4.2.3.- Celestina.

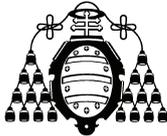
Al igual que el carbón, la celestina que se utilizó, se encontraba perfectamente almacenada en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres. Por su etiquetación se sabía de antemano que el tamaño máximo eran 3.150 μm , por lo que ya se encontraba preparada para ensayar. Se le realizaron ensayos a 500 y 200 μm de tamaño de corte.

4.2.4.- Clinker.

El material, procedente de una cementera, estaba almacenado en el en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres. El tamaño mayor de partícula era de 3.150 μm . Como se encontraba en grandes cantidades, se homogeneizó y desmustró en bolsas de aproximadamente un kilo cada una. Se le realizaron ensayos a 500 y 200 μm de tamaño de corte.

4.2.5.- Escoria.

La escoria se encontraba perfectamente almacenada en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres en bolsas de dos kilos por lo que se le pudo utilizar directamente. Los ensayos fueron realizados a 500 y 200 μm .



4.2.6.- Feldespato.

Como en el caso anterior, le material se encontraba también en bolsas de 2 kg cada una y se le realizaron ensayos a 500 y 200 μm de tamaño de corte.

4.2.7.- Fluorita.

La fluorita estaba en el laboratorio de menas envasada en botes perfectamente estancos y con distintos pesos. En este caso se decidió mezclar todo el material para homogeneizarlo y desmuestarlo posteriormente en bolsas de aproximadamente un kilo cada una. Previamente se comprobó que todo el material fuese menor de 6 mallas Tyler. Se realizaron ensayos a tamaños de corte de 500 y 200 μm .

4.2.8.- Granate.

Se usaron dos muestras completamente distintas de granate (Granate I y Granate II), pero ambas estaban perfectamente almacenadas en bolsas en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres. Se pudieron utilizar directamente. La cantidad de material solo permitió realizar ensayos a un solo tamaño de corte (200 μm) en ambos casos.

4.2.9.- Lepidolita.

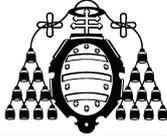
La lepidolita se encontraba en perfecto estado, almacenada en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres. El material fue homogenizado y posteriormente desmustrado en bolsas de un kilo cada una aproximadamente. Se le realizaron ensayos a 500 y 200 μm de tamaño de corte.

4.2.10.- Magnetita.

En este caso el ensayo al que fue sometida la magnetita fue de 160 μm , encontrando en perfecto estado de conservación en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres.

4.2.11.- Scheelita.

Las muestras llegaron directamente de la cantera de la que fue extraída. El material llegó totalmente homogeneizado, a un tamaño menor de 6 mallas Tyler. Al tener gran cantidad del mismo, se decidió hacer ensayos a cuatro tamaños de corte distintos (500, 400, 125 y 80 μm).



4.2.12.- Sílice.

La Sílice I, almacenada en el Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres, se encontraba en perfecto estado. Su procedencia era una planta de vidrio. Las muestras fueron homogeneizadas y desmuestreadas. Se realizó el ensayo a 200 μm de tamaño de corte.

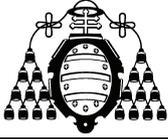
La Sílice II y III eran en realidad arenas de sílice a las que se le realizaron un ensayo a 125 μm para la primera y 80 μm para la segunda. Como no había gran cantidad de material, sólo se pudo hacer ensayos a un único tamaño de corte.

4.2.13.- Yeso.

Se ensayaron dos yesos (Yeso I y Yeso II) de distinta procedencia. El tamaño era menor de las 6 mallas Tyler, por lo que estaba listo para usarse. Como la cantidad de material era considerable, se les pudo realizar ensayos a dos tamaños de corte (500 y 200 μm).

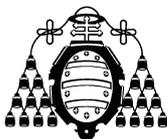
4.2.12.- Zeolita.

Este material llegó procedente de Cuba, por lo que la cantidad de muestra recibida hizo que sólo se le pudiese realizar el ensayo a un único tamaño de corte (100 μm). La zeolita llegó en perfecto estado y a un tamaño de partícula máximo de 6 mallas Tyler.



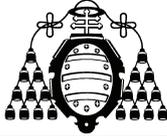
4.3.- ENSAYOS DE LABORATORIO.

En la tabla que se muestra a continuación, se indican los materiales con el número de ensayo y tamaño de corte al cual fueron sometidos.



<i>Material</i>	<i>P₁₀₀ (μm)</i>	<i>Nº de ensayo</i>
Caliza I	500	1
	200	2
Caliza II	175	3
	147	4
Caliza III	175	5
	147	6
Caliza IV	125	7
	100	8
Caliza V	100	9
Caliza VI	100	10
Caliza VII	100	11
Caliza IIX	500	12
	125	13
Carbón	125	14
	80	15
Celestina	500	16
	200	17
Clinker	500	18
	200	19
Escoria	500	20
	200	21
Feldespató	500	22
	200	23
Fluorita	500	24
	200	25
Granate I	200	26
Granate II	200	27
Lepidolita	500	28
	200	29
Magnetita	160	30
Scheelita	500	31
	400	32
	125	33
	80	34
Silice I	200	35
Silice II	125	36
Silice III	80	37
Yeso I	500	38
	200	39
Yeso II	500	40
	200	41
Zeolita	100	42

Tabla 4.1.- Relación materiales, tamaños de corte y nº de ensayo.



4.3.1.- Ejemplo de ensayo realizado.

A continuación se describe un ensayo del Índice de Bond que servirá a modo de ejemplo. Los datos correspondientes a los 42 ensayos se detallan en el Anexo I. Se describe el **ensayo nº1** (Caliza I). Se designa como ciclo al proceso de moler y tamizar.

4.3.1.1.- Caracterización granulométrica del material.

Se toma una muestra representativa, se tamiza, se pesa y se obtiene su granulometría. Los resultados se indican en la siguiente tabla.

Intervalo (µm)	Peso (g)	Peso (%)	Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
> 2000	265,3	23,25	2000	76,75
2000/1600	133,7	11,72	1600	65,04
1600/1250	120,8	10,59	1250	54,45
1250/800	157,4	13,79	800	40,66
800/500	213,9	18,74	500	21,92
500/400	69	6,05	400	15,87
<400	181,1	15,87		
Total:	1141,2	100,00%		

Tabla 4.2.- Granulometría de la alimentación

De estos datos se saca el valor de F_{80} aplicando un modelo de distribución de tamaños de partícula. Dicho valor se calculará en el punto 4.4.1 del presente trabajo.

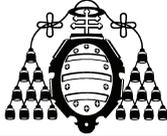
4.3.1.2.- Datos para el ensayo.

Se toma como alimentación inicial 700 cm^3 de material, que suponen un peso de 1.146,0 g. Para simular la operación en circuito cerrado con un 250% de carga circulante, será necesario después de la molienda, la obtención de un peso de finos (denominado peso ideal de finos) de:

$$\text{Peso ideal finos} = \frac{1.146,0}{3,5} = 327,4 \text{ g}$$

Tamaño de corte del circuito: $P_{100} = 500 \text{ µm}$.

Porcentaje de finos en la alimentación: 21,92%



4.3.1.3.- Primer ciclo.

La carga de esa primera molienda (carga inicial) corresponde a 700 cm³ de material fresco. Se le asigna un número arbitrario de revoluciones, en este caso 100. Los resultados después de la molienda son:

- Finos ya presentes: 251,2 g.
- Finos producidos: 639,2 g.
- Finos netos: 388,0 g.

Se calcula en el índice de molturabilidad:

$$Gbp = \frac{\text{Finos netos}}{n^{\circ} \text{ revoluciones}} = \frac{388,0 \text{ g.}}{100 \text{ rev.}} = 3,8800 \text{ g / rev.}$$

El pasante se retira, empaqueta y etiqueta adecuadamente. El rechazo retorna al molino, al cual se le añade alimentación fresca hasta reconstituir la carga inicial.

4.3.1.4.- Segundo ciclo.

El rechazo de la operación anterior más la alimentación fresca adicionada, componen la alimentación de este ciclo. El número de revoluciones de esta etapa se calcula como el cociente entre el peso ideal de finos menos los finos añadidos en la carga fresca, y el valor del Gbp del ciclo anterior:

$$n^{\circ} \text{ revoluciones} = \frac{327,4 \text{ g} - 140,1 \text{ g}}{3,8800 \text{ g/rev}} = 48,3 \text{ rev.}$$

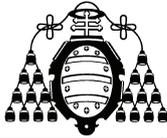
Transcurridas estas revoluciones, se descarga el molino y se criba el material (P₁₀₀). Los resultados después de la molienda son:

- Finos ya presentes: 140,1 g.
- Finos producidos: 399,8 g.
- Finos netos: 259,7 g.

El índice de molturabilidad:

$$Gbp = \frac{\text{Finos netos}}{n^{\circ} \text{ revoluciones}} = \frac{259,7 \text{ g.}}{48,3 \text{ rev.}} = 5,3790 \text{ g / rev.}$$

El pasante se retira, empaqueta y etiqueta adecuadamente. El rechazo retorna al molino, al cual se le añade alimentación fresca hasta reconstituir la carga inicial.



4.3.1.5.- Tercer ciclo.

El rechazo de la operación anterior más la alimentación fresca adicionada, componen la alimentación de este ciclo. El número de revoluciones de esta etapa se calcula como el cociente entre el peso ideal de finos menos los finos añadidos en la carga fresca, y el valor del Gbp del ciclo anterior:

$$n^{\circ} \text{ revoluciones} = \frac{327,4 \text{ g} - 87,6 \text{ g}}{5,3790 \text{ g/rev}} = 44,6 \text{ rev.}$$

Transcurridas estas revoluciones, se descarga el molino y se criba el material (P₁₀₀). Los resultados después de la molienda son:

- Finos ya presentes: 87,6 g.
- Finos producidos: 337,9 g.
- Finos netos: 250,3 g.

El índice de molturabilidad:

$$Gbp = \frac{\text{Finos netos}}{n^{\circ} \text{ revoluciones}} = \frac{250,3 \text{ g.}}{44,6 \text{ rev.}} = 5,6139 \text{ g/rev.}$$

El pasante se retira, empaqueta y etiqueta adecuadamente. El rechazo retorna al molino, al cual se le añade alimentación fresca hasta reconstituir la carga inicial.

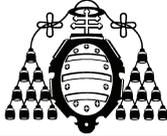
4.3.1.6.- Cuarto ciclo.

El rechazo de la operación anterior más la alimentación fresca adicionada, componen la alimentación de este ciclo. El número de revoluciones de esta etapa se calcula como el cociente entre el peso ideal de finos menos los finos añadidos en la carga fresca, y el valor del Gbp del ciclo anterior:

$$n^{\circ} \text{ revoluciones} = \frac{327,4 \text{ g} - 74,1 \text{ g}}{5,6139 \text{ g/rev}} = 45,1 \text{ rev.}$$

Transcurridas estas revoluciones, se descarga el molino y se criba el material (P₁₀₀). Los resultados después de la molienda son:

- Finos ya presentes: 74,1 g.
- Finos producidos: 329,0 g.
- Finos netos: 254,9 g.



El índice de molturabilidad:

$$Gbp = \frac{\text{Finos netos}}{n^{\circ} \text{ revoluciones}} = \frac{254,9 \text{ g.}}{45,1 \text{ rev.}} = 5,6487 \text{ g / rev.}$$

El pasante se retira, empaqueta y etiqueta adecuadamente. El rechazo retorna al molino, al cual se le añade alimentación fresca hasta reconstituir la carga inicial.

4.3.1.7.- Quinto ciclo.

El rechazo de la operación anterior más la alimentación fresca adicionada, componen la alimentación de este ciclo. El número de revoluciones de esta etapa se calcula como el cociente entre el peso ideal de finos menos los finos añadidos en la carga fresca, y el valor del Gbp del ciclo anterior:

$$n^{\circ} \text{ revoluciones} = \frac{327,4 \text{ g} - 72,1 \text{ g}}{5,5972 \text{ g/rev}} = 45,2 \text{ rev.}$$

Transcurridas estas revoluciones, se descarga el molino y se criba el material (P_{100}). Los resultados después de la molienda son:

- Finos ya presentes: 72,1 g.
- Finos producidos: 325,1 g.
- Finos netos: 253,0 g.

El índice de molturabilidad:

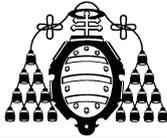
$$Gbp = \frac{\text{Finos netos}}{n^{\circ} \text{ revoluciones}} = \frac{253,0 \text{ g.}}{45,2 \text{ rev.}} = 5,5972 \text{ g / rev.}$$

El pasante se retira, empaqueta y etiqueta adecuadamente. El rechazo retorna al molino, al cual se le añade alimentación fresca hasta reconstituir la carga inicial.

4.3.1.8.- Sexto ciclo.

El rechazo de la operación anterior más la alimentación fresca adicionada, componen la alimentación de este ciclo. El número de revoluciones de esta etapa se calcula como el cociente entre el peso ideal de finos menos los finos añadidos en la carga fresca, y el valor del Gbp del ciclo anterior:

$$n^{\circ} \text{ revoluciones} = \frac{327,4 \text{ g} - 71,3 \text{ g}}{5,4393 \text{ g/rev}} = 45,8 \text{ rev.}$$



Transcurridas estas revoluciones, se descarga el molino y se criba el material (P_{100}). Los resultados después de la molienda son:

- Finos ya presentes: 71,3 g.
- Finos producidos: 320,2 g.
- Finos netos: 248,9 g.

El índice de molturabilidad:

$$Gbp = \frac{\text{Finos netos}}{n^{\circ} \text{ revoluciones}} = \frac{248,9 \text{ g.}}{45,8 \text{ rev.}} = 5,4393 \text{ g / rev.}$$

El pasante se retira, empaqueta y etiqueta adecuadamente. En este ciclo ya se ha llegado al equilibrio.

4.3.1.9.- Caracterización granulométrica de los finos del último ciclo.

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Intervalo (μm)	Peso (g)	Peso(%)	Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500/400	80,2	25,05	500	100,00
400/200	103,9	32,45	400	74,95
200/160	21,2	6,62	200	42,50
160/100	20,6	6,43	160	35,88
< 100	94,3	29,45	100	29,45
Total:	320,2	100,00%		

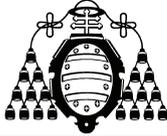
Tabla 4.3.- Granulometría de los finos del último ciclo

De estos datos se saca el valor de P_{80} aplicando un modelo de distribución de tamaños de partícula. Dicho valor se calculará en el punto 4.4.2 del presente trabajo.

4.3.1.10.- Cálculo del índice de molturabilidad.

El índice de molturabilidad resulta ser en este caso, la media de los valores de los tres últimos ciclos:

$$Gbp = \frac{5,6487 + 5,5972 + 5,4393}{3} = 5,5617 \text{ g / rev.}$$



4.3.1.11.- Cálculo del Índice de Bond.

El índice de trabajo del material, válido para molienda en molinos de bolas, se calculará según la expresión propuesta por Fred Bond:

$$w_i = \frac{44,5}{P_{100}^{0,23} \cdot Gbp^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} = \frac{44,5}{500^{0,23} \cdot 5,5617^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} \text{ (kWh / sht)}$$

Sólo queda conocer los valores de F_{80} y P_{80} (μm).

4.4.- APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE REPRESENTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE F_{80} Y P_{80} .

Como se indicó anteriormente, en este capítulo sólo son reflejados los datos para un único ensayo, que servirá a modo de ejemplo. Se tiene en cuenta los datos del **ensayo n°1**, correspondiente a la Caliza I.

4.4.1.- Obtención del parámetro F_{80} .

4.4.1.1.- Representación Gates-Gaudin-Schuhmann.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en punto 4.3.1.1 del presente capítulo. Se calcula la fracción del pasante acumulado y el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,15	0,00
0,77	0,69	-0,26
0,65	0,47	-0,43
0,54	0,22	-0,61
0,41	-0,22	-0,90
0,22	-0,69	-1,52
0,16	-0,92	-1,84
0,08	-1,61	-2,57
0,06	-1,83	-2,75
0,05	-2,30	-2,96

Tabla 4. 4.- Datos para el modelo.

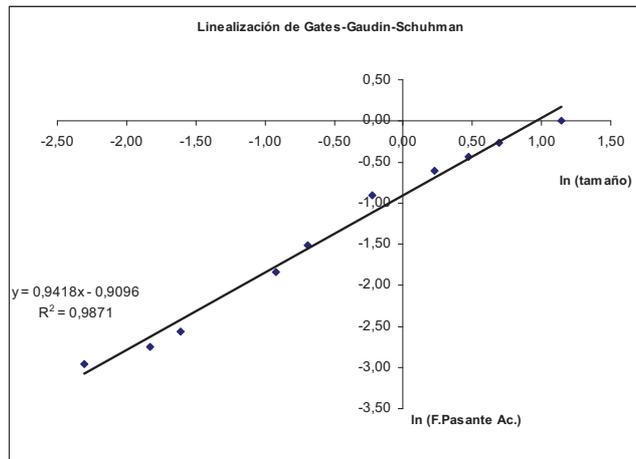
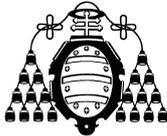


Figura 4.1.- Representación gráfica Gates-Gaudin-Schuhman.

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,9418 \ln(\text{tamaño}) - 0,9096$$

La recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.028 \mu\text{m}$$

4.4.1.2.- Representación Rosin-Rammler.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el punto 4.3.1.1 del presente capítulo. Se calcula la fracción del pasante acumulado, el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción del rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,83	0,69	-1,78	0,58
0,72	0,47	-1,28	0,24
0,61	0,22	-0,94	-0,06
0,46	-0,22	-0,62	-0,48
0,34	-0,69	-0,42	-0,86
0,29	-0,92	-0,34	-1,08
0,20	-1,61	-0,22	-1,51

Tabla 4.5.- Datos para el modelo.

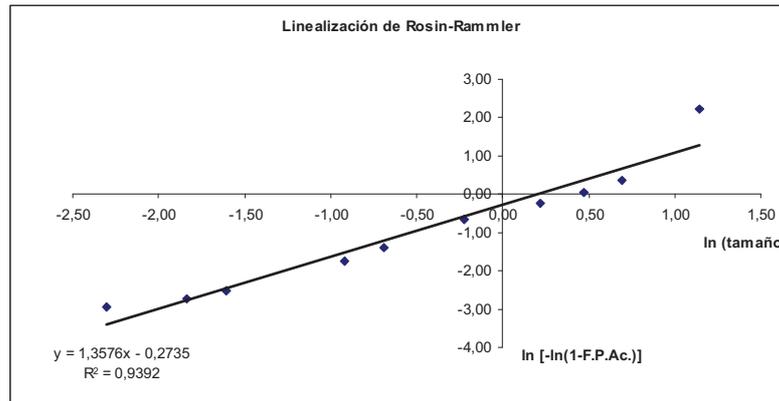
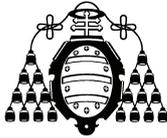


Figura 4.2.- Representación gráfica Rosin-Rammler.

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1 - F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1 - F. Pasante Ac)] = 1,3576 \ln(\text{tamaño}) - 0,2735$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9832$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1 - F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1 - 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.737 \mu\text{m}$$

4.4.1.3.- Representación Log-Normal.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el punto 4.3.1.1 del presente capítulo. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z :

ln D	Z
8,055	3,72
7,60	0,73
7,38	0,39
7,13	0,11
6,68	-0,24
6,21	-0,77
5,99	-1,00
5,30	-1,43
5,08	-1,52
4,61	-1,63

Tabla 4.6.- Datos que se han obtenido del modelo.

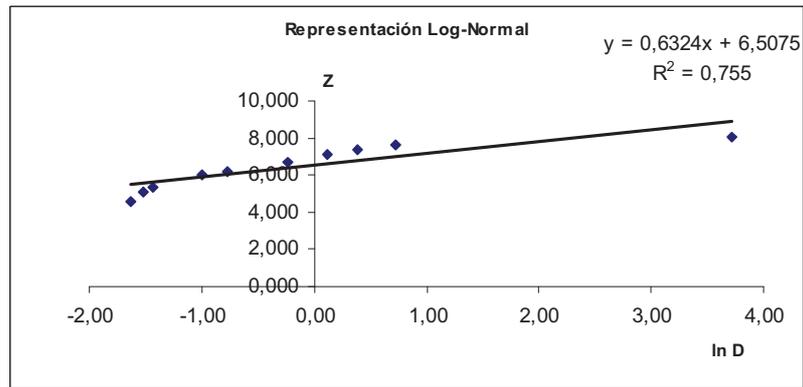


Figura 4.3.- Representación Log-Normal.

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln D = \alpha * Z + \beta$$

$$\ln D = 0,63 * Z + 6,44$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,755$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.038 \mu\text{m}$$

4.4.1.4.- Representación Log-Cartesiana.

Se toman los dos puntos ente los que se encuentra el valor del 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material, los datos se muestran en el punto 4.3.1.1. A continuación se calcula ellogaritmo del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3150	100	3,50
2000	76,75	3,30

Tabla 4.7.- Datos para el modelo.

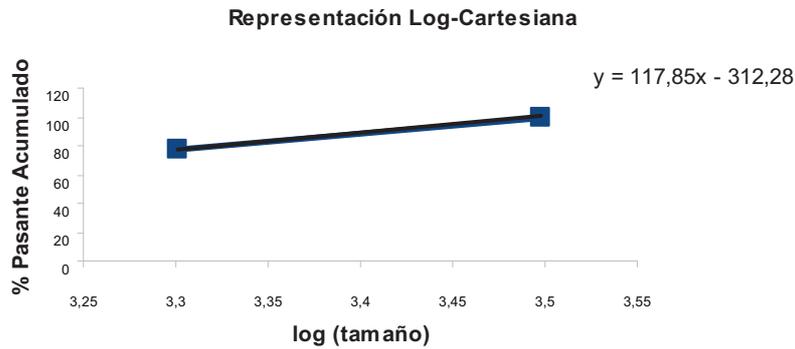
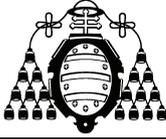


Figura 4.4.- Representación gráfica Log-Cartesiana.

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.131 \mu\text{m}$$

4.4.1.5.- Representación Cartesiana-Cartesiana.

Se toman los dos puntos entre los que se encuentra el 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. Los datos se muestran en el punto 4.3.1.1.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	100
2000	76,75

Tabla 4.8.- Datos para el modelo.

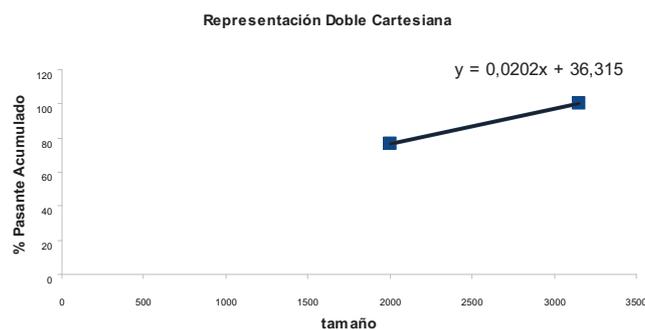


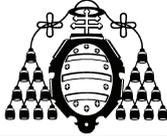
Figura 4.5- Representación gráfica Cartesiana-Cartesiana.

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0202 * \text{Tamaño} + 36,315$$



Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.161 \mu\text{m}$$

4.4.1.6.- Representación Splines.

Se toman los datos de la granulometría de los materiales indicados en punto 4.3.1.1 del presente capítulo y ordenados de manera ascente (condición marcada por la hoja de cálculo que se utilizó). Para este caso el tamaño de partícula se reprecisa en el eje de ordenadas y el porcentaje de pasante acumulado en el eje de abscisas.

% Pasante Ac.	Tamaño (μm)
5,16	100
6,39	160
7,65	200
15,87	400
21,92	500
40,66	800
54,45	1250
65,04	1600
76,75	2000
99,99	3150

Tabla 4.9.- Datos para el modelo.

Coefficientes	*x ³	*x ²	*x	Independiente
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 4.10.- Coeficientes de los polinomios de la Spline.

Estos valores se aproximan a un polinomio de grado 3 que da como resultado:

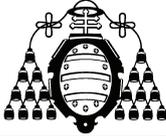
$$y = a x^3 + b x^2 + c x + d$$

$$\text{Tamaño} = a * (\% \text{ P. Ac.})^3 + b * (\% \text{ P. Ac.})^2 + c * (\% \text{ P. Ac.}) + d$$

$$\text{Tamaño} = - 0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 * (\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Para un 80% de pasante acumulado, se obtiene el tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.134 \mu\text{m}$$



4.4.2.- Obtención del parámetro P_{80} .

4.4.2.1.- Representación Gates-Gaudin-Schuhmann.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en punto 4.3.1.9 del presente capítulo. Se calcula la fracción del pasante acumulado y el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-0,69	0,00
0,75	-0,92	-0,29
0,43	-1,61	-0,86
0,36	-1,83	-1,02
0,29	-2,30	-1,22

Tabla 4.11.- Datos para el modelo.

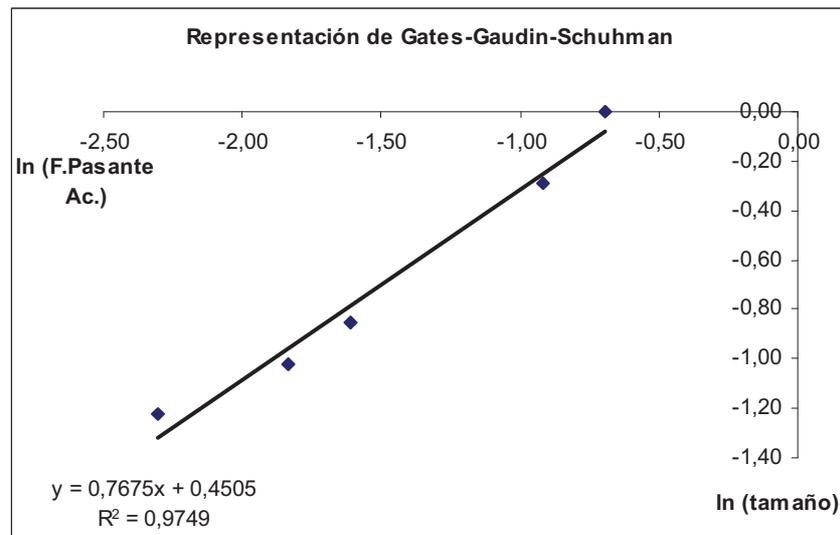


Figura. 4.6.- Representación gráfica Gates-Gaudin-Schuhman.

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln (\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,7675 \ln (\text{tamaño}) + 0,4505$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9749$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 416 \mu\text{m}$$



4.4.2.2.- Representación Rosin-Rammler.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el punto 4.3.1.9 del presente capítulo. Se calcula la fracción del pasante acumulado, el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción del rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac.)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,75	-0,92	-1,38	0,33
0,43	-1,61	-0,55	-0,59
0,36	-1,83	-0,44	-0,81
0,29	-2,30	-0,35	-1,05

Tabla 4.12.- Datos para el modelo.

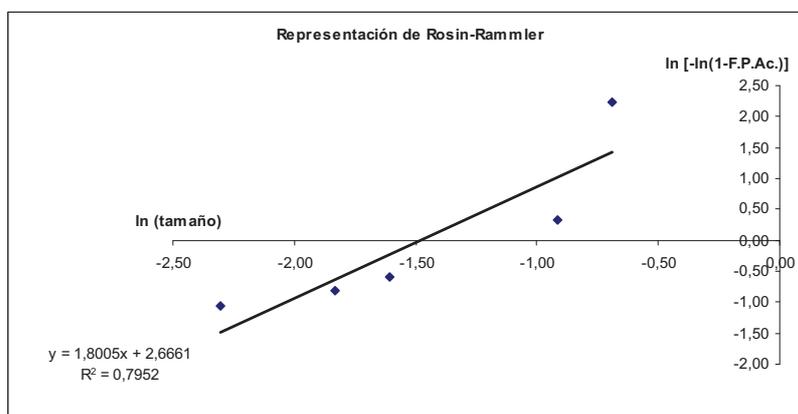


Figura 4.7.- Representación gráfica Rosin-Rammler.

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac.)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac.)] = 1,8005 \ln(\text{tamaño}) + 2,6661$$

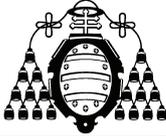
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,7962$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac.)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 296 \mu\text{m}$$

4.4.2.3.- Representación Log-Normal.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el punto 4.3.1.9 del presente capítulo. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z :



In D	Z
6,215	3,72
5,99	0,67
5,30	-0,19
5,08	-0,36
4,61	-0,54

Tabla 4.13.- Datos para el modelo.

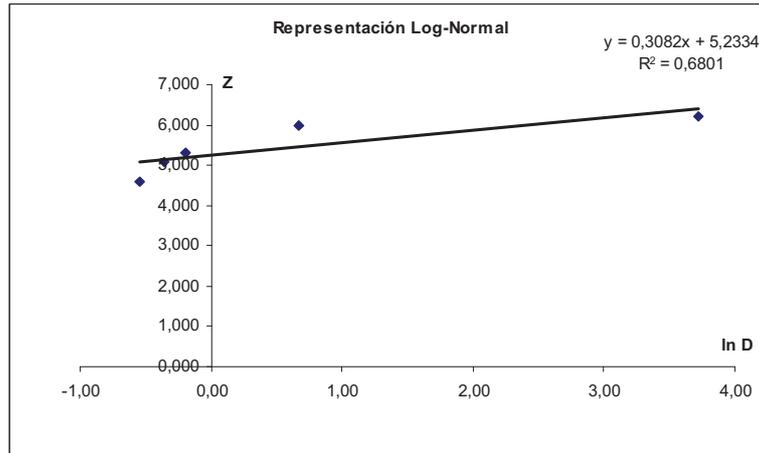


Figura 4.8.- Representación gráfica Log-Normal.

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln D = \alpha * Z + \beta$$

$$\ln D = 0,28 * Z + 5,40$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,680$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 277 \mu\text{m}$$

4.4.2.4.- Representación Log-Cartesiana.

Se toman los dos puntos ente los que se encuentra el valor del 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material, los datos se muestran en el punto 4.3.1.9. A continuación se calcula el logaritmo del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,699
400	74,95	2,602

Tabla 4.14.- Datos para el modelo.

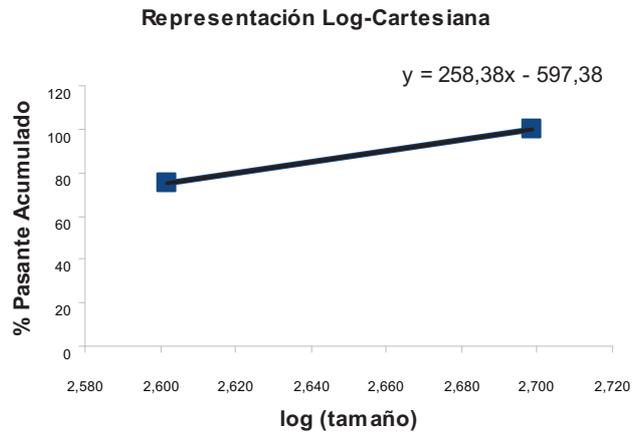
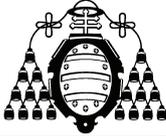


Figura 4.9.- Representación gráfica Log-Cartesiana.

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 418 \mu\text{m}$$

4.4.2.5.- Representación Cartesiana-Cartesiana.

Se toman los dos puntos entre los que se encuentra el 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. Los datos se muestran en el punto 4.3.1.9.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	74,95

Tabla 4.15.- Datos para el modelo

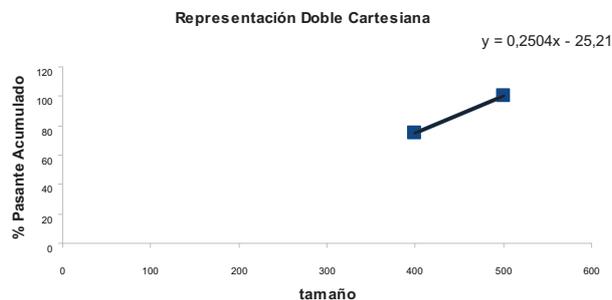


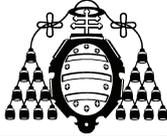
Figura 4.10.- Representación gráfica Cartesiana-Cartesiana

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,25404 * \text{Tamaño} - 25,21$$



Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 420 \mu\text{m}$$

4.4.2.6.- Representación Splines.

Se toman los datos de la granulometría de los materiales indicados en punto 4.3.1.9 del presente capítulo y ordenados de manera ascente (cóndición marcada por la hoja de cálculo que se utilizó). Para este caso el tamaño de partícula se reprenseta en el eje de ordenadas y el porcentaje de pasante acumulado en el eje de abscisas.

% Pasante Ac.	Tamaño (μm)
29,45	100
35,88	160
42,5	200
74,95	400
99,99	500

Tabla 4.16.- Datos para el modelo.

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Independiente
Polinomio 1:	-0,021	1,813	-43,203	324,249
Polinomio 2:	0,023	-2,920	126,587	-1706,431
Polinomio 3:	-0,002	0,261	-8,600	208,715
Polinomio 4:	0,001	-0,305	33,834	-851,438

Tabla 4.17.- Coeficientes de los polinomios de la Spline.

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

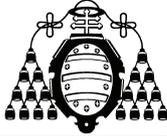
$$y = a x^3 + b x^2 + c x + d$$

$$\text{Tamaño} = a * (\% \text{ P. Ac.})^3 + b * (\% \text{ P. Ac.})^2 + c * (\% \text{ P. Ac.}) + d$$

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 0,305 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 33,834 * (\% \text{ P. Ac.}) - 851,438$$

Para un 80% de pasante acumulado, se obtiene el tamaño de partícula:

$$P_{80} = 425 \mu\text{m}$$



4.5.- INDICES DE BOND OBTENIDOS.

4.5.1.- Mediante representación Gates-Gaudin-Schuhmann.

Con el tamaño de corte (P_{100}), índice de molturabilidad y los valores de F_{80} y el P_{80} calculados según el modelo Gates-Gaudin-Schuhmann, sólo queda sustituirlos en la fórmula y obtener el valor final del Índice de Bond.

A modo de ejemplo se detallan los cálculos para el ensayo nº 1, correspondiente a la Caliza I para un tamaño de corte de 500 micras:

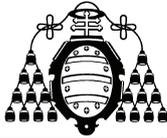
- P_{100} : 500 μm .
- G_{bp} : 5,5617 g/rev.
- P_{80} : 416 μm .
- F_{80} : 2073 μm .

Sustituyendo en la fórmula propuesta por Bond:

$$w_i = \frac{44,5}{P_{100}^{0,23} \cdot G_{bp}^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} = \frac{44,5}{500^{0,23} \cdot 5,5617^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{416}} - \frac{10}{\sqrt{2.073}} \right)} = 9,918 \text{ kWh / sht}$$

$$w_i = 9,918 \text{ kWh/sht} * 1,102 = \mathbf{10,93 \text{ kWh/t}}$$

Se muestra de manera resumida los resultados obtenidos, para los 42 ensayos realizados, en la siguiente tabla:



Capítulo 4: Ensayos Realizados y Aplicación de los Modelos de Distribución.

Nº de ensayo	P_{100}	G_{bp}	F_{80}	P_{80}	W_i (kWh/t)
1	500	5,371	2073	416	10,93
2	200	3,065	2073	152	9,76
3	175	20,831	2503	125	1,79
4	147	6,240	2503	137	5,31
5	175	3,818	2485	131	7,41
6	147	2,178	2485	118	11,42
7	125	4,142	2052	99	6,43
8	100	1,810	1827	88	12,60
9	100	10,660	1877	90	2,97
10	100	3,114	2095	93	8,16
11	100	7,466	1670	86	3,92
12	500	4,235	4006	378	10,08
13	125	2,938	8177	98	7,40
14	125	1,377	1827	107	16,94
15	80	3,397	1827	77	7,27
16	500	1,349	1838	563	48,81
17	200	2,430	1838	151	12,08
18	500	2,107	1920	401	23,53
19	200	13,051	2175	156	3,01
20	500	5,310	1025	445	18,46
21	200	6,770	1025	167	6,55
22	500	3,687	1597	418	16,86
23	200	2,971	1647	174	11,61
24	500	2,740	2626	406	17,06
25	200	2,893	3217	162	9,96
26	200	2,182	284	144	31,92
27	200	4,002	423	172	16,80
28	500	3,241	2512	409	15,19
29	200	5,352	2074	173	6,77
30	160	3,155	276	134	22,88
31	500	4,548	1919	348	11,02
32	400	7,686	1995	289	6,38
33	125	3,118	1890	103	8,40
34	80	2,152	1819	69	9,88
35	200	1,137	394	177	52,66
36	125	1,147	563	103	25,50
37	80	0,734	350	75	37,31
38	500	4,856	1581	375	12,12
39	200	4,516	1581	160	7,82
40	500	1,453	1911	373	29,88
41	200	1,219	1911	154	21,32
42	100	1,019	5373	91	18,37

Tabla 4.18.- Valores de W_i obtenidos mediante representación de Gates-Gaudin-Schuhman.

Se marcan en sombreado, aquellos valores de F_{80} y/o P_{80} que han quedado fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar.



4.5.2.- Mediante representación Rosin-Rammler.

Con el tamaño de corte (P_{100}), índice de molturabilidad y los valores de F_{80} y el P_{80} calculados según el modelo Rosin-Rammler, sólo queda sustituirlos en la fórmula y obtener el valor final del Índice de Bond.

A modo de ejemplo se detallan los cálculos para el ensayo nº 1, correspondiente a la Caliza I para un tamaño de corte de 500 micras:

- P_{100} : 500 μm .
- G_{bp} : 5,3708 g/rev.
- P_{80} : 296 μm .
- F_{80} : 1737 μm .

Sustituyendo en la fórmula propuesta por Bond:

$$w_i = \frac{44,5}{P_{100}^{0,23} \cdot G_{bp}^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} = \frac{44,5}{500^{0,23} \cdot 5,3708^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{296}} - \frac{10}{\sqrt{1.737}} \right)} = 7,873 \text{ kWh / sht}$$

$$w_i = 7,873 \text{ kWh/sht} \cdot 1,102 = \mathbf{8,677 \text{ kWh/t}}$$

Se muestra de manera resumida los resultados obtenidos, para los 42 ensayos realizados, en la siguiente tabla:

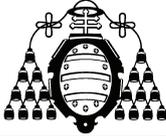


Capítulo 4: Ensayos Realizados y Aplicación de los Modelos de Distribución.

Nº de ensayo	P_{100}	G_{bp}	F_{80}	P_{80}	W_i (kWh/t)
1	500	5,371	1737	296	8,68
2	200	3,065	1737	132	9,16
3	175	20,831	2129	108	1,66
4	147	6,240	2129	116	4,88
5	175	3,818	2004	111	6,88
6	147	2,178	2004	101	10,64
7	125	4,142	1333	83	6,09
8	100	1,810	1323	79	12,27
9	100	10,660	1266	80	2,92
10	100	3,114	1454	82	7,97
11	100	7,466	1025	76	3,93
12	500	4,235	45	234	-4,27
13	125	2,938	381	58	8,31
14	125	1,377	1332	89	15,85
15	80	3,397	1332	69	7,09
16	500	1,349	1534	405	38,00
17	200	2,430	1534	132	11,35
18	500	2,107	2037	303	18,04
19	200	13,051	1692	134	2,85
20	500	5,310	1068	351	13,11
21	200	6,770	1068	142	5,66
22	500	3,687	1554	320	13,21
23	200	2,971	1267	147	10,89
24	500	2,740	2923	309	13,39
25	200	2,893	2853	138	9,15
26	200	2,182	243	126	30,62
27	200	4,002	406	146	14,04
28	500	3,241	2688	315	12,08
29	200	5,352	1666	146	6,28
30	160	3,155	235	115	21,34
31	500	4,548	1270	258	9,92
32	400	7,686	1267	238	6,32
33	125	3,118	851	73	7,71
34	80	2,152	1296	62	9,58
35	200	1,137	411	150	40,28
36	125	1,147	226	73	28,73
37	80	0,734	317	69	35,93
38	500	4,856	1523	281	9,45
39	200	4,516	1523	138	7,08
40	500	1,453	2097	282	22,90
41	200	1,219	2097	133	19,01
42	100	1,019	4154	81	17,52

Tabla 4.19.- Valores de W_i obtenidos mediante representación de Rosin-Rammler

Se marcan en sombreado, aquellos valores de F_{80} y/o P_{80} que han quedado fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar.



4.5.3.- Mediante representación Log-Normal.

Con el tamaño de corte (P_{100}), índice de molturabilidad y los valores de F_{80} y el P_{80} calculados según el modelo Log-Normal, sólo queda sustituirlos en la fórmula y obtener el valor final del Índice de Bond.

A modo de ejemplo se detallan los cálculos para el ensayo nº 1, correspondiente a la Caliza I para un tamaño de corte de 500 micras:

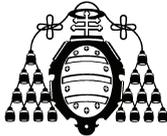
- P_{100} : 500 μm .
- Gbp : 5,3708 g/rev.
- P_{80} : 277 μm .
- F_{80} : 1.038 μm .

Sustituyendo en la fórmula propuesta por Bond:

$$w_i = \frac{44,5}{P_{100}^{0,23} \cdot Gbp^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} = \frac{44,5}{500^{0,23} \cdot 5,3708^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{277}} - \frac{10}{\sqrt{1.038}} \right)} = 9,245 \text{ kWh / sht}$$

$$w_i = 9,245 \text{ kWh/sht} * 1,102 = \mathbf{10,188 \text{ kWh/t}}$$

Se muestra de manera resumida los resultados obtenidos, para los 42 ensayos realizados, en la siguiente tabla:

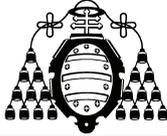


Capítulo 4: Ensayos Realizados y Aplicación de los Modelos de Distribución.

Nº de ensayo	P_{100}	G_{bp}	F_{80}	P_{80}	W_i (kWh/t)
1	500	5,371	1038	277	10,19
2	200	3,065	1038	150	11,43
3	175	20,831	1139	102	1,79
4	147	6,240	1139	110	5,28
5	175	3,818	1031	107	7,61
6	147	2,178	1031	97	11,71
7	125	4,142	868	78	6,35
8	100	1,810	757	76	13,28
9	100	10,660	702	76	3,19
10	100	3,114	773	78	8,66
11	100	7,466	605	74	4,34
12	500	4,235	1736	208	7,92
13	125	2,938	980	74	7,89
14	125	1,377	911	82	16,13
15	80	3,397	911	64	7,17
16	500	1,349	1186	324	34,59
17	200	2,430	1186	150	13,30
18	500	2,107	1945	321	19,23
19	200	13,051	1020	151	3,52
20	500	5,310	709	326	16,75
21	200	6,770	709	150	6,85
22	500	3,687	1665	324	12,97
23	200	2,971	985	152	12,05
24	500	2,740	2353	322	14,64
25	200	2,893	1208	151	11,53
26	200	2,182	191	122	42,22
27	200	4,002	336	152	17,49
28	500	3,241	2692	323	12,32
29	200	5,352	1024	152	7,34
30	160	3,155	229	121	23,98
31	500	4,548	1130	239	9,69
32	400	7,686	1045	219	6,33
33	125	3,118	865	77	7,95
34	80	2,152	793	59	10,13
35	200	1,137	322	152	51,72
36	125	1,147	325	77	24,65
37	80	0,734	250	64	37,40
38	500	4,856	1557	318	10,45
39	200	4,516	1557	151	7,52
40	500	1,453	2021	318	25,57
41	200	1,219	2021	150	20,76
42	100	1,019	1346	77	19,33

Tabla 4.20.- Valores de W_i obtenidos mediante representación Log-Normal.

Se marcan en sombreado, aquellos valores de F_{80} y/o P_{80} que han quedado fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar.



4.5.4.- Mediante representación Log-Cartesiana.

Con el tamaño de corte (P_{100}), índice de molturabilidad y los valores de F_{80} y el P_{80} calculados según el modelo Log-Cartesiana, sólo queda sustituirlos en la fórmula y obtener el valor final del Índice de Bond.

A modo de ejemplo se detallan los cálculos para el ensayo nº 1, correspondiente a la Caliza I para un tamaño de corte de 500 micras:

- P_{100} : 500 μm .
- Gbp : 5,3708 g/rev.
- P_{80} : 418 μm .
- F_{80} : 2.131 μm .

Sustituyendo en la fórmula propuesta por Bond:

$$w_i = \frac{44,5}{P_{100}^{0,23} \cdot Gbp^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} = \frac{44,5}{500^{0,23} \cdot 5,3708^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{418}} - \frac{10}{\sqrt{2.131}} \right)} = 9,842 \text{ kWh / sht}$$

$$w_i = 9,842 \text{ kWh/sht} \cdot 1,102 = \mathbf{10,87 \text{ kWh/t}}$$

Se muestra de manera resumida los resultados obtenidos, para los 42 ensayos realizados, en la siguiente tabla:

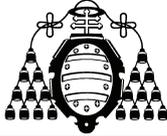


Capítulo 4: Ensayos Realizados y Aplicación de los Modelos de Distribución.

Nº de ensayo	P_{100}	G_{bp}	F_{80}	P_{80}	W_i (kWh/t)
1	500	5,371	2131	418	10,87
2	200	3,065	2131	156	9,91
3	175	20,831	2524	129	1,82
4	147	6,240	2524	135	5,23
5	175	3,818	2463	130	7,38
6	147	2,178	2463	119	11,50
7	125	4,142	1894	94	6,29
8	100	1,810	1863	86	12,35
9	100	10,660	1884	89	2,94
10	100	3,114	1917	91	8,17
11	100	7,466	1640	85	3,91
12	500	4,235	2712	372	11,02
13	125	2,938	2662	97	8,11
14	125	1,377	1921	101	16,20
15	80	3,397	1921	75	7,09
16	500	1,349	1519	469	44,72
17	200	2,430	1519	157	12,92
18	500	2,107	1892	416	24,47
19	200	13,051	1921	160	3,13
20	500	5,310	1031	442	18,20
21	200	6,770	1031	168	6,57
22	500	3,687	1584	424	17,19
23	200	2,971	1515	174	11,84
24	500	2,740	2534	416	17,61
25	200	2,893	2671	164	10,34
26	200	2,182	201	140	54,35
27	200	4,002	419	171	16,85
28	500	3,241	2372	415	15,68
29	200	5,352	2192	173	6,70
30	160	3,155	199	132	37,20
31	500	4,548	1946	349	10,98
32	400	7,686	2025	290	6,36
33	125	3,118	1972	100	8,21
34	80	2,152	1972	67	9,60
35	200	1,137	424	175	48,42
36	125	1,147	378	99	29,59
37	80	0,734	343	73	36,57
38	500	4,856	1535	402	13,20
39	200	4,516	1535	154	7,65
40	500	1,453	1877	385	31,01
41	200	1,219	1877	156	21,63
42	100	1,019	2342	89	19,68

Tabla 4.21.- Valores de W_i obtenidos mediante representación Log-Cartesiana.

Se marcan en sombreado, aquellos valores de F_{80} y/o P_{80} que han quedado fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar.



4.5.5.- Mediante representación Cartesiana-Cartesiana.

Con el tamaño de corte (P_{100}), índice de molturabilidad y los valores de F_{80} y el P_{80} calculados según el modelo Cartesiana-Cartesiana, sólo queda sustituirlos en la fórmula y obtener el valor final del Índice de Bond

A modo de ejemplo se detallan los cálculos para el ensayo nº 1, correspondiente a la Caliza I para un tamaño de corte de 500 micras:

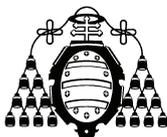
- P_{100} : 500 μm .
- G_{bp} : 5,3708 g/rev.
- P_{80} : 420 μm
- F_{80} : 2.161 μm .

Sustituyendo en la fórmula propuesta por Bond:

$$w_i = \frac{44,5}{P_{100}^{0,23} \cdot G_{bp}^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} = \frac{44,5}{500^{0,23} \cdot 5,3708^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{420}} - \frac{10}{\sqrt{2.161}} \right)} = 9,842 \text{ kWh / sht}$$

$$w_i = 9,842 \text{ kWh/sht} * 1,102 = \mathbf{10,846 \text{ kWh/t}}$$

Se muestra de manera resumida los resultados obtenidos, para los 42 ensayos realizados, en la siguiente tabla:

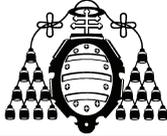


Capítulo 4: Ensayos Realizados y Aplicación de los Modelos de Distribución.

Nº de ensayo	P_{100}	G_{bp}	F_{80}	P_{80}	W_i (kWh/t)
1	500	5,371	2161	420	10,85
2	200	3,065	2161	156	9,90
3	175	20,831	2550	129	1,82
4	147	6,240	2550	135	5,24
5	175	3,818	2480	130	7,38
6	147	2,178	2480	120	11,53
7	125	4,142	1921	96	6,37
8	100	1,810	1897	87	12,36
9	100	10,660	1914	89	2,95
10	100	3,114	1939	92	8,19
11	100	7,466	1714	86	3,90
12	500	4,235	2751	375	11,04
13	125	2,938	2706	99	8,22
14	125	1,377	1942	104	16,44
15	80	3,397	1942	75	7,10
16	500	1,349	1526	471	44,83
17	200	2,430	1526	157	12,92
18	500	2,107	1901	417	24,50
19	200	13,051	1928	160	3,13
20	500	5,310	1035	445	18,30
21	200	6,770	1035	169	6,59
22	500	3,687	1586	426	17,27
23	200	2,971	1523	175	11,88
24	500	2,740	2538	417	17,65
25	200	2,893	2686	165	10,35
26	200	2,182	201	141	55,54
27	200	4,002	421	172	16,91
28	500	3,241	2382	417	15,72
29	200	5,352	2232	174	6,71
30	160	3,155	199	133	37,74
31	500	4,548	1960	350	10,98
32	400	7,686	2031	294	6,43
33	125	3,118	1980	103	8,33
34	80	2,152	1980	68	9,63
35	200	1,137	426	176	48,62
36	125	1,147	382	102	30,18
37	80	0,734	345	75	37,26
38	500	4,856	1541	402	13,18
39	200	4,516	1541	155	7,67
40	500	1,453	1887	389	31,23
41	200	1,219	1887	156	21,65
42	100	1,019	2389	90	19,71

Tabla 4.22.- Valores de W_i obtenidos mediante representación Cartesiana-Cartesiana.

Se marcan en sombreado, aquellos valores de F_{80} y/o P_{80} que han quedado fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar.



4.5.6.- Mediante representación por Splines.

Con el tamaño de corte (P_{100}), índice de molturabilidad y los valores de F_{80} y el P_{80} calculados según el modelo por Splines, sólo queda sustituirlos en la fórmula y obtener el valor final del Índice de Bond

A modo de ejemplo se detallan los cálculos para el ensayo nº 1, correspondiente a la Caliza I para un tamaño de corte de 500 micras:

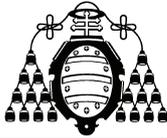
- P_{100} : 500 μm .
- Gbp : 5,3708 g/rev.
- P_{80} : 425 μm .
- F_{80} : 2.134 μm

Sustituyendo en la fórmula propuesta por Bond:

$$w_i = \frac{44,5}{P_{100}^{0,23} \cdot Gbp^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)} = \frac{44,5}{500^{0,23} \cdot 5,3708^{0,82} \cdot \left(\frac{10}{\sqrt{425}} - \frac{10}{\sqrt{2.134}} \right)} = 9,992 \text{ kWh / sht}$$

$$w_i = 9,992 \text{ kWh/sht} * 1,102 = \mathbf{11,011 \text{ kWh/t}}$$

Se muestra de manera resumida los resultados obtenidos, para los 42 ensayos realizados, en la siguiente tabla:

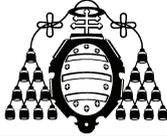


Capítulo 4: Ensayos Realizados y Aplicación de los Modelos de Distribución.

Nº de ensayo	P_{100}	G_{bp}	F_{80}	P_{80}	W_i (kWh/t)
1	500	5,371	2134	425	11,01
2	200	3,065	2134	157	9,94
3	175	20,831	2545	135	1,87
4	147	6,240	2545	135	5,23
5	175	3,818	2457	129	7,36
6	147	2,178	2457	120	11,57
7	125	4,142	1898	94	6,28
8	100	1,810	1876	86	12,34
9	100	10,660	1906	90	2,96
10	100	3,114	1924	93	8,25
11	100	7,466	1680	86	3,92
12	500	4,235	-67632	375	-
13	125	2,938	-6380	100	-
14	125	1,377	1930	101	16,20
15	80	3,397	1930	80	7,38
16	500	1,349	12606	583	28,25
17	200	2,430	12606	157	9,89
18	500	2,107	1897	422	24,77
19	200	13,051	1893	160	3,14
20	500	5,310	1029	455	19,01
21	200	6,770	1029	170	6,64
22	500	3,687	1584	432	17,51
23	200	2,971	1526	178	12,02
24	500	2,740	2533	421	17,79
25	200	2,893	2689	165	10,37
26	200	2,182	238	138	37,49
27	200	4,002	413	173	17,38
28	500	3,241	2375	419	15,80
29	200	5,352	2196	177	6,82
30	160	3,155	152	133	104,54
31	500	4,548	1956	349	10,98
32	400	7,686	2029	295	6,45
33	125	3,118	1977	101	8,26
34	80	2,152	1977	67	9,60
35	200	1,137	423	178	49,64
36	125	1,147	273	100	36,70
37	80	0,734	337	76	38,07
38	500	4,856	1532	403	13,25
39	200	4,516	1532	154	7,63
40	500	1,453	1883	390	31,30
41	200	1,219	1883	157	21,67
42	100	1,019	347	90	32,41

Tabla 4.23.- Valores de W_i obtenidos mediante representación por Splines.

Se marcan en sombreado, aquellos valores de F_{80} y/o P_{80} que han quedado fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar.



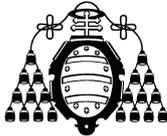
4.6.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

Los resultados obtenidos después de haber aplicado los 6 modelos de distribución de tamaños de partículas, se muestran en la siguiente tabla.

Se denota:

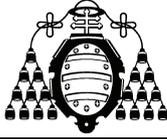
- GS: Gates-Gaudin-Schuhmann.
- RR: Rosin-Rammler.
- LN: Log-Normal.
- LC: Log-Cartesiana.
- CC: Cartesiana-Cartesiana (o Doble Cartesiana)
- SPL: Splines.

Se marcan en sombreado, aquellos valores finales de w_i que han sido calculados con un valor de F_{80} y/o P_{80} que han quedado fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar.



Nº de ensayo	W_i (kWh/t)					
	GS	RR	LN	LC	CC	SPL
1	10,93	8,68	10,19	10,87	10,85	11,01
2	9,76	9,16	11,43	9,91	9,90	9,94
3	8,82	1,66	1,79	1,82	1,82	1,87
4	10,42	4,88	5,28	5,23	5,24	5,23
5	9,30	6,88	7,61	7,38	7,38	7,36
6	11,40	10,64	11,71	11,50	11,53	11,57
7	6,62	6,09	6,35	6,29	6,37	6,28
8	7,81	12,27	13,28	12,35	12,36	12,34
9	5,23	2,92	3,19	2,94	2,95	2,96
10	8,07	7,97	8,66	8,17	8,19	8,25
11	5,89	3,93	4,34	3,91	3,90	3,92
12	6,18	-4,27	7,92	11,02	11,04	-
13	7,05	8,31	7,89	8,11	8,22	-
14	11,75	15,85	16,13	16,20	16,44	16,20
15	17,85	7,09	7,17	7,09	7,10	7,38
16	5,18	38,00	34,59	44,72	44,83	28,25
17	5,58	11,35	13,30	12,92	12,92	9,89
18	14,45	18,04	19,23	24,47	24,50	24,77
19	13,06	2,85	3,52	3,13	3,13	3,14
20	22,63	13,11	16,75	18,20	18,30	19,01
21	19,32	5,66	6,85	6,57	6,59	6,64
22	7,06	13,21	12,97	17,19	17,27	17,51
23	11,17	10,89	12,05	11,84	11,88	12,02
24	7,50	13,39	14,64	17,61	17,65	17,79
25	7,29	9,15	11,53	10,34	10,35	10,37
26	26,33	30,62	42,22	54,35	55,54	37,49
27	40,28	14,04	17,49	16,85	16,91	17,38
28	14,62	12,08	12,32	15,68	15,72	15,80
29	20,94	6,28	7,34	6,70	6,71	6,82
30	28,35	21,34	23,98	37,20	37,74	104,54
31	10,44	9,92	9,69	10,98	10,98	10,98
32	9,86	6,32	6,33	6,36	6,43	6,45
33	15,71	7,71	7,95	8,21	8,33	8,26
34	15,74	9,58	10,13	9,60	9,63	9,60
35	31,75	40,28	51,72	48,42	48,62	49,64
36	25,50	28,73	24,65	29,59	30,18	36,70
37	37,31	35,93	37,40	36,57	37,26	38,07
38	5,39	9,45	10,45	13,20	13,18	13,25
39	6,85	7,08	7,52	7,65	7,67	7,63
40	8,46	22,90	25,57	31,01	31,23	31,30
41	8,60	19,01	20,76	21,63	21,65	21,67
42	18,37	17,52	19,33	19,68	19,71	32,41

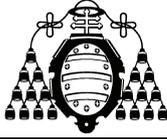
Tabla 4.24.- Resumen valores W_i obtenidos.



Capítulo 5

Análisis de los Resultados Obtenidos





5.1.- VALORES DE F_{80} Y P_{80} .

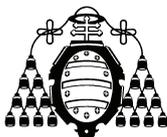
Se muestra a continuación, en dos tablas, un resumen los valores obtenidos de F_{80} y P_{80} , siendo:

- GS: Gates-Gaudin-Schuhmann.
- RR: Rosin-Rammler.
- LN: Log-Normal.
- LC: Log-Cartesiana.
- CC: Cartesiana-Cartesiana (o Doble Cartesiana).
- SPL: Splines.



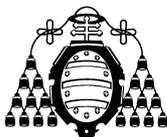
Nº de ensayo	GS		RR		LN	
	F ₈₀ (µm)	P ₈₀ (µm)	F ₈₀ (µm)	P ₈₀ (µm)	F ₈₀ (µm)	P ₈₀ (µm)
1	2073	416	1737	296	1038	277
2	2073	152	1737	132	1038	150
3	2503	125	2129	108	1139	102
4	2503	137	2129	116	1139	110
5	2485	131	2004	111	1031	107
6	2485	118	2004	101	1031	97
7	2052	99	1333	83	868	78
8	1827	88	1323	79	757	76
9	1877	90	1266	80	702	76
10	2095	93	1454	82	773	78
11	1670	86	1025	76	605	74
12	4006	378	45	234	1736	208
13	8177	98	381	58	980	74
14	1827	107	1332	89	911	82
15	1827	77	1332	69	911	64
16	1838	563	1534	405	1186	324
17	1838	151	1534	132	1186	150
18	1920	401	2037	303	1945	321
19	2175	156	1692	134	1020	151
20	1025	445	1068	351	709	326
21	1025	167	1068	142	709	150
22	1597	418	1554	320	1665	324
23	1647	174	1267	147	985	152
24	2626	406	2923	309	2353	322
25	3217	162	2853	138	1208	151
26	284	144	243	126	191	122
27	423	172	406	146	336	152
28	2512	409	2688	315	2692	323
29	2074	173	1666	146	1024	152
30	276	134	235	115	229	121
31	1919	348	1270	258	1130	239
32	1995	289	1267	238	1045	219
33	1890	103	851	73	865	77
34	1819	69	1296	62	793	59
35	394	177	411	150	322	152
36	563	103	226	73	325	77
37	350	75	317	69	250	64
38	1581	375	1523	281	1557	318
39	1581	160	1523	138	1557	151
40	1911	373	2097	282	2021	318
41	1911	154	2097	133	2021	150
42	5373	91	4154	81	1346	77

Tabla 5.1.a.- F₈₀ y P₈₀ según el modelo de distribución aplicado.



Nº de ensayo	LC		CC		SPL	
	F ₈₀ (µm)	P ₈₀ (µm)	F ₈₀ (µm)	P ₈₀ (µm)	F ₈₀ (µm)	P ₈₀ (µm)
1	2131	418	2161	420	2134	425
2	2131	156	2161	156	2134	157
3	2524	129	2550	129	2545	135
4	2524	135	2550	135	2545	135
5	2463	130	2480	130	2457	129
6	2463	119	2480	120	2457	120
7	1894	94	1921	96	1898	94
8	1863	86	1897	87	1876	86
9	1884	89	1914	89	1906	90
10	1917	91	1939	92	1924	93
11	1640	85	1714	86	1680	86
12	2712	372	2751	375	-67632	375
13	2662	97	2706	99	-6380	100
14	1921	101	1942	104	1930	101
15	1921	75	1942	75	1930	80
16	1519	469	1526	471	12606	583
17	1519	157	1526	157	12606	157
18	1892	416	1901	417	1897	422
19	1921	160	1928	160	1893	160
20	1031	442	1035	445	1029	455
21	1031	168	1035	169	1029	170
22	1584	424	1586	426	1584	432
23	1515	174	1523	175	1526	178
24	2534	416	2538	417	2533	421
25	2671	164	2686	165	2689	165
26	201	140	201	141	238	138
27	419	171	421	172	413	173
28	2372	415	2382	417	2375	419
29	2192	173	2232	174	2196	177
30	199	132	199	133	152	133
31	1946	349	1960	350	1956	349
32	2025	290	2031	294	2029	295
33	1972	100	1980	103	1977	101
34	1972	67	1980	68	1977	67
35	424	175	426	176	423	178
36	378	99	382	102	273	100
37	343	73	345	75	337	76
38	1535	402	1541	402	1532	403
39	1535	154	1541	155	1532	154
40	1877	385	1887	389	1883	390
41	1877	156	1887	156	1883	157
42	2342	89	2389	90	347	90

Tabla 5.1.b.- F₈₀ y P₈₀ según el modelo de distribución aplicado.



A la vista de los resultados, se observa que determinados valores de F_{80} y P_{80} no quedan dentro del intervalo de tamaño. A priori, esto puede ser debido a que los datos y modelo de distribución empleado no se ajustan.

De los 42 ensayos realizados, se muestran en el siguiente cuadro el número de valores **no válidos** y que por tanto, más adelante no se tendrán en cuenta:

<i>Distribución</i>	<i>Nº de valores no válidos</i>	
	F_{80}	P_{80}
Gates-Gaudin-Schuhmann	16	3
Rosin-Rammler	15	25
Log-Normal	35	31
Log-Cartesiana	0	0
Cartesiana-Cartesiana	0	0
Splines	5	2

Tabla 5.2.- Valores no validos para cada modelo de los 42 ensayos realizados.

Algunos valores de F_{80} y P_{80} , son valores no válidos para el mismo modelo. Se reflejan en la siguiente tabla:

<i>Distribución</i>	<i>Nº de valores no válidos (F_{80} y P_{80})</i>
Gates-Gaudin-Schuhmann	1
Rosin-Rammler	10
Log-Normal	25
Log-Cartesiana	0
Cartesiana-Cartesiana	0
Splines	1

Tabla 5.3.- Valores no validos de F_{80} y P_{80} para cada modelo de los 42 ensayos realizados.

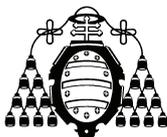
Se puede dar el caso, que el modelo elegido de un valor de P_{80} mayor que P_{100} (tamaño de corte), lo cual ya se sabe que es un valor no válido:

<i>Distribución</i>	<i>Nº valores $P_{80} > P_{100}$</i>
Gates-Gaudin-Schuhmann	1
Rosin-Rammler	0
Log-Normal	0
Log-Cartesiana	0
Cartesiana-Cartesiana	0
Splines	2

Tabla 5.4.- Nº de valores P_{80} mayores que P_{100} por modelo.

A la vista de los valores obtenidos, cabe destacar:

- a) modelo de distribución **Gates-Gaudin-Schuhmann**:
de los 42 ensayos, 16 no son válidos para el valor del F_{80} y 3 para los valores de P_{80} .
- b) modelo de distribución **Rosin-Rammler**:
hay mayor número de valores de P_{80} que de F_{80} que no son válidos, lo cual hace pensar que éste modelo no es conveniente para tamaños finos.
- c) modelo de distribución **Log-Normal**:
un gran número de valores no son válidos y se llega a la conclusión de que las distribuciones de partículas estudiadas, no siguen un modelo de distribución log-normal.



d) modelo de distribución **Log-Cartesiano**:

como los valores tenidos en cuenta son los dos valores entre los que se encuentra el 80% de Pasante Acumulado, era de esperar que todos los valores obtenidos estuviesen dentro del intervalo (y por tanto válidos).

e) modelo de distribución **Cartesiano-Cartesiano**:

al igual que el modelo anterior, éste también tiene solo en cuenta los dos valores entre los que se encuentra el 80% de Pasante Acumulado, por lo tanto y a la vista de los resultados, ningún valor se encuentra fuera del intervalo a considerar.

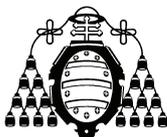
f) modelo de distribución **Splines**:

se han obtenido 5 valores de F_{80} no válidos y 2 de P_{80} .

En los ensayos 12 y 13 (Caliza IIX), se tienen valores negativos de F_{80} mediante la representación por Splines. Los valores obtenidos mediante Gates-Gaudin-Schuhmann, Rosin-Rammler y Log-Normal, fueron valores no válidos. Se observó durante la realización del ensayo, que el material tenía un fuerte carácter higroscópico. Incluso, después de haberlo tenido durante un tiempo considerable, secando en un horno, en el tiempo que transcurría mientras se preparaba el material y realizaban los ensayos, éste absorbía la humedad del ambiente.

5.2.- VALORES DE w_i SEGÚN EL MODELO APLICADO.

A continuación se detallan los resultados obtenidos al aplicar los distintos modelos de distribución de tamaño de partícula en la obtención del Índice de Bond para cada ensayo. Se resaltan en fondo gris aquellos valores que fueron calculados a partir de un F_{80} y/o P_{80} que se encontraban fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar.



Nº de ensayo	W_i (kWh/t)					
	GS	RR	LN	LC	CC	SPL
1	10,93	8,68	10,19	10,87	10,85	11,01
2	9,76	9,16	11,43	9,91	9,90	9,94
3	8,82	1,66	1,79	1,82	1,82	1,87
4	10,42	4,88	5,28	5,23	5,24	5,23
5	9,30	6,88	7,61	7,38	7,38	7,36
6	11,40	10,64	11,71	11,50	11,53	11,57
7	6,62	6,09	6,35	6,29	6,37	6,28
8	7,81	12,27	13,28	12,35	12,36	12,34
9	5,23	2,92	3,19	2,94	2,95	2,96
10	8,07	7,97	8,66	8,17	8,19	8,25
11	5,89	3,93	4,34	3,91	3,90	3,92
12	6,18	-4,27	7,92	11,02	11,04	-
13	7,05	8,31	7,89	8,11	8,22	-
14	11,75	15,85	16,13	16,20	16,44	16,20
15	17,85	7,09	7,17	7,09	7,10	7,38
16	5,18	38,00	34,59	44,72	44,83	28,25
17	5,58	11,35	13,30	12,92	12,92	9,89
18	14,45	18,04	19,23	24,47	24,50	24,77
19	13,06	2,85	3,52	3,13	3,13	3,14
20	22,63	13,11	16,75	18,20	18,30	19,01
21	19,32	5,66	6,85	6,57	6,59	6,64
22	7,06	13,21	12,97	17,19	17,27	17,51
23	11,17	10,89	12,05	11,84	11,88	12,02
24	7,50	13,39	14,64	17,61	17,65	17,79
25	7,29	9,15	11,53	10,34	10,35	10,37
26	26,33	30,62	42,22	54,35	55,54	37,49
27	40,28	14,04	17,49	16,85	16,91	17,38
28	14,62	12,08	12,32	15,68	15,72	15,80
29	20,94	6,28	7,34	6,70	6,71	6,82
30	28,35	21,34	23,98	37,20	37,74	104,54
31	10,44	9,92	9,69	10,98	10,98	10,98
32	9,86	6,32	6,33	6,36	6,43	6,45
33	15,71	7,71	7,95	8,21	8,33	8,26
34	15,74	9,58	10,13	9,60	9,63	9,60
35	31,75	40,28	51,72	48,42	48,62	49,64
36	25,50	28,73	24,65	29,59	30,18	36,70
37	37,31	35,93	37,40	36,57	37,26	38,07
38	5,39	9,45	10,45	13,20	13,18	13,25
39	6,85	7,08	7,52	7,65	7,67	7,63
40	8,46	22,90	25,57	31,01	31,23	31,30
41	8,60	19,01	20,76	21,63	21,65	21,67
42	18,37	17,52	19,33	19,68	19,71	32,41

Tabla 5.5- Resumen de los Índices de Bond obtenidos.



Siendo:

- GS: Gates-Gaudin-Schuhmann.
- RR: Rosin-Rammler.
- LN: Log-Normal.
- LC: Log-Cartesiana.
- CC: Cartesiana-Cartesiana.
- SPL: Splines.

Sabiendo que el Índice de Bond se usa principalmente para el **dimensionamiento de molinos de bolas**, resulta interesante ver qué modelos dan un valor mayor que \bar{w}_i (sobredimensionaría el molino) y cuales menores (sub-dimensionarían el molino).

Una variación positiva sobredimensionaría el molino, puesto que se da un valor de consumo energético mayor del que realmente es. Por el contrario, una variación negativa sub-dimensionaría el molino dándonos un consumo energético menor del que se necesitaría en la planta de tratamiento.

Teniendo sólo en cuenta **variaciones positivas** entre \bar{w}_i y w_i :

- la mayor variación resulta ser: 55,38 kWh/t. Este valor corresponde a:

<i>Nº ensayo</i>	<i>Modelo</i>	<i>% variación</i>
30	Splines	74,73%

- la menor variación resulta ser de: 0,01 kWh/t. Este valor corresponde a:

<i>Nº ensayo</i>	<i>Modelo</i>	<i>% variación</i>
1	Gates-Gaudin-Schuhmann	0,11%
9	Splines	0,10%
12	Cartesiana-Cartesiana	0,09%
25	Splines	0,18%
39	Log-Normal	1,66%

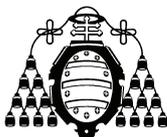
Teniendo en cuenta **variaciones negativas** ente \bar{w}_i y w_i :

- la mayor variación resulta ser de: - 28,02 kWh/t. Este valor corresponde a:

<i>Nº ensayo</i>	<i>Modelo</i>	<i>% variación</i>
30	Log-Cartesiano	37,81%

- la menor variación resulta ser de: - 0,01 kWh/t. Este valor corresponde a:

<i>Nº ensayo</i>	<i>Modelo</i>	<i>% variación</i>
5	Log-Cartesiana	-0,06%
9	Cartesiana-Cartesiana	-0,25%
12	Log-Cartesiana	-0,09%
19	Log-Cartesiana	-0,09%
22	Log-Cartesiana	-0,08%
25	Log-Cartesiana	-0,14%
28	Cartesiana-Cartesiana	-0,08%
38	Cartesiana-Cartesiana	-0,23%



Teniendo en cuenta **variaciones**, en términos absolutos, entre \bar{w}_i y w_i :

- la mayor variación resulta ser de: 55,38 kWh/t. Este valor corresponde a:

Nº ensayo	Modelo	% variación
30	Splines	74,73%

- la menor variación resulta ser de: 0,01 kWh/t y - 0,01 kWh/t. Estos valores corresponden a:

Nº ensayo	Modelo	% variación
1	Gates-Gaudin-Schuhmann	0,11%
5	Log-Cartesiana	-0,06%
9	Splines	0,10%
9	Cartesiana-Cartesiana	-0,25%
12	Cartesiana-Cartesiana	0,09%
12	Log-Cartesiana	-0,09%
19	Log-Cartesiana	-0,09%
22	Log-Cartesiana	-0,08%
25	Splines	0,18%
25	Log-Cartesiana	-0,14%
28	Cartesiana-Cartesiana	-0,08%
38	Cartesiana-Cartesiana	-0,23%
39	Log-Normal	1,66%

Algunos valores obtenidos no producen una variación de w_i con respecto \bar{w}_i (0 kWh/t):

Nº ensayo	Modelo	% variación
5	Cartesiana-Cartesiana	-0,02%
6	Log-Cartesiana	-0,03%
11	Log-Cartesiana	-0,03%
11	Splines	0,07%
21	Cartesiana-Cartesiana	0,01%
25	Cartesiana-Cartesiana	-0,05%
38	Log-Cartesiana	-0,08%

5.3.- CÁLCULO DEL VALOR w_i PARA CADA ENSAYO.

Como para cada ensayo se tienen hasta **6 valores** distintos de w_i , se propone la realización de la media aritmética entre los valores que fueron calculados con un F_{80} y P_{80} .

Se entiende como **media aritmética** el valor obtenido al sumar todos datos y dividir el resultado entre el número total de datos, en nuestro caso:

$$\bar{w}_i = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{n} \quad \text{con } n: 1, 2, \dots, 6$$

En general, para nuestro caso:

$$\bar{w}_i = \frac{w_{GS} + w_{RR} + w_{LN} + w_{LC} + w_{CC} + w_{SPL}}{6}$$



Las **propiedades** de la media aritmética son las siguientes:

1. La suma de las desviaciones de todas las puntuaciones de una distribución respecto a la media de la misma igual a cero:

$$\sum (w_i - \bar{w}) = 0$$

2. La suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable con respecto a un número cualquiera se hace mínima cuando dicho número coincide con la media aritmética:

$$\sum (w_i - \bar{w})^2 \text{ Mínimo}$$

3. Si a todos los valores de la variable se les suma un mismo número, la media aritmética queda aumentada en un dicho número.
4. Si todos los valores de la variable se multiplican por un mismo número la media aritmética queda multiplicada por dicho número.

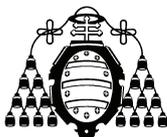
Las **ventajas** de la media aritmética son:

- viene expresada en las mismas unidades que la variable.
- en su cálculo intervienen todos los valores de la distribución.
- es el centro de gravedad de toda la distribución, representando a todos los valores observados.
- es única.

Pero tiene en **inconveniente** de que se ve afectada por los valores extremadamente grandes o pequeños de la distribución de datos.

En nuestro caso no se tendrán en cuenta los valores de w_i , que has sido calculados a partir de de un F_{80} y/o P_{80} que se encontraban fuera del intervalo de tamaño granulométrico que se predecía que deberían estar. Es decir, no se tienen en cuenta los w_i que están marcados con un fondo gris.

En el siguiente cuadro se muestran para cada ensayo, la media aritmética y la variación (en kWh/t) del Índice de Bond obtenido con respecto a la media aritmética.



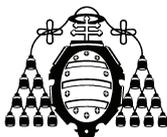
Nº de ensayo	w_i (kWh/t)						\bar{w}_i (kWh/t)
	GS	RR	LN	LC	CC	SPL	
1	10,93	8,68	10,19	10,87	10,85	11,01	10,91
2	9,76	9,16	11,43	9,91	9,90	9,94	9,73
3	8,82	1,66	1,79	1,82	1,82	1,87	9,00
4	10,42	4,88	5,28	5,23	5,24	5,23	10,32
5	9,30	6,88	7,61	7,38	7,38	7,36	9,27
6	11,40	10,64	11,71	11,50	11,53	11,57	11,49
7	6,62	6,09	6,35	6,29	6,37	6,28	6,44
8	7,81	12,27	13,28	12,35	12,36	12,34	7,70
9	5,23	2,92	3,19	2,94	2,95	2,96	5,20
10	8,07	7,97	8,66	8,17	8,19	8,25	8,06
11	5,89	3,93	4,34	3,91	3,90	3,92	5,88
12	6,18	-4,27	7,92	11,02	11,04	-	6,76
13	7,05	8,31	7,89	8,11	8,22	-	7,78
14	11,75	15,85	16,13	16,20	16,44	16,20	11,32
15	17,85	7,09	7,17	7,09	7,10	7,38	17,52
16	5,18	38,00	34,59	44,72	44,83	28,25	4,67
17	5,58	11,35	13,30	12,92	12,92	9,89	5,68
18	14,45	18,04	19,23	24,47	24,50	24,77	14,93
19	13,06	2,85	3,52	3,13	3,13	3,14	13,60
20	22,63	13,11	16,75	18,20	18,30	19,01	22,67
21	19,32	5,66	6,85	6,57	6,59	6,64	19,43
22	7,06	13,21	12,97	17,19	17,27	17,51	7,20
23	11,17	10,89	12,05	11,84	11,88	12,02	11,46
24	7,50	13,39	14,64	17,61	17,65	17,79	7,70
25	7,29	9,15	11,53	10,34	10,35	10,37	7,58
26	26,33	30,62	42,22	54,35	55,54	37,49	36,71
27	40,28	14,04	17,49	16,85	16,91	17,38	40,73
28	14,62	12,08	12,32	15,68	15,72	15,80	15,14
29	20,94	6,28	7,34	6,70	6,71	6,82	20,89
30	28,35	21,34	23,98	37,20	37,74	104,54	74,11
31	10,44	9,92	9,69	10,98	10,98	10,98	10,21
32	9,86	6,32	6,33	6,36	6,43	6,45	9,91
33	15,71	7,71	7,95	8,21	8,33	8,26	15,52
34	15,74	9,58	10,13	9,60	9,63	9,60	15,39
35	31,75	40,28	51,72	48,42	48,62	49,64	28,89
36	25,50	28,73	24,65	29,59	30,18	36,70	32,16
37	37,31	35,93	37,40	36,57	37,26	38,07	37,03
38	5,39	9,45	10,45	13,20	13,18	13,25	5,87
39	6,85	7,08	7,52	7,65	7,67	7,63	6,58
40	8,46	22,90	25,57	31,01	31,23	31,30	8,74
41	8,60	19,01	20,76	21,63	21,65	21,67	8,70
42	18,37	17,52	19,33	19,68	19,71	32,41	21,54

Tabla 5.6- Media aritmética para cada ensayo.



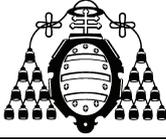
Nº de ensayo	Variación (kWh/t) de w_i con respecto \bar{w}_i						\bar{w}_i (kWh/t)
	GS	RR	LN	LC	CC	SPL	
1	0,01	-2,24	-0,73	-0,05	-0,06	0,10	10,91
2	0,03	-0,57	1,69	0,17	0,17	0,20	9,73
3	-0,18	-0,81	-0,18	-0,02	-0,02	0,22	9,00
4	0,11	-0,72	0,05	-0,04	-0,03	-0,04	10,32
5	0,03	-0,63	0,29	-0,01	0,00	-0,03	9,27
6	-0,08	-0,86	0,20	0,00	0,03	0,06	11,49
7	0,18	-0,17	0,10	0,03	0,12	0,02	6,44
8	0,11	-0,09	0,54	-0,04	-0,03	-0,04	7,70
9	0,03	-0,07	0,41	-0,02	-0,01	0,01	5,20
10	0,01	-0,17	0,51	0,02	0,04	0,11	8,06
11	0,02	0,03	0,65	0,00	-0,02	0,00	5,88
12	-0,58	-9,38	-1,91	-0,01	0,01	-	6,76
13	-0,73	0,14	-0,26	-0,05	0,05	-	7,78
14	0,42	-0,33	-0,14	-0,08	0,08	-0,09	11,32
15	0,33	-0,12	0,07	-0,12	-0,09	0,58	17,52
16	0,50	-0,65	-1,01	0,07	0,08	-1,68	4,67
17	-0,11	-0,45	0,46	0,28	0,28	-1,12	5,68
18	-0,48	-3,86	-3,12	0,09	0,11	0,28	14,93
19	-0,55	-1,25	1,69	-0,01	-0,02	0,03	13,60
20	-0,04	-6,60	-2,14	-0,36	-0,24	0,64	22,67
21	-0,10	-2,72	0,78	-0,05	0,00	0,15	19,43
22	-0,15	-1,67	-1,77	-0,01	0,03	0,13	7,20
23	-0,30	-0,98	0,13	-0,07	-0,03	0,10	11,46
24	-0,21	-1,82	-1,27	0,04	0,06	0,12	7,70
25	-0,29	-0,88	0,86	-0,01	0,00	0,01	7,58
26	-10,38	-11,45	-1,88	8,12	9,10	-5,78	36,71
27	-0,45	-7,06	1,22	-0,32	-0,17	0,95	40,73
28	-0,52	-3,51	-3,28	-0,05	-0,01	0,06	15,14
29	0,05	-1,46	1,83	-0,14	-0,13	0,22	20,89
30	-45,76	-47,67	-44,40	-28,02	-27,36	55,38	74,11
31	0,23	-0,81	-1,03	0,20	0,19	0,19	10,21
32	-0,05	-0,14	-0,12	-0,08	0,03	0,06	9,91
33	0,19	-1,09	-0,65	-0,17	0,06	-0,08	15,52
34	0,35	-0,12	0,75	-0,09	-0,04	-0,10	15,39
35	2,86	-4,61	2,29	0,30	0,42	1,04	28,89
36	-6,65	-3,43	-7,51	-2,57	-1,98	4,55	32,16
37	0,28	-1,10	0,37	-0,45	0,23	1,04	37,03
38	-0,48	-1,67	-1,23	0,00	-0,01	0,02	5,87
39	0,28	-0,37	0,01	0,13	0,14	0,11	6,58
40	-0,28	-2,25	-1,50	0,04	0,11	0,13	8,74
41	-0,10	-1,03	-0,33	0,03	0,03	0,04	8,70
42	-3,17	-4,02	-2,21	-1,86	-1,83	10,87	21,54

Tabla 5.7- Variación (kWh/t) de w_i con respecto a la media aritmética.



Nº de ensayo	% de variación de W_i con respecto \bar{W}_i						\bar{W}_i (kWh/t)
	GS	RR	LN	LC	CC	SPL	
1	0,11%	-20,49%	-6,65%	-0,42%	-0,59%	0,89%	10,91
2	0,32%	-5,88%	17,37%	1,77%	1,70%	2,10%	9,73
3	-2,00%	-9,03%	-1,98%	-0,24%	-0,22%	2,45%	9,00
4	1,02%	-7,00%	0,45%	-0,37%	-0,30%	-0,35%	10,32
5	0,35%	-6,75%	3,14%	-0,06%	-0,02%	-0,28%	9,27
6	-0,74%	-7,53%	1,76%	-0,03%	0,23%	0,53%	11,49
7	2,81%	-2,67%	1,52%	0,47%	1,81%	0,39%	6,44
8	1,47%	-1,19%	7,01%	-0,51%	-0,40%	-0,56%	7,70
9	0,59%	-1,30%	7,88%	-0,43%	-0,25%	0,10%	5,20
10	0,14%	-2,12%	6,33%	0,29%	0,52%	1,31%	8,06
11	0,30%	0,55%	11,01%	-0,03%	-0,34%	0,07%	5,88
12	-8,59%	-138,68%	-28,17%	-0,09%	0,09%	-	6,76
13	-9,34%	1,77%	-3,36%	-0,67%	0,67%	-	7,78
14	3,74%	-2,90%	-1,22%	-0,75%	0,68%	-0,78%	11,32
15	1,89%	-0,68%	0,40%	-0,71%	-0,51%	3,30%	17,52
16	10,71%	-13,81%	-21,55%	1,42%	1,68%	-35,92%	4,67
17	-1,91%	-7,84%	8,01%	4,86%	4,90%	-19,73%	5,68
18	-3,23%	-25,82%	-20,91%	0,62%	0,76%	1,86%	14,93
19	-4,01%	-9,15%	12,44%	-0,09%	-0,14%	0,24%	13,60
20	-0,19%	-29,12%	-9,45%	-1,58%	-1,04%	2,81%	22,67
21	-0,54%	-14,01%	4,02%	-0,24%	0,01%	0,77%	19,43
22	-2,04%	-23,23%	-24,60%	-0,08%	0,35%	1,77%	7,20
23	-2,58%	-8,57%	1,17%	-0,61%	-0,29%	0,90%	11,46
24	-2,67%	-23,61%	-16,47%	0,46%	0,72%	1,50%	7,70
25	-3,82%	-11,65%	11,31%	-0,14%	-0,05%	0,18%	7,58
26	-28,26%	-31,18%	-5,13%	22,13%	24,80%	-15,75%	36,71
27	-1,10%	-17,32%	3,00%	-0,79%	-0,43%	2,33%	40,73
28	-3,42%	-23,21%	-21,70%	-0,34%	-0,08%	0,42%	15,14
29	0,24%	-7,00%	8,78%	-0,67%	-0,62%	1,05%	20,89
30	-61,75%	-64,33%	-59,91%	-37,81%	-36,92%	74,73%	74,11
31	2,24%	-7,94%	-10,06%	1,92%	1,88%	1,90%	10,21
32	-0,53%	-1,38%	-1,20%	-0,86%	0,28%	0,58%	9,91
33	1,24%	-7,05%	-4,20%	-1,13%	0,41%	-0,52%	15,52
34	2,28%	-0,81%	4,86%	-0,58%	-0,26%	-0,63%	15,39
35	9,89%	-15,95%	7,91%	1,04%	1,45%	3,58%	28,89
36	-20,69%	-10,65%	-23,36%	-7,99%	-6,14%	14,14%	32,16
37	0,76%	-2,96%	1,01%	-1,22%	0,62%	2,81%	37,03
38	-8,25%	-28,45%	-20,89%	-0,08%	-0,23%	0,31%	5,87
39	4,20%	-5,67%	0,10%	1,91%	2,09%	1,66%	6,58
40	-3,16%	-25,78%	-17,12%	0,49%	1,22%	1,45%	8,74
41	-1,13%	-11,86%	-3,74%	0,29%	0,38%	0,46%	8,70
42	-14,73%	-18,65%	-10,26%	-8,62%	-8,49%	50,48%	21,54

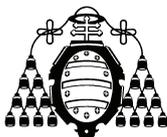
Tabla 5.8- Porcentaje de variación de W_i con respecto a la media aritmética.



Una vez calculada la media para cada ensayo, es interesante conocer que modelo de distribución que da un valor de w_i más cercano y/o alejado de la media calcula, para ello se tiene en cuenta la tabla 5.3 en la cual se marcará con:

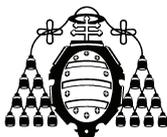
- Fondo azul: valor que más se acerca a la media aritmética.
- Fondo rojo: valor que más se aleja de la media aritmética.

El resultado, teniendo en cuenta valores absolutos, es el siguiente:



Nº de ensayo	Variación (kWh/t) de W_i con respecto \bar{W}_i					
	GS	RR	LN	LC	CC	SPL
1	0,01	-2,24	-0,73	-0,05	-0,06	0,10
2	0,03	-0,57	1,69	0,17	0,17	0,20
3	-0,18	-0,81	-0,18	-0,02	-0,02	0,22
4	0,11	-0,72	0,05	-0,04	-0,03	-0,04
5	0,03	-0,63	0,29	-0,01	0,00	-0,03
6	-0,08	-0,86	0,20	0,00	0,03	0,06
7	0,18	-0,17	0,10	0,03	0,12	0,02
8	0,11	-0,09	0,54	-0,04	-0,03	-0,04
9	0,03	-0,07	0,41	-0,02	-0,01	0,01
10	0,01	-0,17	0,51	0,02	0,04	0,11
11	0,02	0,03	0,65	0,00	-0,02	0,00
12	-0,58	-9,38	-1,91	-0,01	0,01	-
13	-0,73	0,14	-0,26	-0,05	0,05	-
14	0,42	-0,33	-0,14	-0,08	0,08	-0,09
15	0,33	-0,12	0,07	-0,12	-0,09	0,58
16	0,50	-0,65	-1,01	0,07	0,08	-1,68
17	-0,11	-0,45	0,46	0,28	0,28	-1,12
18	-0,48	-3,86	-3,12	0,09	0,11	0,28
19	-0,55	-1,25	1,69	-0,01	-0,02	0,03
20	-0,04	-6,60	-2,14	-0,36	-0,24	0,64
21	-0,10	-2,72	0,78	-0,05	0,00	0,15
22	-0,15	-1,67	-1,77	-0,01	0,03	0,13
23	-0,30	-0,98	0,13	-0,07	-0,03	0,10
24	-0,21	-1,82	-1,27	0,04	0,06	0,12
25	-0,29	-0,88	0,86	-0,01	0,00	0,01
26	-10,38	-11,45	-1,88	8,12	9,10	-5,78
27	-0,45	-7,06	1,22	-0,32	-0,17	0,95
28	-0,52	-3,51	-3,28	-0,05	-0,01	0,06
29	0,05	-1,46	1,83	-0,14	-0,13	0,22
30	-45,76	-47,67	-44,40	-28,02	-27,36	55,38
31	0,23	-0,81	-1,03	0,20	0,19	0,19
32	-0,05	-0,14	-0,12	-0,08	0,03	0,06
33	0,19	-1,09	-0,65	-0,17	0,06	-0,08
34	0,35	-0,12	0,75	-0,09	-0,04	-0,10
35	2,86	-4,61	2,29	0,30	0,42	1,04
36	-6,65	-3,43	-7,51	-2,57	-1,98	4,55
37	0,28	-1,10	0,37	-0,45	0,23	1,04
38	-0,48	-1,67	-1,23	0,00	-0,01	0,02
39	0,28	-0,37	0,01	0,13	0,14	0,11
40	-0,28	-2,25	-1,50	0,04	0,11	0,13
41	-0,10	-1,03	-0,33	0,03	0,03	0,04
42	-3,17	-4,02	-2,21	-1,86	-1,83	10,87

Tabla 5.9- Comparativa de W_i con respecto a la media aritmética



5.4.- VALORACIÓN DE LOS MODELOS APLICADOS.

5.4.1.- Metodología propuesta.

Se describe a continuación un método para poder valorar cada modelo de representación y así optar por unos y descartar otros. Se hará una propuesta al final, de los modelos que serían los más convenientes a utilizar.

Una vez que ya se tienen los valores del w_i para cada modelo de distribución, la media de éstos, se conocer los valores que no están dentro del intervalo de tamaño correspondiente (y que por lo tanto no se tendrán en cuenta), los valores que mas se acercan y/o alejan de esta media, se hace una asignación de puntos de la siguiente como se indica continuación para poder valorar que modelos son los mas convenientes y cuales no.

Puntos	Caso
-3	F_{80} y P_{80} están fuera del intervalo
-2	F_{80} ó P_{80} están fuera del intervalo
-1	F_{80} y P_{80} están en el intervalo y w_i es el que más se aleja de \bar{w}_i
0	F_{80} y P_{80} están en el intervalo y w_i no es el mas cercano ni el mas alejado a \bar{w}_i
1	F_{80} y P_{80} están en el intervalo y w_i es el que mas se acerca a \bar{w}_i

Tabla 5.10.- Método de puntuación propuesta.

El resultado de la asignación de puntos es el siguiente:



Nº de ensayo	GS	RR	LN	LC	CC	SPL
1	1	-2	-3	0	0	-1
2	1	-1	-2	0	0	0
3	0	-3	-3	1	1	-1
4	-1	-3	-2	0	1	
5	-1	-3	-2	0	1	-1
6	-1	-2	-3	1	0	0
7	-2	-1	-3	0	0	1
8	-1	-2	-3	0	1	0
9	-1	-2	-3	0	1	1
10	-2	-1	-3	1	0	0
11	-1	-2	-3	1	-1	1
12	-2	-3	-2	1	1	-2
13	-2	-3	-3	0	0	-2
14	-1	0	-2	1	1	0
15	-1	0	-2	0	1	-2
16	-3	-1	-3	1	0	-3
17	-2	-1	-2	1	1	-2
18	-1	-3	-2	1	0	0
19	-2	-2	-2	1	0	-1
20	1	-2	-3	0	0	-1
21	0	-2	-2	0	1	-1
22	-1	-2	-3	1	0	0
23	-2	-2	-3	0	1	-1
24	-1	-2	-2	1	0	0
25	-2	-2	-3	-1	1	-1
26	-2	-1	-3	0	0	1
27	0	-2	-3	0	1	-1
28	-2	-2	-3	0	1	-1
29	1	-2	-3	0	0	-1
30	-2	-3	-3	0	1	-1
31	0	-1	-3	0	1	1
32	-2	-2	-3	-1	1	0
33	-1	-3	-3	0	0	0
34	-1	0	-3	0	1	0
35	-2	-2	-3	1	0	-1
36	-2	-3	-2	0	1	-1
37	0	-1	-2	0	1	0
38	-2	-2	-2	1	0	-1
39	-2	-1	1	0	0	0
40	-1	-3	-3	1	0	0
41	-1	-2	-2	1	1	0
42	-2	-2	-3	-1	1	-2
Puntos Totales:	-48	-79	-107	13	21	-23

Tabla 5.11.- Asignación de puntos..



5.4.2.- Consideraciones.

Es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones, a la hora de obtener las conclusiones del estudio del presente trabajo:

- Los modelos **Gates-Gaudin-Schuhmann**, **Rosin-Rammler** y **Log-Normal**, tienen en cuenta todos los datos obtenidos del proceso de tamizado. Lo cual puede provocar que un dato erróneo (bien sea por un tamizado deficiente, humedad, error de pesado, manipulación del material) hace que influya de una manera considerable en la ecuación de la lineliación del modelo y por tanto en el valor de los parámetros F_{80} y P_{80} .
- Los modelos **Log-Cartesiano** y **Cartesiano-Cartesiano**, sólo tienen en cuenta los dos valores entre los que se encuentra el parámetro buscado. Esto hace que se acorte el error considerablemente. Puede verse como todos los valores obtenidos son válidos.
- El modelo por **Splines** está entre medias de los anteriores. Sólo se tiene en cuenta el polinomio que une los dos valores entre los que se encuentra el parámetro buscado, pero dicho polinomio se ve afectado por las condiciones naturales del propio spline que hace que se tengan en cuenta los polinomios adyacentes.
- Algunos materiales tienen un fuerte carácter higroscópico, lo que provoca que su tamizado se dificulte y se obtengan resultados que no se asemejan con la realidad.

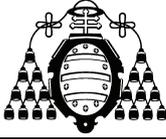
5.4.3.- Resultados.

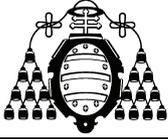
Se muestra en la siguiente tabla los modelos de distribución ordenados de mayor a menor puntuación obtenida, siguiendo el método antes descrito.

<u>Puntuación</u>	<u>Modelo de distribución de tamaños de partículas</u>
21	Cartesiano-Cartesiano
13	Log-Cartesiano
-23	Splines
-48	Gates-Gaudin-Schuhman
-79	Rosin-Rammler
-107	Log-Normal

Tabla 5.12.- Puntuación final por modelo de distribución.

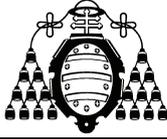
A la vista de los resultados es de destacar que los dos modelos con puntuación positiva, corresponden a modelos que sólo tienen en cuenta los dos valores entre los que se encuentran los parámetros F_{80} y P_{80} . Los modelos que tienen en cuenta todos los valores, tienen todos ellos una puntuación negativa, es decir, o uno de los parámetros no es válido o en caso contrario, su valor queda el más alejado con respecto al valor del \bar{w}_i .

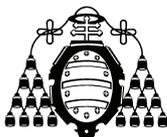




Capítulo 6

Conclusiones





Después del análisis realizado a los valores de los parámetros F_{80} y P_{80} , se obtiene que para el modelo:

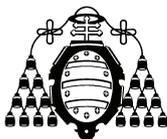
- **Gates-Gaudin-Schuhmann:** el 61,9% y el 92,9% de los valores de F_{80} y P_{80} , respectivamente, son válidos. En el 97,6% de los ensayos, ambos valores son válidos.
- **Rosin-Rammler:** el 64,3% y el 40,5% de los valores de F_{80} y P_{80} , respectivamente, son válidos. En el 76,2% de los ensayos, ambos valores son válidos.
- **Log-Normal:** el 16,7% y el 92,9% de los valores de F_{80} y P_{80} , respectivamente, son válidos. En el 97,6% de los ensayos, ambos valores son válidos.
- **Cartesiano-Cartesiano:** el 100% de los valores de F_{80} y P_{80} , respectivamente, son válidos. En el 100,00% de los ensayos, ambos valores son válidos.
- **Log-Cartesiano:** el 100% de los valores de F_{80} y P_{80} , respectivamente, son válidos. En el 100,00% de los ensayos, ambos valores son válidos.
- **Splines:** el 88,1% y el 95,2% de los valores de F_{80} y P_{80} , respectivamente, son válidos. En el 97,6% de los ensayos, ambos valores son válidos.

Una vez calculados los Índices de Bond y analizando los resultados de los 42 ensayos por modelos, se observa que el porcentaje de valores válidos para cada uno es:

Modelo	% Ensayos válidos
Cartesiano-Cartesiano	100%
Log-Cartesiano	100%
Splines	85,7%
Gates-Gaudin-Schuhman	57,1%
Rosin-Rammler	28,6%
Log-Normal	2,%

Aplicando el método de asignación de puntos descrito en el capítulo 5, los modelos obtuvieron los siguientes puntos:

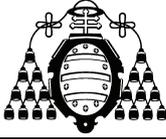
Modelo	Puntuación
Cartesiano-Cartesiano	21
Log-Cartesiano	13
Splines	-23
Gates-Gaudin-Schuhman	-48
Rosin-Rammler	-79
Log-Normal	-107



De los resultados obtenidos a partir de los modelos de distribución de tamaños de partículas aplicados y los ensayos realizados en laboratorio, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

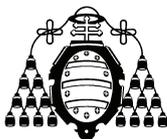
- El modelo de distribución que menores errores produce y más se acerca a la media de los valores obtenidos del Índice de Bond, es la representación en escala **cartesiana-cartesiana**. El cálculo de los parámetros F_{80} y P_{80} en este modelo se hace de manera directa y no requiere una linealización del modelo.
- El segundo modelo que se podría aplicar es la representación en escala **log-cartesiana**, escala en la cual se representa la curva granulométrica de un material. La obtención de los valores F_{80} y P_{80} tampoco requiere una linealización de todos los datos.
- Los modelos **Gates-Gaudin-Schumann** y **Rosin-Rammler**, no parecen ajustarse bien a los valores cuando se trabaja en los tamaños gruesos de la curva granulométrica.
- El modelo **log-normal** no se ajusta en la mayoría de los casos a los valores obtenidos por otros métodos.

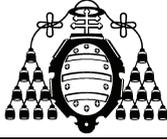
Como **conclusión final**, cuando se realice un ensayo de Bond, para calcular los valores de F_{80} y P_{80} , se propone que se haga una interpolación mediante el modelo **cartesiano-cartesiano** o **log-cartesiano**, ya que Bond, dejó indefinido el modo de cálculo de los mismos.



Capítulo 7

Líneas de Investigación Futuras

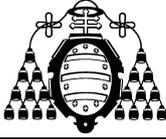




Se proponen a continuación una serie de líneas de investigación surgidas a partir del presente trabajo:

- Obtención y cálculo del Índice de Bond a partir de funciones en vez de parámetros.
- Estudio de la variación del valor del Índice de Molturabilidad (G_{bp}) según el nº de ciclos realizados, una vez esté estabilizado el peso ideal del ensayo.
- Estudio de la variación de la granulometría de los finos obtenidos en el ensayo, con el número de ciclos.
- Estudio de la influencia de los parámetros G_{bp} , F_{80} y P_{80} en el valor final del Índice de Bond (w_i) según su modelo de cálculo.
- Estudio de la influencia de F_{80} y P_{80} en el Índice de Bond (tras aplicarle los factores de corrección) usado para el dimensionamiento de molinos de bolas.
- Estudio de la influencia de F_{80} y P_{80} en el w_i al ser calculados mediante modelos de simulación, como por ejemplo el modelo cinético acumulativo.
- Estudio de las variaciones del parámetro d_{80} del material que será molido a partir del primer ciclo (esto es el material recirculado mas la alimentación fresca).
- Influencia de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.) en el valor del Índice de Bond y su comparación con el Índice de Bond operativo (consumo energético real que se tiene en planta).





Capítulo 8

Bibliografía



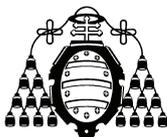


Se indica a continuación la bibliografía que sirvió de consulta, ordenada alfabéticamente:

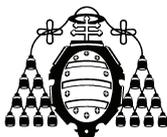
1. Álvarez Rodríguez, B., "Evaluación de la influencia de los modelos de representación de distribución de tamaños de partícula en el índice de Bond", Trabajo de Investigación, Departamento de Explotación y Prospección de Minas, Universidad de Oviedo, 2009.
2. Aswathanarayana, U., "Mineral Resources Management and the Environment", 2003.
3. Austin, L.G., Klimpel, R.R., (1964), "The Theory of Grinding Operations", Ind. Eng. Chem., **56** (11) 18-29.
4. Berry, T.F. y Bruce, R.W., (1966), "A simple method of determining the grindability of ores", Canadian Mining Journal, **87** 63-65
5. BICO (Braun International Co.), Manual de operación del molino de bolas estándar de Bond, 1999.
6. Bond, F. C., (1952), "Third Theory of Comminution", Min. Eng. Trans. AIME, **193** 484-494.
7. Bond, F. C., (1961), "Crushing and Grinding Calculations", Allis Chalmers Manufacturing Co., Milwaukee, Wisconsin.
8. Bonoli, A. and Ciancabilla, F., "The Ore Grindability Definition as an Energy Saving Tool in the Mineral Grinding Processes", Proceedings of 2nd International Congress "Energy, Environment and Technological Innovation", Rome, October 1992, 12-16.
9. Box, G.E.P., Hunter, W., Hunter, J.S., "Estadística para Investigadores", Ed. Reverté, 1989.
10. Broadbent, S.R., and Calcott, T.G., (1956), "A matrix Analysis of Processes Involving Particle Assemblies." Philosophical Transactions, Royal Society of London, Series A.
11. Broadbent, S.R., Calcott, T.G., (1956), "Coal Breakage Processes", J. Inst. Fuel, **29** 534-539.



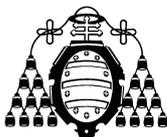
12. Chakrabarti, D.M., "Simple Approach to Estimation of Work Index", Trans. Instn. Min. Metall. (Sect. C: Min. Proc. Ext. Metall.), May-August 2000, 109.
13. Coello Velázquez, A.L., Menéndez-Aguado, J.M., Brown, R.L., (2008), "Grindability of lateritic nickel ores in Cuba", Powder Technology 182 (1), pp. 113-115.
14. Deister, Rene John, (1987), "How to determine the Bond Work Index using lab ball mill grindability test". Engineering and Mining Journal, 188 (2), pp. 42-45.
15. Epstein, B., (1948), "Logarithmic-normal Distribution in breakage of solids", industrial and Engineering Chemistry. **40** 2289-2291.
16. Gates, A. O., et al (1915), "Kick vs. Rittinger: An Experimental Investigation in Rock Crushing, Performed at Purdue University".
17. Gupta and D.S. Yan, "Introduction to Processing Design and Operation".
18. Gutiérrez, L. y Agar, G.E., "A review of standard procedures to scale-up energy consumption on grinding", Int. report, JRGRL, INCO Metals of Canada, Canada, 1975.
19. Haipeng Shen, Zhengyuan Zhu (2006) " Efficient mean estimation in log-normal linear models" Journal of Statistical Planning and Inference 138 (2008) 552-567.
20. Horst, W.E., Freeh, E.J., (1970) "Mathematical modelling applied to analysis and control of grinding circuits" AIME Annu. Meet., Denver.
21. Horst, W.E. y Bassarear, J.H., (1970), "Use of simplified ore grindability technique to evaluate plant performance, Trans-AIME, **260** 348-351
22. Hukki, R.T., Reddy, I.G., (1967), "The Relationship Between Energy Input and Fineness in Comminution", Dechema Monograph, **57** 313-339.
23. Hukki, R.T., (1975), "The Principles of Comminution; an Analytical Summary", Eng. Min. J., **176**, 106.
24. Kapur, P.C., (1970), "Analysis of the Bond grindability test", Trans IMM, **79** C-103/108.
25. Kapur, P.C., (1971), "The energy size reduction relationships in comminution of solids", Chem. Eng. Sci.
26. Karra, V.K., (1981), "Simulation of the Bond grindability test", CIM Bulletin, **74** 827 195-199.
27. Kelly, E.G., Spottiswood, D.J., "Introduction to Mineral Processing", John Wiley & Sons, Great Britain, 1987.



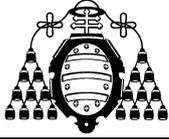
28. Kumar, A.D., Kundu, D, (2009) "Discriminate among the Log-Normal, Weibull and generalized Exponential Distributions" IEEE Transactions on Reliability, vol 58, No 3.
29. Laércio, M. F., et al (2000), "Linearização do modelo log-normal para distribuição de tamanho de partículas", *Acta Scientiarum* 22(5):1235-1239,2000.
30. Loveday, B.K., (1967), "An analysis of comminution kinetics in terms of size distribution parameters", *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.*
31. Lynch, A.J., "Mineral Crushing and Grinding Circuits", Elsevier, 1977.
32. Lynch, A.J., Lees, M.J. "Simulation and Modelling", *SME Mineral Processing Handbook*, New York, 1985, vol 1.
33. Macías-García, A, et al, (2004), "Application of the Rosin-Rammler and Gates-Gaudin-Schuhmann models to the particle size distribution analysis of agglomerated cork", *Materials Characterization* 52, 159-164.
34. Marcotte, D, Groleau, P., (1997), "A simple and robust Lognormal Estimator". *Mathematical Geology*, Vol. 29, No 8.
35. Menéndez Álvarez, M., et al, (1998), "Selección de materias primas en la fabricación de cemento", Ingeopres.
36. Menéndez Aguado, J.M., (1999), "Aplicación de la Simulación Matemática a la Determinación del Índice de Bond para molinos de Bolas", Memoria de Investigación, Departamento de Explotación y Prospección de Minas, Universidad de Oviedo.
37. Menéndez Aguado, J.M., (2001), "Aplicación de la Simulación Matemática a la Determinación de Consumos Energéticos en Fragmentación", PhD Thesis, published digitally by the University of Oviedo.
38. Menéndez-Aguado, J.M., Coello-Velázquez, A.L., Dzioba, B.R., Diaz, M.A.R., (2006), "Process models for simulation of Bond tests ". *Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy*, Section C: Mineral Processing and Extractive Metallurgy 115 (2), pp. 85-90.
39. J.M. Menéndez Aguado , A.L. Coello Velázquez, O.N. Tjonov , M.A. Rodríguez Díaz., (2006), "Implementation of energy sustainability concepts during the comminution process of the Punta Gorda nickel ore plant (Cuba)". *Powder Technology* 170 (2006) 153–157.
40. Menéndez-Aguado, J.M., Dzioba, B.R., Coello-Valazquez, A.L., (2005), "Determination of work index in a common laboratory mill". *Minerals and Metallurgical Processing* 22 (3), pp. 173-176.
41. Morrison, R.D., Morrell, S., (1998), "Comparison of Comminution circuit energy efficiency using simulation", *Min. and Met. Proc.*, **15**, 4, 22-25.

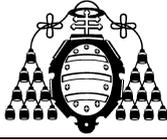


42. Napier- Munn, T.J., Morrell, S., Morrison, R.D., Kojovic, T., (1996), "Mineral Comminution Circuits. Their operation and optimisation", JKMRRC, Queensland, Australia.
43. Nesbitt, A.B., Breytenbach, W.,(2006), "A particle size distribution model for manufactured particulate solids of narrow and intermediate size ranges" Powder Technology 164,117-123.
44. Nemes, A., J.H.M. Wösten, A. Lilly, J. H. Oude Voshaar (1999) "Evaluation of different procedures to interpolate particle-size distributions to achieve compatibility within soil databases", Geoderma 90, 187-202.
45. Opoczky, L., (1981), "Ways of influencing the particle size distribution of ground product in dry ball mills", Interceram, 4,327-389, 403.
46. Pasikatan, M. C., et al (1999) "Particle Size Distribution and Sieving Characteristic of First-Break Ground Wheat", ASAE Mid-Central Conference, Ramada Inn, St. Joseph, Paper No. MC99-129.
47. Prasher. C. L., "Crushing and Grinding Process Handbook", John Wiley & Sons, Great Britain, 1987.
48. Proceeding of the "XXI International Mineral Processing Congress", Italy, July 2000.
49. Reid, K.J. (1965) "A solution to the batch grinding equation", Chem Eng. Sci.
50. Rose, H.E. y Sullivan, R.M., (1958), "Ball, Tube and Rod Mills", London, Constable.
51. Rowland, C.A., (1982), "Selection of rod mills, ball mills, pebble mills and regrind mills", in Design and Installation of Comminution Circuitis, eds. Mular A.L., Jergensen G V, SME, 393-438.
52. Smith, R.W y Lee, K.H., (1968), "A comparison of data from Bond type simulated closed-circuits and batch type grindability tests", Trans-AIME, **241** 99-101.
53. Schuhmann, R. Jr, (1960) " Energy input and size distribution in comminution" Mining Engineering.
54. Schuhmann, R Jr, (1940), "Principles of Comminution, I-Size Distribution and Surface Calculations" American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Technical Publication No.1189.
55. Sunil Jain, M.P. Mulay, et al, "Prediction of particle size of ammonium perchorate during pulverisation" Defence Science Journal, Vol. 56, No. 3 July 2006, pp.423-431.



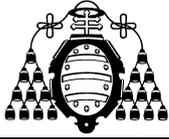
56. Videla, J.C., Dzioba, R., (2000), "Cominución de Minerales", Curso de Perfeccionamiento, Departamento de Minas, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Juan, Argentina.
57. Weiss, N.L. ed., "SME Mineral Processing Handbook", SME AIME, New York, 1985.
58. Wills, B.A., Napier-Munn, T.J., "Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery", JKMRRC, Oct. 2006.
59. Yap, R.F.; Sepúlveda, J. L.; Jauregui, R., "Determination of the Bond Work Index using an ordinary batch ball mill", SME 1st Int. Fall Meeting, Symp. On Design and Installation of conminution circuits, Honolulu, Hawai; Sept. 1982.
60. Yashima, S. Et al, (1970), "On the relation of work Index and mechanical properties of brittle materials", Kagaku Kogaku, **34** 11 1199-1205.

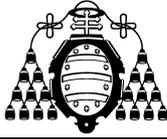




Anexo I

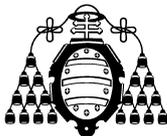
Ensayos de Bond Realizados





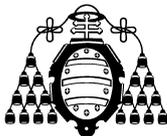
1.- RELACIÓN DE ENSAYOS.

En la tabla que se muestra a continuación se indican los materiales con el número de ensayo y el tamaño de corte al que se realizaron:



<i>Material</i>	<i>P₁₀₀ (μm)</i>	<i>Nº de ensayo</i>
Caliza I	500	1
	200	2
Caliza II	175	3
	147	4
Caliza III	175	5
	147	6
Caliza IV	125	7
	100	8
Caliza V	100	9
Caliza VI	100	10
Caliza VII	100	11
Caliza IIX	500	12
	125	13
Carbón	125	14
	80	15
Celestina	500	16
	200	17
Clinker	500	18
	200	19
Escoria	500	20
	200	21
Feldespató	500	22
	200	23
Fluorita	500	24
	200	25
Granate I	200	26
Granate II	200	27
Lepidolita	500	28
	200	29
Magnetita	160	30
Scheelita	500	31
	400	32
	125	33
	80	34
Silice I	200	35
Silice II	125	36
Silice III	80	37
Yeso I	500	38
	200	39
Yeso II	500	40
	200	41
Zeolita	100	42

Tabla 1.- Relación de ensayos y materiales.



1.1.- Ensayo nº1.

La granulometría de alimentación de la Caliza I para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Intervalo (µm)	Peso (g)	Peso (%)	Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
> 2000	265,3	23,25	2000	76,75
2000/1600	133,7	11,72	1600	65,04
1600/1250	120,8	10,59	1250	54,45
1250/800	157,4	13,79	800	40,66
800/500	213,9	18,74	500	21,92
500/400	69	6,05	400	15,87
<400	181,1	15,87		
<i>Total:</i>	<i>1141,2</i>	<i>100,00%</i>		

Tabla 2.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.146,0 g.
- Peso ideal de finos: 327,4 g
- Porcentaje de finos en la alimentación: 21,92%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	251,2	639,2	388,0	3,8800
2	48,3	140,1	399,8	259,7	5,3790
3	44,6	87,6	337,9	250,3	5,6139
4	45,1	74,1	329	254,9	5,6487
5	45,2	72,1	325,1	253,0	5,5972
6	45,8	71,3	320,2	248,9	5,4393

Tabla 3.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 5,5617 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Intervalo (µm)	Peso (g)	Peso(%)	Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
500/400	80,2	25,05	500	100,00
400/200	103,9	32,45	400	74,95
200/160	21,2	6,62	200	42,50
160/100	20,6	6,43	160	35,88
< 100	94,3	29,45	100	29,45
<i>Total:</i>	<i>320,2</i>	<i>100,00%</i>		

Tabla 4.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.2.- Ensayo n^o2.

La granulometría de alimentación de la Caliza II para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	100,00
2000	76,75
1600	65,04
1250	54,45
800	40,66
500	21,92
400	15,87
200	7,65
160	6,39
100	5,16

Tabla 5.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.145,7 g.
- Peso ideal de finos: 327,34 g
- Porcentaje de finos en la alimentación: 7,65%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	87,6	331,3	243,7	2,4365
2	123,9	25,3	363,7	338,4	2,7299
3	109,7	27,8	347,8	320,0	2,9163
4	103,1	26,6	338	311,4	3,0197
5	99,8	25,9	339,2	313,3	3,1384
6	96,0	25,9	317,6	291,7	3,0370

Tabla 6.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 3,0650 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	81,37
125	68,17
100	60,38

Tabla 7.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.3.- Ensayo nº3.

La granulometría de alimentación de la Caliza II para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3350	99,98
2362	75,29
1981	65,64
1651	58,55
1168	49,42
833	39,79
590	32,69
351	28,15
210	20,62
175	18,29
147	16,41
104	10,13
74	8

Tabla 8.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 175 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.168,7 g.
- Peso ideal de finos: 333,91 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 18,29%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	213,8	460	246,2	2,4624
2	101,4	84,1	372,1	288,0	2,8389
3	93,6	68,1	347,2	279,1	2,9808
4	90,7	63,5	323,6	260,1	2,8671
5	95,8	59,2	346,4	287,2	2,9974

Tabla 9.- Resumen de los resultados obtenidos.

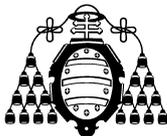
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 2,971 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
175	100,00
147	86,92
124	73,46
88	50,81
74	42,79

Tabla 10.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.4.- Ensayo nº4.

La granulometría de alimentación de la Caliza II para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3350	99,98
2362	75,29
1981	65,64
1651	58,55
1168	49,42
833	39,79
590	32,69
351	28,15
210	20,62
175	18,29
147	16,41
104	10,13
74	8

Tabla 11.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 147 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.157,1 g.
- Peso ideal de finos: 330,6 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 16,41%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	189,9	427,2	237,3	2,3700
2	59,0	70,1	220,8	150,7	2,5500
3	115,0	36,2	352	315,8	2,7500
4	99,0	57,8	327,7	269,9	2,7300
5	27,0	53,8	-	-	-

Tabla 12.- Resumen de los resultados obtenidos.

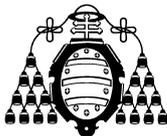
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 2,74 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
147	99,98
124	74,09
104	64,68
88	56,69
74	47,99

Tabla 13.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.5.- Ensayo nº5.

La granulometría de alimentación de la Caliza III para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
3350	99,99
2362	77,29
1981	67,33
1651	61,81
1168	50,14
833	43,18
590	36,72
351	31,52
210	22,97
175	20,16
147	18,73
104	13,77
74	10,8

Tabla 14.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 175 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.168,7 g.
- Peso ideal de finos: 333,91 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 18,29%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	213,8	460	246,3	2,462
2	101,0	84,1	372,1	288,0	2,851
3	93,0	68,1	347,2	279,1	3,001
4	90,0	63,5	323,6	260,1	2,890
5	95,0	59,2	346,4	287,2	3,023

Tabla 15.- Resumen de los resultados obtenidos.

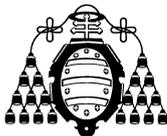
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 2,971 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
175	100,00
147	86,92
124	73,46
88	50,81
74	42,79

Tabla 16.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.6.- Ensayo nº6.

La granulometría de alimentación de la Caliza III para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3350	99,99
2362	77,29
1981	67,33
1651	61,81
1168	50,14
833	43,18
590	36,72
351	31,52
210	22,97
175	20,16
147	18,73
104	13,77
74	10,8

Tabla 17.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 147 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.186,6 g.
- Peso ideal de finos: 339,03 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 18,73%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	222.25	443.5	221.25	2.212
2	116	83.07	387.4	304.33	2.623
3	102	72.66	357.6	285.04	2.794
4	97	66.98	341.1	274.12	2.826
5	97	63.89	337.1	273.21	2.816

Tabla 18.- Resumen de los resultados obtenidos.

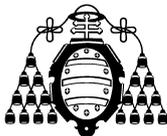
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 2,812 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
147	99,99
124	82,64
88	59,93
74	51,50

Tabla 19.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.7.- Ensayo nº7.

La granulometría de alimentación de la Caliza IV para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	82,29
1000	53,19
800	47,45
500	36,95
250	27,26
125	19,68

Tabla 20.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 125 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.172,5 g.
- Peso ideal de finos: 335,0 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 19,68%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	230,8	535,7	304,9	3,0490
2	75,3	105,4	399,9	294,5	3,9110
3	65,5	78,7	350,6	271,9	4,1491
4	64,1	69,0	331,2	262,2	4,0898
5	66,0	65,2	329,2	264,0	4,0019

Tabla 21.- Resumen de los resultados obtenidos.

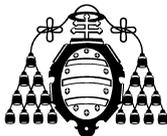
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 4,0019 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
100	100
80	68.5
63	46.1

Tabla 22.- Granulometría de los finos del último ciclo



1.8.- Ensayo nº8.

La granulometría de alimentación de la Caliza IV para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2800	99,99
2000	83,16
1000	52,34
800	46,49
500	36,21
250	26,62
125	18,36
100	14,17
80	7,17

Tabla 23.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 100 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.157,0 g.
- Peso ideal de finos: 330,6 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 14,17%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	163,9	411,1	247,2	2,4716
2	110,2	58,3	383,9	325,6	2,9556
3	93,4	54,4	407,5	353,1	3,7788
4	72,2	57,7	280,8	223,1	3,0895
5	94,1	39,8	322,1	282,3	2,9995
6	95,0	45,6	361,1	315,5	3,3208
7	84,1	51,2	337,5	286,3	3,4032

Tabla 24.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 3,2412 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
100	100
80	70.3
63	36.9

Tabla 25.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.9.- Ensayo nº9.

La granulometría de alimentación de la Caliza V para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2800	99,99
2000	82,41
1000	54,34
800	49,49
500	41,32
250	32,37
125	23,12
100	19,92
80	12,79

Tabla 26.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 100 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.118,1 g.
- Peso ideal de finos: 319,5 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 19,92%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para aso poder obtener un valor final del índice de moliturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	222,7	561	338,3	3,3830
2	61,4	111,7	414,5	302,8	4,9309
3	48,0	82,6	347,1	264,5	5,5063
4	45,5	69,1	336,7	267,6	5,8856
5	42,9	67,1	286,9	219,8	5,1264
6	51,2	57,1	330	272,9	5,3324
7	47,6	65,7	332	266,3	5,5960

Tabla 27.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de moliturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 5,3516 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
100	100
80	62
63	34.8

Tabla 28.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.10.- Ensayo nº10.

La granulometría de alimentación de la Caliza VI para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
2800	99,99
2000	82,04
1000	48,85
800	42,54
500	31,91
250	22,09
125	15,08
100	13,44
80	11,25

Tabla 29.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 100 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.185,3 g.
- Peso ideal de finos: 338,7 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 13,44%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	159,3	373,6	214,3	2,1430
2	134,6	50,2	450,6	400,4	2,9747
3	93,5	60,6	353,4	292,8	3,1324
4	93,0	47,5	328,9	281,4	3,0274
5	97,3	44,2	344,8	300,6	3,0906
6	94,6	46,3	346,7	300,4	3,1756
7	92,0	46,6	340,8	294,2	3,1989

Tabla 30.- Resumen de los resultados obtenidos.

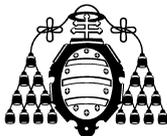
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 3,1550 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
100	100
80	52.6
63	24.8

Tabla 31.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.11.- Ensayo nº11.

La granulometría de alimentación de la Caliza VII para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2800	99,99
2000	86,69
1000	63,28
800	58,59
500	50,21
250	40,75
125	31,80
100	28,53
80	24,13

Tabla 32.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 100 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.131,5 g.
- Peso ideal de finos: 323,3 g
- Porcentaje de finos en la alimentación: 28,53%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	322,8	568,7	245,9	2,4591
2	65,5	162,2	437,8	275,6	4,2077
3	47,2	124,9	360,5	235,6	4,9969
4	44,1	102,8	335	232,2	5,2625
5	43,3	95,6	286,8	191,2	4,4193
6	54,6	81,8	319,2	237,4	4,3445
7	53,5	91,1	351,9	260,8	4,8799

Tabla 33.- Resumen de los resultados obtenidos.

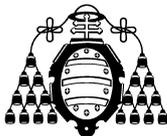
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 4,5479 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
100	100
80	72
63	50

Tabla 34.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.12.- Ensayo nº12.

La granulometría de alimentación de la Caliza VII para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3600	99,99
3000	99,86
2000	19,96
1500	1,74
1000	1,69
800	1,64
400	1,47

Tabla 35.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 962 g.
- Peso ideal de finos: 274,9 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 1,51%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	14,5	500,3	485,8	4,857738
2	55,0	7,55453	375	367,4	6,67765198
3	40,3	5,6625	311,5	305,8	7,58661601
4	35,6	4,70365	300,5	295,8	8,30673445
5	32,5	4,53755	240,3	235,8	7,24481731
6	37,4	3,62853	296,5	292,9	7,82292205
7	34,6	4,47715	280,6	276,1	7,98908051

Tabla 36.- Resumen de los resultados obtenidos.

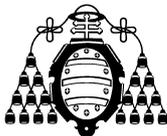
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 7,6856 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,6
355	76,8
250	61,4
180	51,9
125	42,4
63	33,2

Tabla 37.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.13.- Ensayo nº13.

La granulometría de alimentación de la Caliza VII para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	32,07
1000	7,97
800	7,92
500	7,87
250	7,81
125	7,36

Tabla 38.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 125 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.066 g.
- Peso ideal de finos: 304,6 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 7,36%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	78,5	290,5	212,0	2,12
2	133,6	21,3923546	372	350,6	2,62479921
3	105,6	27,39399625	339,3	311,9	2,95366987
4	94,7	24,98597561	330,3	305,3	3,22547838
5	86,9	24,32321764	300,9	276,6	3,18322258
6	88,7	22,15820826	308	285,8	3,22186775
7	87,5	22,68105066	280,6	257,9	2,94788616

Tabla 39.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 3,1176 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
125	100,0
80	65,2
63	51,7
50	20,2
45	7,2

Tabla 40.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.14.- Ensayo nº14.

La granulometría de alimentación de la Carbón para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3600	99,99
3000	99,86
2000	19,96
1500	1,74
1000	1,69
800	1,64
400	1,47

Tabla 41.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 125 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 696,6 g.
- Peso ideal de finos: 199,0 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 10,28%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para aso poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	50	71,6	129,5	57,9	1,1580
2	160,4	13,3	283,4	270,1	1,6841
3	100,9	29,1	223,9	194,8	1,9306
4	91,2	23,0	211,7	188,7	2,0696
5	85,7	21,8	204,8	183,0	2,1370
6	83,3	21,1	209,1	188,0	2,2579
7	78,6	21,5	183,5	162,0	2,0604

Tabla 42.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 2,1518 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
125	100,0
80	58,1
63	23,9

Tabla 43.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.15.- Ensayo nº15.

La granulometría de alimentación de la Carbón para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	32,07
1000	7,97
800	7,92
500	7,87
250	7,81
125	7,36

Tabla 44.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 80 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 699,9 g.
- Peso ideal de finos: 200,0 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 10,28%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	50	71,9	109,5	37,6	0,7512
2	251,2	11,3	222,7	211,4	0,8417
3	210,4	22,9	225	202,1	0,9607
4	184,1	23,1	243,8	220,7	1,1987
5	145,9	25,1	192,7	167,6	1,1489
6	156,8	19,8	200,5	180,7	1,1523
7	155,7	20,6	193,2	172,6	1,1088

Tabla 45.- Resumen de los resultados obtenidos.

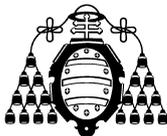
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 1,1367 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
80	100,0
63	25,2
50	9,4

Tabla 46.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.16.- Ensayo nº16.

La granulometría de alimentación de la Celestina para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	99,87
1600	85,27
1250	60,31
800	30,60
500	4,52
400	0,54

Tabla 47.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.1290,1 g.
- Peso ideal de finos: 368,60 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 4,52%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (G_{bp}). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	G_{bp_i} (g/rev)
1	100	58,3	1125,6	1067,3	10,6732
2	30	50,8	668,1	617,3	20,7333
3	16	30,2	434,1	403,9	24,7462
4	14	19,6	313,1	293,5	20,8180
5	17	14,1	368,4	354,3	20,7990
6	17	16,6	370,0	353,4	20,8818

Tabla 48.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$G_{bp} = 20,8305 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,00
400	31,37
200	18,69
160	16,25

Tabla 49.- Granulometría de los finos del último ciclo.

**1.17.- Ensayo nº17.**

La granulometría de alimentación de la Celestina para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	99,99
2000	99,87
1600	85,27
1250	60,31
800	30,6
500	4,52
400	0,54
200	0,29

Tabla 50.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.290,1 g.
- Peso ideal de finos: 368,60 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 0,29%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de moliturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	3,7	486,3	482,6	4,8260
2	76	1,4	432,8	431,4	5,6697
3	65	1,2	405,2	404,0	6,2346
4	59	1,2	368,5	367,3	6,2329
5	59	1,1	369,3	368,2	6,2430
6	59	1,1	368,5	367,4	6,2402

Tabla 51.- Resumen de los resultados obtenidos.

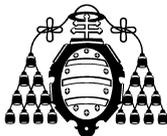
El índice de moliturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 20,8305 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
162	81,00
125	68,70
100	60,46

Tabla 52.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.18.- Ensayo nº18.

La granulometría de alimentación de la Clinker para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	83,67
1600	68,84
1250	54,29
800	38,24
500	25,60
400	21,14

Tabla 53.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.166,8 g.
- Peso ideal de finos: 333,37 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 25,60%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (G_{bp}). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	G_{bp_i} (g/rev)
1	100	295,7	564,1	268,4	2,6842
2	69,1	144,4	373,8	229,4	3,3177
3	70,6	95,7	347,5	251,8	3,5655
4	67,6	89,0	340,8	251,8	3,7252
5	65,2	87,2	336	248,8	3,8173
6	63,9	86,0	336,1	250,1	3,9127

Tabla 54.- Resumen de los resultados obtenidos.

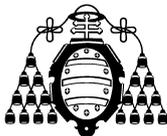
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$G_{bp} = 2,1781 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,00
400	75,80
200	44,94
160	37,47

Tabla 55.- Granulometría de los finos del último ciclo.

**1.19.- Ensayo nº19.**

La granulometría de alimentación de la Clinker para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	100,00
2000	82,71
1600	67,75
1250	53,27
800	37,72
500	25,65
400	21,64
200	14,08
160	11,93
100	9,2

Tabla 56.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.166,8 g.
- Peso ideal de finos: 333,37 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 14,08%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de moliturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	164,3	328,9	164,6	1,6461
2	174,4	46,3	385,3	339,0	1,9439
3	143,6	54,3	373,4	319,1	2,2227
4	126,3	52,6	322,1	269,5	2,1335
5	135,0	45,4	338,6	293,2	2,1722
6	131,5	47,7	340,7	293,0	2,2279

Tabla 57.- Resumen de los resultados obtenidos.

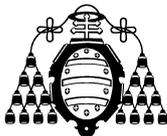
El índice de moliturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 2,1781 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	80,16
125	66,17
100	55,81

Tabla 58.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.20.- Ensayo n°20.

La granulometría de alimentación de la Escoria para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1250	95,51
1000	77,49
800	49,90
630	27,33
500	16,04
400	9,32

Tabla 59.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.531,8 g.
- Peso ideal de finos: 437,66 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 16,04%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (G_{bp}). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	G_{bp_i} (g/rev)
1	100	245,7	594,9	349,2	3,4920
2	98,0	95,4	474,7	379,3	3,8700
3	93,4	76,1	410,9	334,8	3,5835
4	103,7	65,9	493	427,1	4,1170
5	87,1	79,1	440,4	361,3	4,1485
6	88,5	70,6	438,6	368,0	4,1592

Tabla 60.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$G_{bp} = 4,1422 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,00
400	63,64
200	25,44
160	17,16

Tabla 61.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.21.- Ensayo nº21.

La granulometría de alimentación de la Escoria para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1250	95,51
1000	77,49
800	49,90
630	27,33
500	16,04
400	9,32
200	1,71
160	0,84
100	0,29

Tabla 62.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.531,8 g.
- Peso ideal de finos: 437,66 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 1,71%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (G_{bp}). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	G_{bp_i} (g/rev)
1	100	26,2	152,3	126,1	1,2611
2	345,0	2,6	513,3	510,7	1,4803
3	289,7	8,8	476,2	467,4	1,6134
4	266,2	8,1	486,5	478,4	1,7968
5	238,9	8,3	432,2	423,9	1,7740
6	242,5	7,4	458,1	450,7	1,8583

Tabla 63.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$G_{bp} = 1,8102 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	74,31
125	57,13
100	45,14

Tabla 64.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.22.- Ensayo nº22.

La granulometría de alimentación de la Feldespato para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	90,17
1600	80,45
1250	68,89
800	52,55
500	36,95
400	31,17

Tabla 65.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.106,7 g.
- Peso ideal de finos: 316,20 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 36,95%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (G_{bp}). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	G_{bp_i} (g/rev)
1	0	408,9	408,9	0,0	0,0000
2	50,0	151,1	648,5	497,4	9,9477
3	8,0	239,6	362,1	122,5	15,9111
4	11,0	133,8	289,2	155,4	13,5558
5	15,0	106,9	284	177,1	11,4707
6	18,0	104,9	288	183,1	9,9395
7	21,0	106,4	289	223,1	10,5696

Tabla 66.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$G_{bp} = 10,6599$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,00
400	72,88
200	37,53
160	28,64

Tabla 67.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.23.- Ensayo nº23.

La granulometría de alimentación de la Feldespato para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	100,00
2000	91,24
1600	82,64
1250	70,65
800	53,49
500	36,87
400	30,75
200	17,32
160	13,40
100	8,46

Tabla 68.- Granulometría de la alimentación.

Los dtos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.089,9 g.
- Peso ideal de finos: 311,40 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 17,32%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	188,8	478,5	289,7	2,8973
2	78,9	82,9	314,2	231,3	2,9328
3	87,6	54,4	321,7	267,3	3,0503
4	83,8	55,7	320,3	264,6	3,1565
5	81,1	55,5	292,9	237,4	2,9283
6	89,0	50,7	340,6	289,9	3,2564

Tabla 69.- Resumen de los resultados obtenidos.

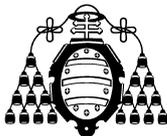
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 3,1141 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	68,03
125	50,84
100	40,14

Tabla 70.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.24.- Ensayo nº24.

La granulometría de alimentación de la Fluorita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2500	78,75
2000	59,65
1600	43,68
1250	31,33
800	19,60
500	12,05

Tabla 71.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.257,0 g.
- Peso ideal de finos: 359,14 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 12,05%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	151,5	778,7	627,2	6,2723
2	42,3	93,8	375,6	281,8	6,6614
3	47,1	45,3	400,1	354,8	7,5306
4	41,3	48,2	351,5	303,3	7,3455
5	43,1	42,4	364	321,6	7,4581
6	42,3	43,9	364,9	321,0	7,5943

Tabla 72.- Resumen de los resultados obtenidos.

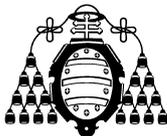
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 7,4662 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,00
400	75,84
200	42,09
160	33,20

Tabla 73.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.25.- Ensayo nº25.

La granulometría de alimentación de la Fluorita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	100,00
2500	71,96
2000	51,73
1600	37,17
1250	26,97
800	17,65
500	11,50
400	9,46
200	5,80
160	4,69
100	3,27

Tabla 74.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.213,4 g.
- Peso ideal de finos: 346,69 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 5,80%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de moliturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	70,4	422	351,6	3,5162
2	91,6	24,5	388,2	363,7	3,9693
3	81,7	22,5	355,9	333,4	4,0821
4	79,9	20,6	352,2	331,6	4,1511
5	78,6	20,4	356,8	336,4	4,2798
6	76,2	20,7	346,2	325,5	4,2734

Tabla 75.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de moliturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 4,2348 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	77,32
125	61,54
100	50,56

Tabla 76.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.26.- Ensayo nº26.

La granulometría de alimentación de la Granate I para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
400	99,99
315	99,86
250	97,73
200	79,62
160	13,98
125	4,34
100	1,47
80	0,77
50	0,26

Tabla 77.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 160 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.629,5 g.
- Peso ideal de finos: 465,57 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 13,98%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	227,8	495,3	267,5	2,6750
2	148,2	69,2	549,8	480,6	3,2434
3	119,8	76,9	438,3	361,4	3,0159
4	134,1	61,3	458,7	397,4	2,9646
5	135,4	64,1	460,8	396,7	2,9294
6	136,9	64,4	463,9	399,5	2,9172

Tabla 78.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 2,9376 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
160	100,00
125	63,67
100	26,60
80	16,90

Tabla 79.- Granulometría de los finos del último ciclo.

**1.27.- Ensayo nº27.**

La granulometría de alimentación de la Grante II para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
630	97,84
500	90,63
400	77,12
315	60,91
200	32,10
160	20,76
100	8,16
80	4,36
50	1,15

Tabla 80.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.797,1 g.
- Peso ideal de finos: 513,46 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 32,10%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de moliturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	576,9	577	0,1	0,0013
2	250756,4	185,2	328,9	143,7	0,0006
3	711835,0	105,6	501	395,4	0,0006
4	634810,5	160,8	507,4	346,6	0,0005
5	642142,1	162,9	511,9	349,0	0,0005
6	642349,4	164,3	522,9	358,6	0,0006

Tabla 81.- Resumen de los resultados obtenidos.

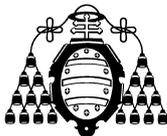
El índice de moliturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 1,3771 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	71,27
125	51,47
100	37,85

Tabla 82.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.28.- Ensayo nº28.

La granulometría de alimentación de la Lepidolita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
2500	83,28
2000	69,36
1600	55,43
1250	46,28
800	36,79
500	26,05

Tabla 83.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.038,6 g.
- Peso ideal de finos: 296,74 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 26,05%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	270,6	452,3	181,7	1,8174
2	98,4	117,8	447,4	329,6	3,3478
3	53,8	116,5	284,9	168,4	3,1278
4	71,1	74,2	322	247,8	3,4828
5	61,1	83,9	287,3	203,4	3,3283
6	66,7	74,8	300,1	225,3	3,3786

Tabla 84.- Resumen de los resultados obtenidos.

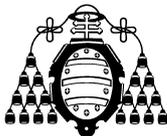
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 3,3964 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
500	100,00
400	76,06
200	39,15
160	29,44

Tabla 85.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.29.- Ensayo nº29.

La granulometría de alimentación de la Lepidolita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	100,00
2000	74,94
1600	62,93
1250	54,36
800	44,63
500	33,54
400	28,70
200	16,66
160	12,65
100	7,94

Tabla 86.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.149,7 g.
- Peso ideal de finos: 328,49 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 16,66%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	191,5	282,4	90,9	0,9086
2	309,7	47,0	466,5	419,5	1,3542
3	185,2	77,7	335,1	257,4	1,3899
4	196,2	55,8	314,6	258,8	1,3191
5	209,3	52,4	327	274,6	1,3120
6	208,8	54,5	350,8	296,3	1,4188

Tabla 87.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 1,3494 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	69,12
125	52,74
100	40,90

Tabla 88.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.30.- Ensayo nº30.

La granulometría de alimentación de la Magnetita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
400	99,97
315	99,68
250	96,64
200	81,31
160	30,86
125	8,48
100	2,10
80	0,00

Tabla 89.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.732,4 g.
- Peso ideal de finos: 494,97 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 30,87%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	0	823,2	823,2	0,0	0,0000
2	100,0	391,2	606,5	215,3	2,1533
3	96,0	288,2	450,1	161,9	1,6860
4	167,0	213,9	609,5	395,6	2,3729
5	87,0	289,6	496,7	207,1	2,3929
6	108,0	236,0	509,2	273,2	2,5244

Tabla 90.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 2,4301}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
160	100,00
125	73,92
100	53,84
80	36,95

Tabla 91.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.31.- Ensayo nº31.

La granulometría de alimentación de la Sheelita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	80,91
1000	57,99
800	52,89
500	42,86

Tabla 92.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.298,3 g.
- Peso ideal de finos: 370,9 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 42,86%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	556,4	710,4	154,0	1,5400
2	43,2	304,4	502,4	198,0	4,5846
3	33,9	215,3	394,7	179,4	5,2844
4	38,2	169,2	367,1	197,9	5,1838
5	41,2	157,3	361,6	204,3	4,9570
6	43,6	155,0	369,3	214,3	4,9193
7	43,2	158,3	361,1	202,8	4,6917

Tabla 93.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 4,8560 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,0
355	80,8
250	65,1
180	54,1
125	41,6

Tabla 94.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.32.- Ensayo nº32.

La granulometría de alimentación de la Sheelita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	79,36
1000	55,50
800	50,35
500	40,04
400	36,63

Tabla 95.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 400 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.293,4 g.
- Peso ideal de finos: 369,5 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 36,63%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	473,8	628	154,2	1,5423
2	90,5	230,0	599,1	369,1	4,0801
3	36,8	219,5	400,1	180,6	4,9107
4	45,4	146,6	364,5	217,9	4,7997
5	49,2	133,5	363,5	230,0	4,6768
6	50,5	133,2	361,4	228,2	4,5157
7	52,5	132,4	361,2	228,8	4,3568

Tabla 96.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 4,5165 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
400	100,0
355	91,3
250	71,8
180	58,9
125	45,7

Tabla 97.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.33.- Ensayo n°33.

La granulometría de alimentación de la Sheelita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	80,49
1000	56,47
800	51,34
500	40,64
250	27,48
125	16,60

Tabla 98.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 125 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.269,1 g.
- Peso ideal de finos: 362,6 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 16,60%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	210,7	423,4	212,7	2,1270
2	137,4	70,3	273,9	203,6	1,4816
3	214,0	45,5	418,6	373,1	1,7432
4	168,1	69,5	415,7	346,2	2,0590
5	142,6	69,0	274,6	205,6	1,4418
6	219,9	45,6	367	321,4	1,4618
7	206,4	60,9	361,4	300,5	1,4560

Tabla 99.- Resumen de los resultados obtenidos.

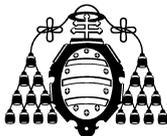
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 1,4532 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
125	100,0
80	75,6
50	55,3

Tabla 100.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.34.- Ensayo nº34.

La granulometría de alimentación de la Sheelita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	80,49
1000	56,47
800	51,34
500	40,64
250	27,48
125	16,60
80	10,62

Tabla 101.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 80 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.175,5 g.
- Peso ideal de finos: 335,9 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 10,62%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molidurabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	124,8	286,8	162,0	1,6196
2	188,6	30,5	470,7	440,2	2,3347
3	122,4	50,0	231,5	181,5	1,4824
4	210,0	24,6	290,6	266,0	1,2669
5	240,7	30,9	321,4	290,5	1,2068
6	250,0	34,1	332,9	298,8	1,1950
7	251,5	35,4	351	315,6	1,2552

Tabla 102.- Resumen de los resultados obtenidos.

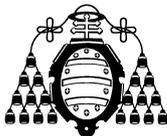
El índice de molidurabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 1,2190 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
80	100,0
63	72,5
50	42,5

Tabla 103.- Granulometría de los finos del último ciclo.

**1.35.- Ensayo nº35.**

La granulometría de alimentación de la Sílice I para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	90,72
400	76,16
315	55,17
250	38,29
200	24,19
160	13,79
125	7,24
100	4,18
71	1,40

Tabla 104.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.066,9 g.
- Peso ideal de finos: 304,83 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 24,19%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	258,1	437	178,9	1,7892
2	111,3	105,7	325,4	219,7	1,9740
3	114,5	78,7	305,4	226,7	1,9790
4	116,7	73,9	315	241,1	2,0662
5	110,7	76,2	310,2	234,0	2,1147
6	108,7	75,0	307,4	232,4	2,1384

Tabla 105.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 2,1070 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	65,99
125	45,81
100	34,43

Tabla 106.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.36.- Ensayo nº36.

La granulometría de alimentación de la Sílice II para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1000	99,98
400	85,19
250	42,91
125	8,76
80	2,63

Tabla 107.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 125 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.079,2 g.
- Peso ideal de finos: 308,3 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 8,76%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (G_{bp}). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	G_{bp_i} (g/rev)
1	100	94,6	191,7	97,1	0,97117975
2	300,2	16,8007544	297,7	280,9	0,93572646
3	301,6	26,09068641	362,5	336,4	1,115269
4	248,0	31,76981466	311,5	279,7	1,12800004
5	249,2	27,30013039	304	276,7	1,11056944
6	253,7	26,64282388	302,7	276,1	1,08832314
7	258,9	26,52889075	348,3	321,8	1,24263161

Tabla 108.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$G_{bp} = 1,147 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
125	100,0
80	60,9
63	37,9
50	14,4

Tabla 109.- Granulometría de los finos del último ciclo.

**1.37.- Ensayo nº37.**

La granulometría de alimentación de la Sílice III para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
355	82,90
250	53,38
180	24,04
165	17,12
125	7,88
80	3,03
63	1,61
50	0,55

Tabla 110.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 80 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.142,9 g.
- Peso ideal de finos: 326,5 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 3,03%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	500	34,6	287,3	252,7	0,5053
2	629,0	8,7	289,5	280,8	0,4464
3	711,8	8,8	455,7	446,9	0,6279
4	498,1	13,8	360,7	346,9	0,6964
5	453,2	10,9	356,7	345,8	0,7630
6	413,8	10,8	308	297,2	0,7182
7	441,7	9,3	327,5	318,2	0,7203

Tabla 111.- Resumen de los resultados obtenidos.

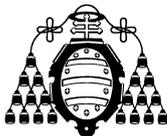
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 0,7338 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
80	100,0
63	37,1
50	6,5

Tabla 112.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.38.- Ensayo nº38.

La granulometría de alimentación de la Yeso I para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	92,22
1600	82,13
1250	69,50
800	54,24
500	41,64
400	36,73

Tabla 113.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 958,0 g.
- Peso ideal de finos: 273,71 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 41,64%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	0	398,9	398,9	0,0	0,0000
2	50,0	166,1	611,1	445,0	8,8998
3	2,0	254,5	324,5	70,0	32,3807
4	4,0	135,1	205,7	70,6	16,4896
5	11,0	85,7	234	148,3	13,0074
6	14,0	97,4	274,9	177,5	13,0949

Tabla 114.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\mathbf{Gbp = 13,0511 \text{ g/rev}}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,00
400	79,42
200	54,02
160	46,05

Tabla 115.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.39.- Ensayo nº39.

La granulometría de alimentación de la Yeso I para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	92,22
1600	82,13
1250	69,50
800	54,24
500	41,64
400	36,73
200	26,36

Tabla 116.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 958,0 g.
- Peso ideal de finos: 273,71 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 26,36%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de moliturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	50	252,5	503	250,5	5,0094
2	28,2	132,6	300,8	168,2	5,9709
3	32,6	79,3	282,1	202,8	6,2284
4	32,0	74,4	256,4	182,0	5,6875
5	36,2	67,6	256,4	188,8	5,2097
6	39,6	67,6	266,8	199,2	5,0350

Tabla 117.- Resumen de los resultados obtenidos.

El índice de moliturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 5,3101 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	83,72
125	59,19
100	46,92

Tabla 118.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.40.- Ensayo nº40.

La granulometría de alimentación de la Yeso II para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	83,14
1600	72,06
1250	60,98
800	46,00
500	34,41
400	28,90

Tabla 119.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 500 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.067,5 g.
- Peso ideal de finos: 305,00 g
- Porcentaje de finos en la alimentación: 34,41%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (G_{bp}). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	G_{bp_i} (g/rev)
1	0	367,3	367,3	0,0	0,0000
2	50,0	126,4	442,9	316,5	6,3301
3	24,0	152,4	292,4	140,9	5,8074
4	35,0	100,6	347	246,4	7,0008
5	27,0	119,4	297,4	178,0	6,7142
6	30,0	102,3	301,4	199,1	6,5949

Tabla 120.- Resumen de los resultados obtenidos.

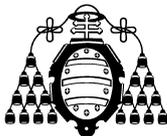
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$G_{bp} = 6,7700 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	100,00
400	81,58
200	52,61
160	44,91

Tabla 121.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.41.- Ensayo nº41.

La granulometría de alimentación de la Yeso II para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	83,14
1600	72,06
1250	60,98
800	46,00
500	34,41
400	28,90
200	19,80

Tabla 122.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 200 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 1.067,5 g.
- Peso ideal de finos: 305,0 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 19,80%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de molturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	211,4	534,2	322,8	3,2284
2	61,7	105,8	347,2	241,4	3,9122
3	60,4	68,7	298,8	230,1	3,8095
4	64,5	59,2	293,2	234,0	3,6267
5	68,1	58,1	308,5	250,4	3,6781
6	66,3	61,1	310,3	249,2	3,7580

Tabla 123.- Resumen de los resultados obtenidos.

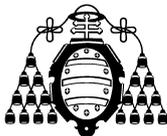
El índice de molturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 3,6870 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	100,00
160	81,36
125	67,95
100	56,63

Tabla 124.- Granulometría de los finos del último ciclo.



1.42.- Ensayo nº42.

La granulometría de alimentación de la Zeolita para la realización del ensayo de Bond es la siguiente:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	67,26
1000	1,97
800	0,63
500	0,32
250	0,30
100	0,24
80	0,18

Tabla 125.- Granulometría de la alimentación.

Los datos de partida fueron los siguientes:

- Tamaño de corte de malla: $P_{100} = 100 \mu\text{m}$
- Peso de 700 cm^3 : 740,4 g.
- Peso ideal de finos: 211,5 g.
- Porcentaje de finos en la alimentación: 0,24%

Para cada ciclo se han ido obteniendo los siguientes resultados para así poder obtener un valor final del índice de moliturabilidad (Gbp). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

CICLO	Nº rev	Finos ya presentes (g)	Finos producidos (g)	Finos netos (g)	Gbp _i (g/rev)
1	100	1,8	56,5	54,7	0,5470
2	386,5	0,1	218,6	218,5	0,5653
3	373,3	0,5	292,1	291,6	0,7811
4	269,9	0,7	303,8	303,1	1,1228
5	187,7	0,7	190,7	190,0	1,0118
6	208,6	0,5	199,3	198,8	0,9531
7	221,4	0,5	242,2	241,7	1,0916

Tabla 126.- Resumen de los resultados obtenidos.

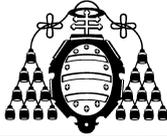
El índice de moliturabilidad resulta ser:

$$\text{Gbp} = 1,0188 \text{ g/rev}$$

Los finos del último ciclo de molienda dan los siguientes resultados:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
100	100,0
80	60,0
63	28,4

Tabla 127.- Granulometría de los finos del último ciclo.

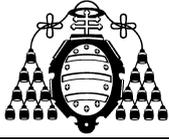


Anexo II

Aplicación de los Modelos de Distribución

de

Tamaño de Partícula



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.



1.- OBTENCIÓN DEL PARÁMETRO F_{80} .

1.1.- Representación Gates-Gaudin-Schuhmann.

1.1.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,15	0,00
0,77	0,69	-0,26
0,65	0,47	-0,43
0,54	0,22	-0,61
0,41	-0,22	-0,90
0,22	-0,69	-1,52
0,16	-0,92	-1,84
0,08	-1,61	-2,57
0,06	-1,83	-2,75
0,05	-2,30	-2,96

Tabla 1.- Datos para el modelo

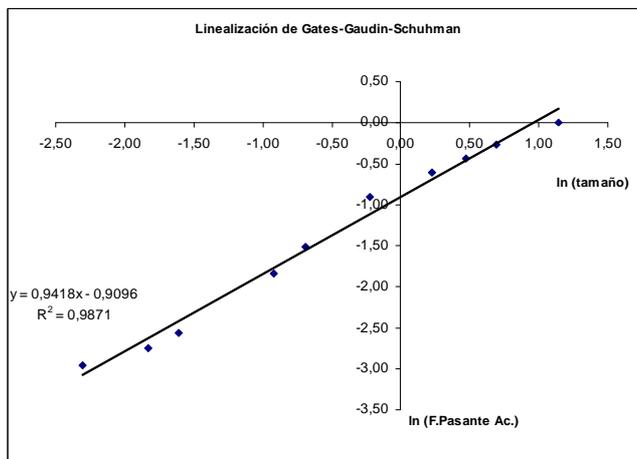
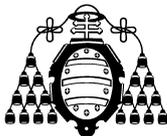


Figura 1.- Representación gráfica de la linealización del modelo según Gates-Gaudin-Schuhman

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,9418 \ln(\text{tamaño}) - 0,9096$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

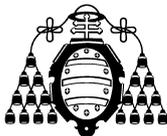
$$F_{80} = 2.028 \mu\text{m}$$

1.1.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,15	0,00
0,77	0,69	-0,26
0,65	0,47	-0,43
0,54	0,22	-0,61
0,41	-0,22	-0,90
0,22	-0,69	-1,52
0,16	-0,92	-1,84
0,08	-1,61	-2,57
0,06	-1,83	-2,75
0,05	-2,30	-2,96

Tabla 2.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,9418 \ln(\text{tamaño}) - 0,9096$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.073 \mu\text{m}$$

1.1.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,21	0,00
0,75	0,86	-0,28
0,66	0,68	-0,42
0,59	0,50	-0,54
0,49	0,16	-0,70
0,40	-0,18	-0,92
0,33	-0,53	-1,12
0,28	-1,05	-1,27
0,21	-1,56	-1,58
0,18	-1,74	-1,70
0,16	-1,92	-1,81
0,10	-2,26	-2,29
0,08	-2,60	-2,53

Tabla 3.- Datos para el modelo

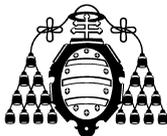
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,6017 \ln(\text{tamaño}) - 0,7751$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9813$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.503 \mu\text{m}$$



1.1.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,21	0,00
0,75	0,86	-0,28
0,66	0,68	-0,42
0,59	0,50	-0,54
0,49	0,16	-0,70
0,40	-0,18	-0,92
0,33	-0,53	-1,12
0,28	-1,05	-1,27
0,21	-1,56	-1,58
0,18	-1,74	-1,70
0,16	-1,92	-1,81
0,10	-2,26	-2,29
0,08	-2,60	-2,53

Tabla 4.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,6017 \ln(\text{tamaño}) - 0,7751$$

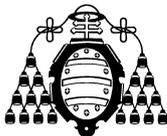
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.503 \mu\text{m}$$

1.1.5.- Ensayo nº5.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,21	0,00
0,77	0,86	-0,26
0,67	0,68	-0,40
0,62	0,50	-0,48
0,50	0,16	-0,69
0,43	-0,18	-0,84
0,37	-0,53	-1,00
0,32	-1,05	-1,15
0,23	-1,56	-1,47
0,20	-1,74	-1,60
0,19	-1,92	-1,68
0,14	-2,26	-1,98
0,11	-2,60	-2,23

Tabla 5.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,5365 \ln(\text{tamaño}) - 0,7116$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9903$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

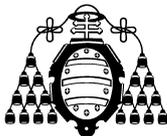
$$F_{80} = 2.485 \mu\text{m}$$

1.1.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,21	0,00
0,77	0,86	-0,26
0,67	0,68	-0,40
0,62	0,50	-0,48
0,50	0,16	-0,69
0,43	-0,18	-0,84
0,37	-0,53	-1,00
0,32	-1,05	-1,15
0,23	-1,56	-1,47
0,20	-1,74	-1,60
0,19	-1,92	-1,68
0,14	-2,26	-1,98
0,11	-2,60	-2,23

Tabla 6.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,5365 \ln(\text{tamaño}) - 0,7116$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.485 \mu\text{m}$$

1.1.7.- Ensayo nº7

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	$\ln (\text{tamaño})$	$\ln (F. Pasante Ac.)$
1,00	1,10	0,00
0,82	0,69	-0,19
0,53	0,00	-0,63
0,47	-0,22	-0,75
0,37	-0,69	-1,00
0,27	-1,39	-1,30
0,20	-2,08	-1,63

Tabla 7.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,5158 \ln(\text{tamaño}) - 0,5938$$

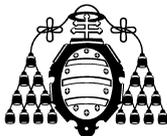
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9956$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.052 \mu\text{m}$$

1.1.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,03	0,00
0,83	0,69	-0,18
0,52	0,00	-0,65
0,46	-0,22	-0,77
0,36	-0,69	-1,02
0,27	-1,39	-1,32
0,18	-2,08	-1,69
0,14	-2,30	-1,95
0,07	-2,53	-2,64

Tabla 8.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,6361 \ln(\text{tamaño}) - 0,6065$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9522$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.827 \mu\text{m}$$

1.1.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,03	0,00
0,82	0,69	-0,19
0,54	0,00	-0,61
0,49	-0,22	-0,70
0,41	-0,69	-0,88
0,32	-1,39	-1,13
0,23	-2,08	-1,46
0,20	-2,30	-1,61
0,13	-2,53	-2,06

Tabla 9.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,5051 \ln(\text{tamaño}) - 0,5412$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9717$.



Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln(F. \text{Pasante Ac})$ por $\ln(0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.877 \mu\text{m}$$

1.1.10.- Ensayo nº10.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>Frac (P.Ac)</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F PAc)</u>
1,00	1,03	0,00
0,82	0,69	-0,20
0,49	0,00	-0,72
0,43	-0,22	-0,85
0,32	-0,69	-1,14
0,22	-1,39	-1,51
0,15	-2,08	-1,89
0,13	-2,30	-2,01
0,11	-2,53	-2,18

Tabla 10.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln(F. \text{Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln(F. \text{Pasante Ac}) = 0,6007 \ln(\text{tamaño}) - 0,6674$$

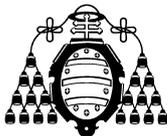
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9967$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln(F. \text{Pasante Ac})$ por $\ln(0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.095 \mu\text{m}$$

1.1.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,03	0,00
0,87	0,69	-0,14
0,63	0,00	-0,46
0,59	-0,22	-0,53
0,50	-0,69	-0,69
0,41	-1,39	-0,90
0,32	-2,08	-1,15
0,29	-2,30	-1,25
0,24	-2,53	-1,42

Tabla 11.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,3748 \ln(\text{tamaño}) - 0,4153$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.670 \mu\text{m}$$

1.1.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en punto 4.1 de este capítulo. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

Frac (P.Ac)	ln (tamaño)	ln (F PAc)
1,00	1,28	0,00
1,00	1,10	0,00
0,20	0,69	-1,61
0,02	0,41	-4,05
0,02	0,00	-4,08
0,02	-0,22	-4,11
0,01	-0,92	-4,22

Tabla 12.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

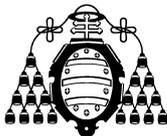
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 2,2389 \ln(\text{tamaño}) - 3,3301$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,762$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 4.006 \mu\text{m}$$



1.1.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en punto 4.1 de este capítulo. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,10	0,00
0,32	0,69	-1,14
0,08	0,00	-2,53
0,08	-0,22	-2,54
0,08	-0,69	-2,54
0,08	-1,39	-2,55
0,07	-2,08	-2,61

Tabla 13.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,7133 \ln(\text{tamaño}) - 1,7221$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación, $R^2=0,6085$

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 8178 \mu\text{m}$$

1.1.14.- Ensayo nº14.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,10	0,00
0,81	0,69	-0,21
0,56	0,00	-0,57
0,49	-0,22	-0,70
0,36	-0,69	-1,02
0,20	-1,39	-1,59
0,10	-2,08	-2,28

Tabla 14.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,706 \ln(\text{tamaño}) - 0,6487$$



Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9806$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.827 \mu\text{m}$$

1.1.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,10	0,00
0,81	0,69	-0,21
0,56	0,00	-0,57
0,49	-0,22	-0,70
0,36	-0,69	-1,02
0,20	-1,39	-1,59
0,10	-2,08	-2,28

Tabla 15.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,706 \ln(\text{tamaño}) - 0,6487$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9806$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.827 \mu\text{m}$$

1.1.16.- Ensayo nº16.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,15	0,00
1,00	0,69	0,00
0,85	0,47	-0,16
0,60	0,22	-0,51
0,31	-0,22	-1,18
0,05	-0,69	-3,10
0,01	-0,92	-5,22
0,00	-1,61	-5,84

Tabla 16.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = 2,463 \ln(\text{tamaño}) - 1,7218$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8846$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.838 \mu\text{m}$$

1.1.17.- Ensayo nº17.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

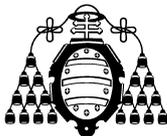
<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,15	0,00
1,00	0,69	0,00
0,85	0,47	-0,16
0,60	0,22	-0,51
0,31	-0,22	-1,18
0,05	-0,69	-3,10
0,01	-0,92	-5,22
0,00	-1,61	-5,84

Tabla 17.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = 2,463 \ln(\text{tamaño}) - 1,7218$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8846$.



Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. \text{Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.838 \mu\text{m}$$

1.1.18.- Ensayo nº18

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	$\ln (\text{tamaño})$	$\ln (F. \text{Pasante Ac.})$
0,84	0,69	-0,18
0,69	0,47	-0,37
0,54	0,22	-0,61
0,38	-0,22	-0,96
0,26	-0,69	-1,36
0,21	-0,92	-1,55

Tabla 18.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. \text{Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. \text{Pasante Ac}) = 0,849 \ln(\text{tamaño}) - 0,7769$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9995$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. \text{Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.920 \mu\text{m}$$

1.1.19.- Ensayo nº19.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,15	0,00
0,83	0,69	-0,19
0,68	0,47	-0,39
0,53	0,22	-0,63
0,38	-0,22	-0,97
0,26	-0,69	-1,36
0,22	-0,92	-1,53
0,14	-1,61	-1,96
0,12	-1,83	-2,13
0,09	-2,30	-2,39

Tabla 19.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,727 \ln(\text{tamaño}) - 0,7881$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9951$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.175 \mu\text{m}$$

1.1.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,96	0,22	-0,05
0,77	0,00	-0,26
0,50	-0,22	-0,70
0,27	-0,46	-1,30
0,16	-0,69	-1,83
0,09	-0,92	-2,37
0,02	-1,61	-4,07
0,01	-1,83	-4,78
0,00	-2,30	-5,84

Tabla 20.- Datos para el modelo

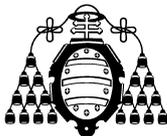
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 2,3866 \ln(\text{tamaño}) - 0,2816$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9956$.



Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln(F. Pasante Ac)$ por $\ln(0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.025 \mu\text{m}$$

1.1.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	$\ln(\text{tamaño})$	$\ln(F. Pasante Ac.)$
0,96	0,22	-0,05
0,77	0,00	-0,26
0,50	-0,22	-0,70
0,27	-0,46	-1,30
0,16	-0,69	-1,83
0,09	-0,92	-2,37
0,02	-1,61	-4,07
0,01	-1,83	-4,78
0,00	-2,30	-5,84

Tabla 21.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln(F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln(F. Pasante Ac) = 2,3866 \ln(\text{tamaño}) - 0,2816$$

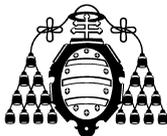
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9956$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln(F. Pasante Ac)$ por $\ln(0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.025 \mu\text{m}$$

1.1.22.- Ensayo nº22.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,90	0,69	-0,10
0,80	0,47	-0,22
0,69	0,22	-0,37
0,53	-0,22	-0,64
0,37	-0,69	-1,00
0,31	-0,92	-1,17

Tabla 22.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,6631 \ln(\text{tamaño}) - 0,5337$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9966$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.597 \mu\text{m}$$

1.1.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,15	0,00
0,91	0,69	-0,09
0,83	0,47	-0,19
0,71	0,22	-0,35
0,53	-0,22	-0,63
0,37	-0,69	-1,00
0,31	-0,92	-1,18
0,17	-1,61	-1,75
0,13	-1,83	-2,01
0,08	-2,30	-2,47

Tabla 23.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

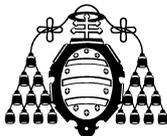
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,7409 \ln(\text{tamaño}) - 0,5929$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9784$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.647 \mu\text{m}$$



1.1.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,79	0,92	-0,24
0,60	0,69	-0,52
0,44	0,47	-0,83
0,31	0,22	-1,16
0,20	-0,22	-1,63
0,12	-0,69	-2,12

Tabla 24.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 1,1688 \ln(\text{tamaño}) - 1,3518$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9958$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

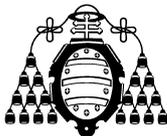
$$F_{80} = 2.626 \mu\text{m}$$

1.1.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,15	0,00
0,72	0,92	-0,33
0,52	0,69	-0,66
0,37	0,47	-0,99
0,27	0,22	-1,31
0,18	-0,22	-1,73
0,12	-0,69	-2,16
0,09	-0,92	-2,36
0,06	-1,61	-2,85
0,05	-1,83	-3,06
0,03	-2,30	-3,42

Tabla 25.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,9669 \ln(\text{tamaño}) - 1,3528$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9841$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 3.217 \mu\text{m}$$

1.1.26.- Ensayo nº26

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,92	0,00
1,00	-1,16	0,00
0,98	-1,39	-0,02
0,80	-1,61	-0,23
0,14	-1,83	-1,97
0,04	-2,08	-3,14
0,01	-2,30	-4,22
0,01	-2,53	-4,87
0,00	-3,00	-5,95

Tabla 26.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 3,3652 \ln(\text{tamaño}) + 4,0168$$

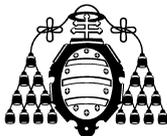
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9301$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 284 \mu\text{m}$$

1.1.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,98	-0,46	-0,02
0,91	-0,69	-0,10
0,77	-0,92	-0,26
0,61	-1,16	-0,50
0,32	-1,61	-1,14
0,21	-1,83	-1,57
0,08	-2,30	-2,51
0,04	-2,53	-3,13
0,01	-3,00	-4,47

Tabla 27.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 1,7306 \ln(\text{tamaño}) + 1,2658$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9519$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 423 \mu\text{m}$$

1.1.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,83	0,92	-0,18
0,69	0,69	-0,37
0,55	0,47	-0,59
0,46	0,22	-0,77
0,37	-0,22	-1,00
0,26	-0,69	-1,35

Tabla 28.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

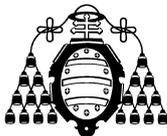
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,7042 \ln(\text{tamaño}) - 0,8718$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9902$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.512 \mu\text{m}$$



1.1.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,15	0,00
0,75	0,69	-0,29
0,63	0,47	-0,46
0,54	0,22	-0,61
0,45	-0,22	-0,81
0,34	-0,69	-1,09
0,29	-0,92	-1,25
0,17	-1,61	-1,79
0,13	-1,83	-2,07
0,08	-2,30	-2,53

Tabla 29.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,7028 \ln(\text{tamaño}) - 0,7357$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9849$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

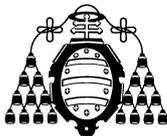
$$F_{80} = 2.074 \mu\text{m}$$

1.1.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,92	0,00
1,00	-1,16	0,00
0,97	-1,39	-0,03
0,81	-1,61	-0,21
0,31	-1,83	-1,18
0,08	-2,08	-2,47
0,02	-2,30	-3,86

Tabla 30.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 2,7378 \ln(\text{tamaño}) + 3,3053$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8048$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 276 \mu\text{m}$$

1.1.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,10	0,00
0,81	0,69	-0,21
0,58	0,00	-0,54
0,53	-0,22	-0,64
0,43	-0,69	-0,85

Tabla 31.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,4723 \ln(\text{tamaño}) - 0,5309$$

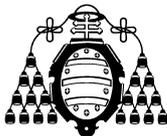
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9989$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.919 \mu\text{m}$$

1.1.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,10	0,00
0,79	0,69	-0,23
0,56	0,00	-0,59
0,50	-0,22	-0,69
0,40	-0,69	-0,92
0,37	-0,92	-1,00

Tabla 32.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,4986 \ln(\text{tamaño}) - 0,5676$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9982$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.995 \mu\text{m}$$

1.1.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,10	0,00
0,80	0,69	-0,22
0,56	0,00	-0,57
0,51	-0,22	-0,67
0,41	-0,69	-0,90
0,27	-1,39	-1,29
0,17	-2,08	-1,80

Tabla 33.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,5507 \ln(\text{tamaño}) - 0,5738$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9941$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.890 \mu\text{m}$$



1.1.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	1,10	0,00
0,80	0,69	-0,22
0,56	0,00	-0,57
0,51	-0,22	-0,67
0,41	-0,69	-0,90
0,27	-1,39	-1,29
0,17	-2,08	-1,80
0,11	-2,53	-2,24

Tabla 34.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,596 \ln(\text{tamaño}) - 0,5796$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9863$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

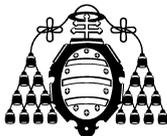
$$F_{80} = 1.819 \mu\text{m}$$

1.1.35.- Ensayo nº35.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>ln (tamaño)</u>	<u>ln (F. Pasante Ac.)</u>
0,91	-0,69	-0,10
0,76	-0,92	-0,27
0,55	-1,16	-0,59
0,38	-1,39	-0,96
0,24	-1,61	-1,42
0,14	-1,83	-1,98
0,07	-2,08	-2,63
0,04	-2,30	-3,17
0,01	-2,65	-4,27

Tabla 35.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln (\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 2,1496 \ln (\text{tamaño}) - 1,7815$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9714$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 394 \mu\text{m}$$

1.1.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	0,00	0,00
0,85	-0,92	-0,16
0,43	-1,39	-0,85
0,09	-2,08	-2,43
0,03	-2,53	-3,64

Tabla 36.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln (\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 1,4772 \ln (\text{tamaño}) + 0,6246$$

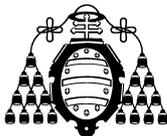
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8654$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 563 \mu\text{m}$$

1.1.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-0,69	0,00
0,83	-1,04	-0,19
0,53	-1,39	-0,63
0,24	-1,71	-1,43
0,17	-1,80	-1,77
0,08	-2,08	-2,54
0,03	-2,53	-3,50
0,02	-2,76	-4,13
0,01	-3,00	-5,21

Tabla 37.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 2,2988 \ln(\text{tamaño}) + 2,1877$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9657$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 350 \mu\text{m}$$

1.1.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,92	0,69	-0,08
0,82	0,47	-0,20
0,70	0,22	-0,36
0,54	-0,22	-0,61
0,42	-0,69	-0,88
0,37	-0,92	-1,00
0,26	-1,61	-1,33

Tabla 38.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

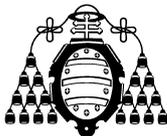
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,5518 \ln(\text{tamaño}) - 0,4757$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,998$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.580 \mu\text{m}$$



1.1.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,92	0,69	-0,08
0,82	0,47	-0,20
0,70	0,22	-0,36
0,54	-0,22	-0,61
0,42	-0,69	-0,88
0,37	-0,92	-1,00
0,26	-1,61	-1,33

Tabla 39.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (F. Pasante Ac) = 0,5518 \ln(\text{tamaño}) - 0,4757$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,998$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

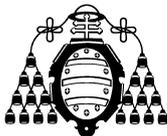
$$F_{80} = 1.580 \mu\text{m}$$

1.1.40.- Ensayo nº40.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,83	0,69	-0,18
0,72	0,47	-0,33
0,61	0,22	-0,49
0,46	-0,22	-0,78
0,34	-0,69	-1,07
0,29	-0,92	-1,24
0,20	-1,61	-1,62

Tabla 40.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,6298 \ln(\text{tamaño}) - 0,6309$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.911 \mu\text{m}$$

1.1.41.- Ensayo nº41.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
0,83	0,69	-0,18
0,72	0,47	-0,33
0,61	0,22	-0,49
0,46	-0,22	-0,78
0,34	-0,69	-1,07
0,29	-0,92	-1,24
0,20	-1,61	-1,62

Tabla 41.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln (\text{F. Pasante Ac}) = 0,6298 \ln(\text{tamaño}) - 0,6309$$

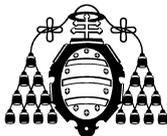
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (\text{F. Pasante Ac})$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.911 \mu\text{m}$$

1.1.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (F. Pasante Ac.)
1,00	1,10	0,00
0,67	0,69	-0,40
0,02	0,00	-3,93
0,01	-0,22	-5,06
0,00	-0,69	-5,73
0,00	-1,39	-5,82
0,00	-2,30	-6,02
0,00	-2,53	-6,34

Tabla 42.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln (F. Pasante Ac) = 1,6771 \ln(\text{tamaño}) - 3,0429$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,753$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln (F. Pasante Ac)$ por $\ln (0,80)$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 5.373 \mu\text{m}$$

1.2.- Representación Rosin-Rammler

1.2.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,83	0,69	-1,78	0,58
0,72	0,47	-1,28	0,24
0,61	0,22	-0,94	-0,06
0,46	-0,22	-0,62	-0,48
0,34	-0,69	-0,42	-0,86
0,29	-0,92	-0,34	-1,08
0,20	-1,61	-0,22	-1,51

Tabla 43.- Datos para el modelo

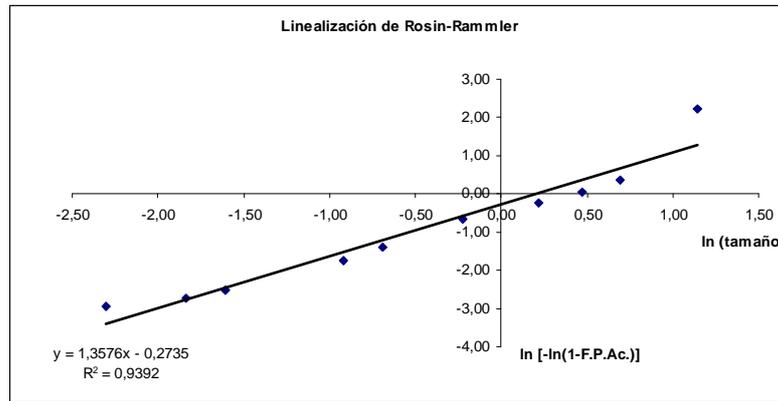
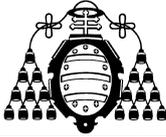


Figura 2.- Representación gráfica de la linealización del modelo según Rosin-Rammler

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,3576 \ln(\text{tamaño}) - 0,2735$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9832$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.737 \mu\text{m}$$

1.2.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac.)]
0,83	0,69	-1,78	0,58
0,72	0,47	-1,28	0,24
0,61	0,22	-0,94	-0,06
0,46	-0,22	-0,62	-0,48
0,34	-0,69	-0,42	-0,86
0,29	-0,92	-0,34	-1,08
0,20	-1,61	-0,22	-1,51

Tabla 44.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$= a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,3576 \ln(\text{tamaño}) - 0,2735$$



Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9832$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.737 \mu\text{m}$$

1.2.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,21	-8,52	2,14
0,75	0,86	-1,40	0,34
0,66	0,68	-1,07	0,07
0,59	0,50	-0,88	-0,13
0,49	0,16	-0,68	-0,38
0,40	-0,18	-0,51	-0,68
0,33	-0,53	-0,40	-0,93
0,28	-1,05	-0,33	-1,11
0,21	-1,56	-0,23	-1,47
0,18	-1,74	-0,20	-1,60
0,16	-1,92	-0,18	-1,72
0,10	-2,26	-0,11	-2,24
0,08	-2,60	-0,08	-2,48

Tabla 45.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,8964 \ln(\text{tamaño}) - 0,2017$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8765$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.130 \mu\text{m}$$

1.2.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de



rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,21	-8,52	2,14
0,75	0,86	-1,40	0,34
0,66	0,68	-1,07	0,07
0,59	0,50	-0,88	-0,13
0,49	0,16	-0,68	-0,38
0,40	-0,18	-0,51	-0,68
0,33	-0,53	-0,40	-0,93
0,28	-1,05	-0,33	-1,11
0,21	-1,56	-0,23	-1,47
0,18	-1,74	-0,20	-1,60
0,16	-1,92	-0,18	-1,72
0,10	-2,26	-0,11	-2,24
0,08	-2,60	-0,08	-2,48

Tabla 46.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,8964 \ln(\text{tamaño}) - 0,2017$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8765$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.130 \mu\text{m}$$

1.2.5.- Ensayo nº5.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,21	-9,21	2,22
0,77	0,86	-1,48	0,39
0,67	0,68	-1,12	0,11
0,62	0,50	-0,96	-0,04
0,50	0,16	-0,70	-0,36
0,43	-0,18	-0,57	-0,57
0,37	-0,53	-0,46	-0,78
0,32	-1,05	-0,38	-0,97
0,23	-1,56	-0,26	-1,34
0,20	-1,74	-0,23	-1,49
0,19	-1,92	-0,21	-1,57
0,14	-2,26	-0,15	-1,91
0,11	-2,60	-0,11	-2,17

Tabla 47.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,8397 \ln(\text{tamaño}) - 0,1077$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8553$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

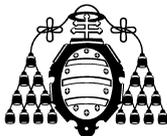
$$F_{80} = 2.004 \mu\text{m}$$

1.2.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,21	-9,21	2,22
0,77	0,86	-1,48	0,39
0,67	0,68	-1,12	0,11
0,62	0,50	-0,96	-0,04
0,50	0,16	-0,70	-0,36
0,43	-0,18	-0,57	-0,57
0,37	-0,53	-0,46	-0,78
0,32	-1,05	-0,38	-0,97
0,23	-1,56	-0,26	-1,34
0,20	-1,74	-0,23	-1,49
0,19	-1,92	-0,21	-1,57
0,14	-2,26	-0,15	-1,91
0,11	-2,60	-0,11	-2,17

Tabla 48.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,8397 \ln(\text{tamaño}) - 0,1077$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8553$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.004 \mu\text{m}$$

1.2.7.- Ensayo nº7.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,82	0,69	-1,73	0,55
0,53	0,00	-0,76	-0,28
0,47	-0,22	-0,64	-0,44
0,37	-0,69	-0,46	-0,77
0,27	-1,39	-0,32	-1,14
0,20	-2,08	-0,22	-1,52

Tabla 49.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,0241 \ln(\text{tamaño}) + 0,1812$$

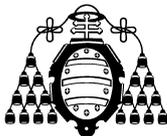
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8337$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.333 \mu\text{m}$$

1.2.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de



rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,03	-9,21	2,22
0,83	0,69	-1,78	0,58
0,52	0,00	-0,74	-0,30
0,46	-0,22	-0,63	-0,47
0,36	-0,69	-0,45	-0,80
0,27	-1,39	-0,31	-1,17
0,18	-2,08	-0,20	-1,60
0,14	-2,30	-0,15	-1,88
0,07	-2,53	-0,07	-2,60

Tabla 50.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,0293 \ln(\text{tamaño}) + 0,1879$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8899$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.323 \mu\text{m}$$

1.2.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,03	-9,21	2,22
0,82	0,69	-1,74	0,55
0,54	0,00	-0,78	-0,24
0,49	-0,22	-0,68	-0,38
0,41	-0,69	-0,53	-0,63
0,32	-1,39	-0,39	-0,94
0,23	-2,08	-0,26	-1,34
0,20	-2,30	-0,22	-1,50
0,13	-2,53	-0,14	-1,99

Tabla 51.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,8877 \ln(\text{tamaño}) + 0,2664$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8533$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.266 \mu\text{m}$$

1.2.10.- Ensayo nº10.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,03	-9,21	2,22
0,82	0,69	-1,72	0,54
0,49	0,00	-0,67	-0,40
0,43	-0,22	-0,55	-0,59
0,32	-0,69	-0,38	-0,96
0,22	-1,39	-0,25	-1,39
0,15	-2,08	-0,16	-1,81
0,13	-2,30	-0,14	-1,94
0,11	-2,53	-0,12	-2,13

Tabla 52.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

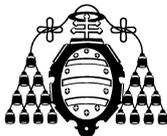
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,9883 \ln(\text{tamaño}) + 0,106$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8677$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.454 \mu\text{m}$$



1.2.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,03	-9,21	2,22
0,87	0,69	-2,02	0,70
0,63	0,00	-1,00	0,00
0,59	-0,22	-0,88	-0,13
0,50	-0,69	-0,70	-0,36
0,41	-1,39	-0,52	-0,65
0,32	-2,08	-0,38	-0,96
0,29	-2,30	-0,34	-1,09
0,24	-2,53	-0,28	-1,29

Tabla 53.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,7567 \ln(\text{tamaño}) + 0,4575$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8309$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

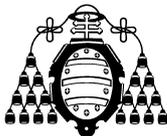
$$F_{80} = 1.025 \mu\text{m}$$

1.2.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,28	-0,01	2,22
1,00	1,10	-0,01	1,88
0,20	0,69	0,00	1,40
0,02	0,41	-8,66	1,39
0,02	0,00	-8,68	1,41
0,01	-0,22	-8,72	1,44

Tabla 54.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,3395 \ln(\text{tamaño}) + 1,5314$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,6575$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 45 \mu\text{m}$$

1.2.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,32	0,69	-0,39	-0,95
0,08	0,00	-0,08	-2,49
0,08	-0,22	-2,54	0,93
0,08	-0,69	-2,54	0,93

Tabla 55.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = -0,1898 \ln(\text{tamaño}) + 0,2927$$

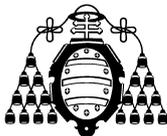
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,0185$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 381 \mu\text{m}$$

1.2.14.- Ensayo nº14.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,81	0,69	-1,68	0,52
0,56	0,00	-0,83	-0,19
0,49	-0,22	-0,68	-0,38
0,36	-0,69	-0,45	-0,81
0,20	-1,39	-0,23	-1,47
0,10	-2,08	-0,11	-2,22

Tabla 56.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,2321 \ln(\text{tamaño}) + 0,1224$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9211$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.332 \mu\text{m}$$

1.2.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,81	0,69	-1,68	0,52
0,56	0,00	-0,83	-0,19
0,49	-0,22	-0,68	-0,38
0,36	-0,69	-0,45	-0,81
0,20	-1,39	-0,23	-1,47
0,10	-2,08	-0,11	-2,22

Tabla 57.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

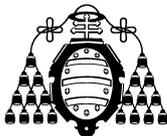
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,2321 \ln(\text{tamaño}) + 0,1224$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9211$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.332 \mu\text{m}$$



1.2.16.- Ensayo nº16.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,15	-9,21	2,22
1,00	0,69	-6,65	1,89
0,85	0,47	-1,92	0,65
0,60	0,22	-0,92	-0,08
0,31	-0,22	-0,37	-1,01
0,05	-0,69	-0,05	-3,07
0,01	-0,92	-0,01	-5,22
0,00	-1,61	0,00	-5,84

Tabla 58.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 3,2913 \ln(\text{tamaño}) - 0,9333$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9565$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

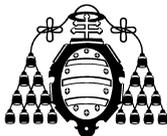
$$F_{80} = 1.534 \mu\text{m}$$

1.2.17.- Ensayo nº17.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,15	-9,21	2,22
1,00	0,69	-6,65	1,89
0,85	0,47	-1,92	0,65
0,60	0,22	-0,92	-0,08
0,31	-0,22	-0,37	-1,01
0,05	-0,69	-0,05	-3,07
0,01	-0,92	-0,01	-5,22
0,00	-1,61	0,00	-5,84

Tabla 59.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 3,2913 \ln(\text{tamaño}) - 0,9333$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9565$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.534 \mu\text{m}$$

1.2.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,84	0,69	-1,81	0,59
0,69	0,47	-1,17	0,15
0,54	0,22	-0,78	-0,24
0,38	-0,22	-0,48	-0,73
0,26	-0,69	-0,30	-1,22
0,21	-0,92	-0,24	-1,44

Tabla 60.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,2166 \ln(\text{tamaño}) - 0,39$$

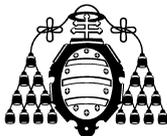
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9853$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.037 \mu\text{m}$$

1.2.19.- Ensayo nº19.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,15	-9,21	2,22
0,83	0,69	-1,76	0,56
0,68	0,47	-1,13	0,12
0,53	0,22	-0,76	-0,27
0,38	-0,22	-0,47	-0,75
0,26	-0,69	-0,30	-1,22
0,22	-0,92	-0,24	-1,41
0,14	-1,61	-0,15	-1,89
0,12	-1,83	-0,13	-2,06
0,09	-2,30	-0,10	-2,34

Tabla 61.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,1439 \ln(\text{tamaño}) - 0,1259$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8976$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.692 \mu\text{m}$$

1.2.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,96	0,22	-3,10	1,13
0,77	0,00	-1,49	0,40
0,50	-0,22	-0,69	-0,37
0,27	-0,46	-0,32	-1,14
0,16	-0,69	-0,17	-1,74
0,09	-0,92	-0,10	-2,32
0,02	-1,61	-0,02	-4,06
0,01	-1,83	-0,01	-4,78
0,00	-2,30	0,00	-5,84

Tabla 62.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 2,7357 \ln(\text{tamaño}) + 0,2954$$



Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9965$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.068 \mu\text{m}$$

1.2.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,96	0,22	-3,10	1,13
0,77	0,00	-1,49	0,40
0,50	-0,22	-0,69	-0,37
0,27	-0,46	-0,32	-1,14
0,16	-0,69	-0,17	-1,74
0,09	-0,92	-0,10	-2,32
0,02	-1,61	-0,02	-4,06
0,01	-1,83	-0,01	-4,78
0,00	-2,30	0,00	-5,84

Tabla 63.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)] = 2,7357 \ln(\text{tamaño}) + 0,2954$$

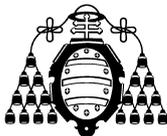
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9965$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.068 \mu\text{m}$$

1.2.22.- Ensayo nº22.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,90	0,69	-2,32	0,84
0,80	0,47	-1,63	0,49
0,69	0,22	-1,17	0,15
0,53	-0,22	-0,75	-0,29
0,37	-0,69	-0,46	-0,77
0,31	-0,92	-0,37	-0,98

Tabla 64.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,1066 \ln(\text{tamaño}) - 0,012$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9933$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.554 \mu\text{m}$$

1.2.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,15	-9,21	2,22
0,91	0,69	-2,43	0,89
0,83	0,47	-1,75	0,56
0,71	0,22	-1,23	0,20
0,53	-0,22	-0,77	-0,27
0,37	-0,69	-0,46	-0,78
0,31	-0,92	-0,37	-1,00
0,17	-1,61	-0,19	-1,66
0,13	-1,83	-0,14	-1,94
0,08	-2,30	-0,09	-2,43

Tabla 65.- Datos para el modelo

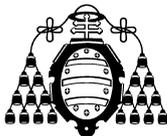
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,209 \ln(\text{tamaño}) + 0,1902$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9651$.



Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.267 \mu\text{m}$$

1.2.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,79	0,92	-1,55	0,44
0,60	0,69	-0,91	-0,10
0,44	0,47	-0,57	-0,55
0,31	0,22	-0,38	-0,98
0,20	-0,22	-0,22	-1,52
0,12	-0,69	-0,13	-2,05

Tabla 66.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})] = 1,5098 \ln(\text{tamaño}) - 1,1435$$

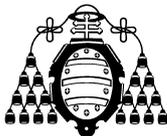
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9753$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.923 \mu\text{m}$$

1.2.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,15	-9,21	2,22
0,72	0,92	-1,27	0,24
0,52	0,69	-0,73	-0,32
0,37	0,47	-0,46	-0,77
0,27	0,22	-0,31	-1,16
0,18	-0,22	-0,19	-1,64
0,12	-0,69	-0,12	-2,10
0,09	-0,92	-0,10	-2,31
0,06	-1,61	-0,06	-2,82
0,05	-1,83	-0,05	-3,04
0,03	-2,30	-0,03	-3,40

Tabla 67.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,2979 \ln(\text{tamaño}) - 0,8846$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8563$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.853 \mu\text{m}$$

1.2.26.- Ensayo nº26.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,92	-9,21	2,22
1,00	-1,16	-6,57	1,88
0,98	-1,39	-3,79	1,33
0,80	-1,61	-1,59	0,46
0,14	-1,83	-0,15	-1,89
0,04	-2,08	-0,04	-3,12
0,01	-2,30	-0,01	-4,21
0,01	-2,53	-0,01	-4,86
0,00	-3,00	0,00	-5,95

Tabla 68.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 4,535 \ln(\text{tamaño}) + 6,8964$$



Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9586$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 243 \mu\text{m}$$

1.2.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,98	-0,46	-3,84	1,34
0,91	-0,69	-2,37	0,86
0,77	-0,92	-1,47	0,39
0,61	-1,16	-0,94	-0,06
0,32	-1,61	-0,39	-0,95
0,21	-1,83	-0,23	-1,46
0,08	-2,30	-0,09	-2,46
0,04	-2,53	-0,04	-3,11
0,01	-3,00	-0,01	-4,46

Tabla 69.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)] = 2,2218 \ln(\text{tamaño}) + 2,4768$$

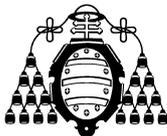
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9944$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 406 \mu\text{m}$$

1.2.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,83	0,92	-1,79	0,58
0,69	0,69	-1,18	0,17
0,55	0,47	-0,81	-0,21
0,46	0,22	-0,62	-0,48
0,37	-0,22	-0,46	-0,78
0,26	-0,69	-0,30	-1,20

Tabla 70.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,0496 \ln(\text{tamaño}) - 0,562$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9592$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.688 \mu\text{m}$$

1.2.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,15	-9,21	2,22
0,75	0,69	-1,38	0,32
0,63	0,47	-0,99	-0,01
0,54	0,22	-0,78	-0,24
0,45	-0,22	-0,59	-0,53
0,34	-0,69	-0,41	-0,90
0,29	-0,92	-0,34	-1,08
0,17	-1,61	-0,18	-1,70
0,13	-1,83	-0,14	-2,00
0,08	-2,30	-0,08	-2,49

Tabla 71.- Datos para el modelo

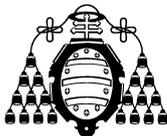
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,1001 \ln(\text{tamaño}) - 0,0857$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8986$.



Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.666 \mu\text{m}$$

1.2.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,92	-8,11	2,09
1,00	-1,16	-5,74	1,75
0,97	-1,39	-3,39	1,22
0,81	-1,61	-1,68	0,52
0,31	-1,83	-0,37	-1,00
0,08	-2,08	-0,09	-2,42
0,02	-2,30	-0,02	-3,85

Tabla 72.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\begin{aligned} \ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})] &= a \ln(\text{tamaño}) + b \\ \ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})] &= 4,3999 \ln(\text{tamaño}) + 6,8496 \end{aligned}$$

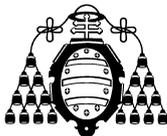
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9443$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 235 \mu\text{m}$$

1.2.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,81	0,69	-1,66	0,50
0,58	0,00	-0,87	-0,14
0,53	-0,22	-0,64	-0,45
0,43	-0,69	-0,85	-0,17

Tabla 73.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,2887 \ln(\text{tamaño}) + 0,1675$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,7352$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.270 \mu\text{m}$$

1.2.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,79	0,69	-1,58	0,46
0,56	0,00	-0,81	-0,21
0,50	-0,22	-0,69	-0,38
0,40	-0,69	-0,92	-0,09

Tabla 74.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

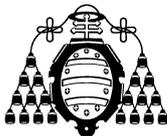
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,2355 \ln(\text{tamaño}) + 0,1837$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,6954$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.267 \mu\text{m}$$



1.2.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,80	0,69	-1,63	0,49
0,56	0,00	-0,83	-0,18
0,51	-0,22	-0,67	-0,41
0,41	-0,69	-0,90	-0,10
0,27	-1,39	-1,29	0,26
0,17	-2,08	-1,80	0,59

Tabla 75.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,3236 \ln(\text{tamaño}) + 0,5281$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,17$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 851 \mu\text{m}$$

1.2.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,80	0,69	-1,63	0,49
0,56	0,00	-0,83	-0,18
0,51	-0,22	-0,72	-0,33
0,41	-0,69	-0,52	-0,65
0,27	-1,39	-0,32	-1,14
0,17	-2,08	-0,18	-1,71
0,11	-2,53	-0,11	-2,19

Tabla 76.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 1,0132 \ln(\text{tamaño}) + 0,2129$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8996$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.296 \mu\text{m}$$

1.2.35.- Ensayo nº35.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,91	-0,69	-2,38	0,87
0,76	-0,92	-1,43	0,36
0,55	-1,16	-0,80	-0,22
0,38	-1,39	-0,48	-0,73
0,24	-1,61	-0,28	-1,28
0,14	-1,83	-0,15	-1,91
0,07	-2,08	-0,08	-2,59
0,04	-2,30	-0,04	-3,15
0,01	-2,65	-0,01	-4,26

Tabla 77.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

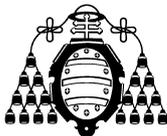
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 2,5982 \ln(\text{tamaño}) + 2,7854$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9968$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 411 \mu\text{m}$$



1.2.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	0,00	-8,59	2,15
0,85	-0,92	-1,91	0,65
0,43	-1,39	-0,56	-0,58
0,09	-2,08	-2,43	0,89

Tabla 78.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,7723 \ln(\text{tamaño}) + 1,6231$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,363$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 226 \mu\text{m}$$

1.2.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta mas sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,83	-1,04	-1,77	0,57
0,53	-1,39	-0,76	-0,27
0,24	-1,71	-0,27	-1,29
0,17	-1,80	-0,19	-1,67
0,08	-2,08	-0,08	-2,50
0,03	-2,53	-0,03	-3,48
0,02	-2,76	-0,02	-4,12
0,01	-3,00	-0,01	-5,21

Tabla 79.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 3,0122 \ln(\text{tamaño}) + 3,938$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9912$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 317 \mu\text{m}$$

1.2.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,92	0,69	-2,55	0,94
0,82	0,47	-1,72	0,54
0,70	0,22	-1,19	0,17
0,54	-0,22	-0,78	-0,25
0,42	-0,69	-0,54	-0,62
0,37	-0,92	-0,46	-0,78
0,26	-1,61	-0,31	-1,18

Tabla 80.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$
$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,9016 \ln(\text{tamaño}) + 0,0965$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9645$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.523 \mu\text{m}$$

1.2.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de



rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,92	0,69	-2,55	0,94
0,82	0,47	-1,72	0,54
0,70	0,22	-1,19	0,17
0,54	-0,22	-0,78	-0,25
0,42	-0,69	-0,54	-0,62
0,37	-0,92	-0,46	-0,78
0,26	-1,61	-0,31	-1,18

Tabla 81.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,9016 \ln(\text{tamaño}) + 0,0965$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9645$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.523 \mu\text{m}$$

1.2.40.- Ensayo nº40.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,83	0,69	-1,78	0,58
0,72	0,47	-1,28	0,24
0,61	0,22	-0,94	-0,06
0,46	-0,22	-0,62	-0,48
0,34	-0,69	-0,42	-0,86
0,29	-0,92	-0,34	-1,08
0,20	-1,61	-0,22	-1,51

Tabla 82.- Datos para el modelo

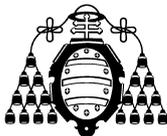
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 0,8989 \ln(\text{tamaño}) - 0,1896$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9832$.



Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.097 \mu\text{m}$$

1.2.41.- Ensayo nº41.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
0,83	0,69	-1,78	0,58
0,72	0,47	-1,28	0,24
0,61	0,22	-0,94	-0,06
0,46	-0,22	-0,62	-0,48
0,34	-0,69	-0,42	-0,86
0,29	-0,92	-0,34	-1,08
0,20	-1,61	-0,22	-1,51

Tabla 83.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\begin{aligned} \ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})] &= a \ln(\text{tamaño}) + b \\ \ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})] &= 0,8989 \ln(\text{tamaño}) - 0,1896 \end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9832$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [-\ln (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\ln [-\ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.097 \mu\text{m}$$

1.2.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suman uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	ln (tamaño)	ln (1- F. Pasante Ac.)	ln [-ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	1,10	-9,21	2,22
0,67	0,69	-1,12	0,11
0,02	0,00	-0,02	-3,92
0,01	-0,22	-0,01	-5,06
0,00	-0,69	0,00	-5,73
0,00	-1,39	0,00	-5,82
0,00	-2,30	0,00	-6,02
0,00	-2,53	0,00	-6,34

Tabla 84.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)] = 2,0535 \ln(\text{tamaño}) - 2,4484$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,7148$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln [- \ln (1- F. Pasante Ac)]$ por $\ln [- \ln (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$F_{80} = 4.154 \mu\text{m}$$

1.3.- Representación Log-Normal.

1.3.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z :

ln D	Z
8,055	3,72
7,60	0,73
7,38	0,39
7,13	0,11
6,68	-0,24
6,21	-0,77
5,99	-1,00
5,30	-1,43
5,08	-1,52
4,61	-1,63

Tabla 85.- Datos que se han obtenido del modeo

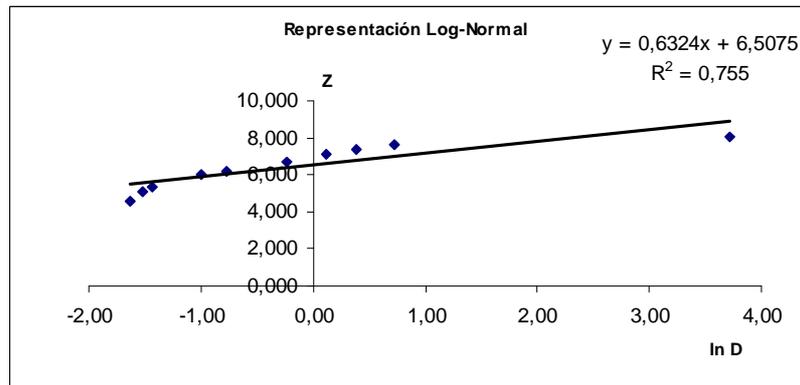
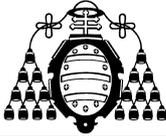


Figura 3.- Representación gráfica Log-Normal

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln D = \alpha * Z + \beta$$
$$\ln D = 0,63 * Z + 6,44$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,755$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.038 \mu\text{m}$$

1.3.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de ln D y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln D = \alpha * Z + \beta$$
$$\ln D = 0,63 * Z + 6,44$$

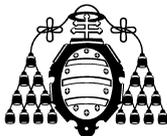
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,755$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.038 \mu\text{m}$$

1.3.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de ln D y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:



$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,683 * Z + 6,38\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,673$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.139 \mu m}$$

1.3.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximandolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,683 * Z + 6,38\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,673$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.139 \mu m}$$

1.3.5.- Ensayo nº5.

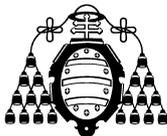
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximandolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,81 * Z + 6,29\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,645$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.031 \mu m}$$



1.3.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,81 * Z + 6,29\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,645$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.031 \mu\text{m}$$

1.3.7.- Ensayo nº7.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,59 * Z + 6,30\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,677$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 868 \mu\text{m}$$

1.3.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,72 * Z + 6,06\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,720$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 757 \mu\text{m}$$



1.3.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,74 * Z + 5,97\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,680$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 702 \mu m}$$

1.3.10.- Ensayo nº10.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,70 * Z + 6,09\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,688$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 773 \mu m}$$

1.3.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,78 * Z + 5,78\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,670$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 605 \mu m}$$



1.3.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,24 * Z + 7,27\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,679$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.736 \mu m}$$

1.3.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,37 * Z + 6,59\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,449$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 980 \mu m}$$

1.3.14.- Ensayo nº14.

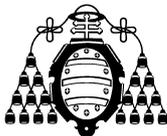
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,59 * Z + 6,34\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,751$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 911 \mu m}$$



1.3.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,59 * Z + 6,34\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,751$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 911 \mu m}$$

1.3.16.- Ensayo nº16.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,36 * Z + 6,79\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,923$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.186 \mu m}$$

1.3.17.- Ensayo nº17.

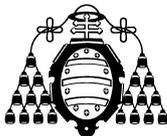
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,36 * Z + 6,79\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,923$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1186 \mu m}$$



1.3.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,92 * Z + 6,84\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,957$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.945 \mu\text{m}$$

1.3.19.- Ensayo nº19.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,92 * Z + 6,84\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,713$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.945 \mu\text{m}$$

1.3.20.- Ensayo nº20.

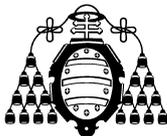
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,48 * Z + 6,18\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,923$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 709 \mu\text{m}$$



1.3.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,48 * Z + 6,18\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,923$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 709 \mu m}$$

1.3.22.- Ensayo nº22.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,80 * Z + 6,78\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,974$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.665 \mu m}$$

1.3.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,69 * Z + 6,34\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,822$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 985 \mu m}$$



1.3.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,73 * Z + 7,18\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,932$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 2.353 \mu m}$$

1.3.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,57 * Z + 6,64\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,619$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.208 \mu m}$$

1.3.26.- Ensayo nº26.

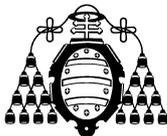
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,26 * Z + 5,05\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,907$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 191 \mu m}$$



1.3.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,59 * Z + 5,35\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,978$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 336 \mu m}$$

1.3.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,97 * Z + 7,12\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,920$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 2.692 \mu m}$$

1.3.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,67 * Z + 6,40\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,699$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.024 \mu m}$$



1.3.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,22 * Z + 5,26\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,911$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 229 \mu m}$$

1.3.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,39 * Z + 6,72\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,746$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.130 \mu m}$$

1.3.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,43 * Z + 6,61\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,733$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.045 \mu m}$$



1.3.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,60 * Z + 6,28\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,700$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 865 \mu m}$$

1.3.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,70 * Z + 6,12\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,718$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 793 \mu m}$$

1.3.35.- Ensayo nº35.

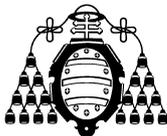
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,49 * Z + 5,38\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,983$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 322 \mu m}$$



1.3.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,45 * Z + 5,42\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,979$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 325 \mu m}$$

1.3.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 0,37 * Z + 5,22\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,862$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 250 \mu m}$$

1.3.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 1,00 * Z + 6,55\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,920$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{F_{80} = 1.557 \mu m}$$



1.3.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 1,00 * Z + 6,55\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,920$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.557 \mu\text{m}$$

1.3.40.- Ensayo nº40.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 1,24 * Z + 6,62\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,953$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.021 \mu\text{m}$$

1.3.41.- Ensayo nº41.

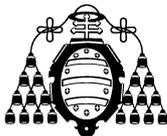
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \ln D &= \alpha * Z + \beta \\ \ln D &= 1,24 * Z + 6,62\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,953$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 2.021 \mu\text{m}$$



1.3.41.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de $\ln D$ y de Z y aproximándolos a una recta dan como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln D = \alpha * Z + \beta$$
$$\ln D = 0,43 * Z + 6,86$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,587$.

Como el valor que se desea calcular es F_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$F_{80} = 1.346 \mu\text{m}$$

1.4.- Representación Log-Cartesiana

1.4.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3150	100	3,50
2000	76,75	3,30

Tabla 86.- Datos para el modelo

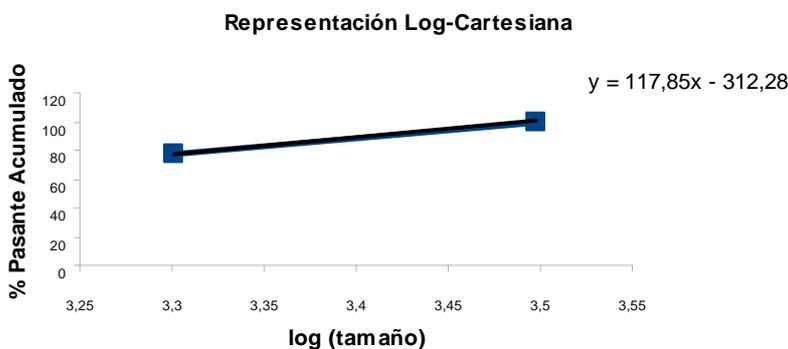
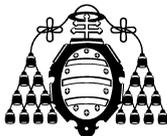


Figura 4.- Representación gráfica Log-Cartesiana

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.131 \mu\text{m}$$



1.4.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3150	100	3,50
2000	76,75	3,30

Tabla 87.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.131 \mu\text{m}$$

1.4.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3350	99,98	3,53
2362	75,29	3,37

Tabla 88.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.524 \mu\text{m}$$

1.4.4.- Ensayo nº4.

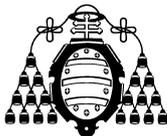
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3350	99,98	3,53
2362	75,29	3,37

Tabla 89.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.524 \mu\text{m}$$



1.4.5.- Ensayo nº5.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3350	99,99	3,53
2362	77,29	3,37

Tabla 90.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.463 \mu\text{m}$$

1.4.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3350	99,99	3,53
2362	77,29	3,37

Tabla 91.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.463 \mu\text{m}$$

1.4.7.- Ensayo nº7.

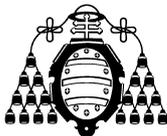
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	82,29	3,30
1000	53,19	3,00

Tabla 92.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.894 \mu\text{m}$$



1.4.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	83,16	3,30
1000	52,34	3,00

Tabla 93.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.863 \mu\text{m}$$

1.4.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	82,41	3,30
1000	54,34	3,00

Tabla 94.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.884 \mu\text{m}$$

1.4.10.- Ensayo nº10.

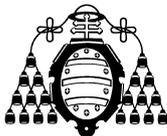
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	82,04	3,30
1000	48,85	3,00

Tabla 95.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.917 \mu\text{m}$$



1.4.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	86,69	3,30
1000	63,28	3,00

Tabla 96.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.640 \mu\text{m}$$

1.4.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3000	99,86	3,48
2000	19,96	3,30

Tabla 97.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.713 \mu\text{m}$$

1.4.13.- Ensayo nº13.

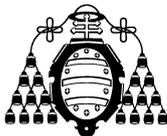
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3000	99,99	3,48
2000	32,07	3,30

Tabla 98.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.662 \mu\text{m}$$



1.4.14.- Ensayo nº14.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	81,45	3,30
1000	56,35	3,00

Tabla 99.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.921 \mu\text{m}$$

1.4.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	81,45	3,30
1000	56,35	3,00

Tabla 100.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.921 \mu\text{m}$$

1.4.16.- Ensayo nº16.

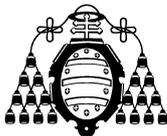
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
1600	85,27	3,20
1250	60,31	3,10

Tabla 101.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.519 \mu\text{m}$$



1.4.17.- Ensayo nº17.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
1600	85,27	3,20
1250	60,31	3,10

Tabla 102.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.519 \mu\text{m}$$

1.4.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	83,67	3,30
1600	68,84	3,20

Tabla 103.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.892 \mu\text{m}$$

1.4.19.- Ensayo nº19.

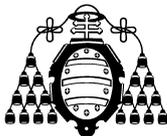
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	82,71	3,30
1600	67,75	3,20

Tabla 104.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.921 \mu\text{m}$$



1.4.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
1250	95,51	3,10
1000	77,49	3,00

Tabla 105.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.031 \mu\text{m}$$

1.4.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
1250	95,51	3,10
1000	77,49	3,00

Tabla 106.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.031 \mu\text{m}$$

1.4.22.- Ensayo nº22.

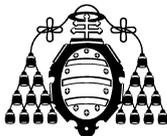
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
1600	80,45	3,20
1250	68,89	3,10

Tabla 107.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.584 \mu\text{m}$$



1.4.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	Pasante Ac. (%)	log (tamaño)
1600	82,64	3,20
1250	70,65	3,10

Tabla 108.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.515 \mu\text{m}$$

1.4.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3150	100	3,50
2500	78,75	3,40

Tabla 109.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.534 \mu\text{m}$$

1.4.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3150	100	3,50
2500	71,96	3,40

Tabla 110.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.672 \mu\text{m}$$



1.4.26.- Ensayo nº26.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
250	97,73	2,40
200	79,62	2,30

Tabla 111.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 201 \mu\text{m}$$

1.4.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	Pasante Ac. (%)	log (tamaño)
500	90,63	2,70
400	77,12	2,60

Tabla 112.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 419 \mu\text{m}$$

1.4.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2500	83,28	3,40
2000	69,36	3,30

Tabla 113.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.372 \mu\text{m}$$



1.4.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	Pasante Ac. (%)	log (tamaño)
3150	100	3,50
2000	74,94	3,30

Tabla 114.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.192 \mu\text{m}$$

1.4.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
200	81,31	2,30
160	30,87	2,20

Tabla 115.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 199 \mu\text{m}$$

1.4.31.- Ensayo nº31.

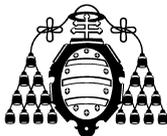
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	80,91	3,30
1000	57,99	3,00

Tabla 116.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.946 \mu\text{m}$$



1.4.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3000	99,99	3,48
2000	79,36	3,30

Tabla 117.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.025 \mu\text{m}$$

1.4.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	80,49	3,30
1000	56,47	3,00

Tabla 118.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.972 \mu\text{m}$$

1.4.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	80,49	3,30
1000	56,47	3,00

Tabla 119.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.972 \mu\text{m}$$



1.4.35.- Ensayo nº35.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	90,72	2,70
400	76,16	2,60

Tabla 120.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 424 \mu\text{m}$$

1.4.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
400	85,19	2,60
250	42,91	2,40

Tabla 121.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 378 \mu\text{m}$$

1.4.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
355	82,90	2,55
250	53,38	2,40

Tabla 122.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 343 \mu\text{m}$$



1.4.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
1600	82,13	3,20
1250	69,5	3,10

Tabla 123.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.535 \mu\text{m}$$

1.4.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
1600	82,13	3,20
1250	69,5	3,10

Tabla 124.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.535 \mu\text{m}$$

1.4.40.- Ensayo nº40.

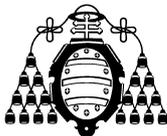
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	83,14	3,30
1600	72,06	3,20

Tabla 125.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.878 \mu\text{m}$$



1.4.41.- Ensayo nº41.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
2000	83,14	3,30
1600	72,06	3,20

Tabla 126.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 1.878 \mu\text{m}$$

1.4.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3000	99,99	3,48
2000	67,26	3,30

Tabla 127.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$F_{80} = 2.342 \mu\text{m}$$

1.5.- Representación Cartesiana-Cartesiana.

1.5.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	99,99
2000	76,75

Tabla 128.- Datos para el modelo

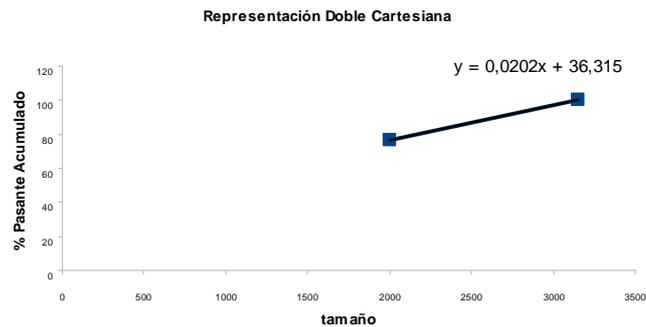
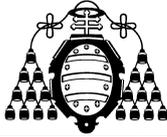


Figura 5.- Representación gráfica Cartesiana-Cartesiana

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0202 * \text{Tamaño} + 36,315$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.161 \mu\text{m}$$

1.5.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
3150	99,99
2000	76,75

Tabla 129.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

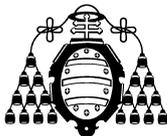
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0202 * \text{Tamaño} + 36,315$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.161 \mu\text{m}$$

1.5.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3350	99,98
2362	75,29

Tabla 130.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,025 * \text{Tamaño} + 16,264$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.550 \mu\text{m}$$

1.5.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3350	99,98
2362	75,29

Tabla 131.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,025 * \text{Tamaño} + 16,264$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.550\mu\text{m}$$

1.5.5.- Ensayo nº5.

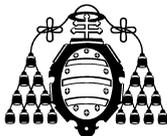
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3350	99,99
2362	77,29

Tabla 132.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,023 * \text{Tamaño} + 23,021$$



Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.480 \mu\text{m}$$

1.5.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3350	99,99
2362	77,29

Tabla 133.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,023 * \text{Tamaño} + 23,021$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.480 \mu\text{m}$$

1.5.7.- Ensayo nº7.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	82,29
1000	53,19

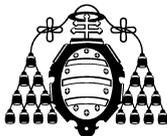
Tabla 134.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0291 * \text{Tamaño} + 24,09$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.921 \mu\text{m}$$



1.5.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	83,16
1000	52,34

Tabla 135.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0308 * \text{Tamaño} + 21,52$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.897 \mu\text{m}$$

1.5.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	82,41
1000	54,34

Tabla 136.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0281 * \text{Tamaño} + 26,27$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

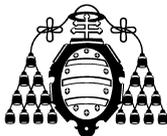
$$F_{80} = 1.914 \mu\text{m}$$

1.5.10.- Ensayo nº10.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	82,04
1000	48,85

Tabla 137.- Datos para el modelo



Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0332 * \text{Tamaño} + 15,658$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.939 \mu\text{m}$$

1.5.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	86,69
1000	63,28

Tabla 138.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0234 * \text{Tamaño} + 39,875$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.714 \mu\text{m}$$

1.5.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,86
2000	19,96

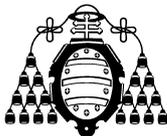
Tabla 139.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0799 * \text{Tamaño} - 139,84$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.751 \mu\text{m}$$



1.5.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
3000	99,99
2000	32,07

Tabla 140.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0679 * \text{Tamaño} - 103,76$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.706 \mu\text{m}$$

1.5.14.- Ensayo nº14.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
2000	81,45
1000	56,35

Tabla 141.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

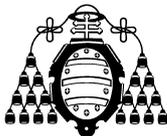
$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0251 * \text{Tamaño} + 31,237$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.942 \mu\text{m}$$

1.5.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	81,45
1000	56,35

Tabla 142.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0251 * \text{Tamaño} + 31,237$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.942 \mu\text{m}$$

1.5.16.- Ensayo nº16.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1600	85,27
1250	60,31

Tabla 143.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0713 * \text{Tamaño} - 28,833$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.526 \mu\text{m}$$

1.5.17.- Ensayo nº17.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1600	85,27
1250	60,31

Tabla 144.- Datos para el modelo



Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0713 * \text{Tamaño} - 28,833$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.526 \mu\text{m}$$

1.5.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	83,67
1600	68,84

Tabla 145.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0371 * \text{Tamaño} + 9,52$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.901 \mu\text{m}$$

1.5.19.- Ensayo nº19.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	82,71
1600	67,75

Tabla 146.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0374 * \text{Tamaño} + 7,91$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.928 \mu\text{m}$$



1.5.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
1250	95,51
1000	77,49

Tabla 147.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0721 * \text{Tamaño} + 5,41$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.035 \mu\text{m}$$

1.5.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
1250	95,51
1000	77,49

Tabla 148.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

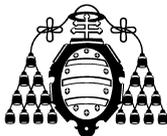
$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0721 * \text{Tamaño} + 5,41$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.035 \mu\text{m}$$

1.5.22.- Ensayo nº22.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1600	80,45
1250	68,89

Tabla 149.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,033 * \text{Tamaño} + 27,604$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.586 \mu\text{m}$$

1.5.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1600	82,64
1250	70,65

Tabla 150.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0343 * \text{Tamaño} + 27,829$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.523 \mu\text{m}$$

1.5.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	99,99
2500	78,75

Tabla 151.- Datos para el modelo



Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0327 * \text{Tamaño} - 2,9808$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.538 \mu\text{m}$$

1.5.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	99,99
2500	71,96

Tabla 152.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0431 * \text{Tamaño} - 35,886$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.686 \mu\text{m}$$

1.5.26.- Ensayo nº26.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
250	97,73
200	79,62

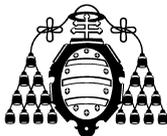
Tabla 153.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,3622 * \text{Tamaño} + 7,18$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 201 \mu\text{m}$$



1.5.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	90,63
400	77,12

Tabla 154.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,1351 * \text{Tamaño} + 23,08$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 421 \mu\text{m}$$

1.5.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2500	83,28
2000	69,36

Tabla 155.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0278 * \text{Tamaño} + 13,68$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

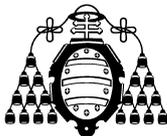
$$F_{80} = 2.382 \mu\text{m}$$

1.5.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3150	99,99
2000	74,94

Tabla 156.- Datos para el modelo



Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0218 * \text{Tamaño} + 31,357$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.232 \mu\text{m}$$

1.5.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	81,31
160	30,87

Tabla 157.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 1,261 * \text{Tamaño} - 170,89$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 200 \mu\text{m}$$

1.5.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
2000	80,91
1000	57,99

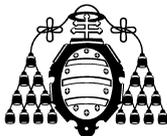
Tabla 158.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0229 * \text{Tamaño} + 35,069$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.960 \mu\text{m}$$



1.5.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
3000	99,99
2000	79,36

Tabla 159.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0206 * \text{Tamaño} + 38,1$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.031 \mu\text{m}$$

1.5.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
2000	80,49
1000	56,47

Tabla 160.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,024 * \text{Tamaño} + 32,45$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

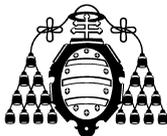
$$F_{80} = 1.980 \mu\text{m}$$

1.5.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
2000	80,49
1000	56,47

Tabla 161.- Datos para el modelo



Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,024 * \text{Tamaño} + 32,45$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.980 \mu\text{m}$$

1.5.35.- Ensayo nº35.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	90,72
400	76,16

Tabla 162.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,1456 * \text{Tamaño} + 17,92$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 426 \mu\text{m}$$

1.5.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
400	85,19
250	42,91

Tabla 163.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

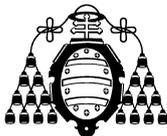
$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,2819 * \text{Tamaño} - 27,565$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 382 \mu\text{m}$$



1.5.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
355	82,90
250	53,38

Tabla 164.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,2812 * \text{Tamaño} - 16,927$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 345 \mu\text{m}$$

1.5.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1600	82,13
1250	69,5

Tabla 165.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0361 * \text{Tamaño} + 24,393$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

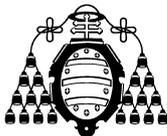
$$F_{80} = 1.541 \mu\text{m}$$

1.5.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
1600	82,13
1250	69,5

Tabla 166.- Datos para el modelo



Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0361 * \text{Tamaño} + 24,393$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.541 \mu\text{m}$$

1.5.40.- Ensayo nº40.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (μm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
2000	83,14
1600	72,06

Tabla 167.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0277 * \text{Tamaño} + 27,74$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.887 \mu\text{m}$$

1.5.41.- Ensayo nº41.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (μm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
2000	83,14
1600	72,06

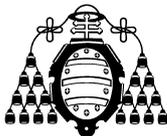
Tabla 168.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0277 * \text{Tamaño} + 27,74$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 1.887 \mu\text{m}$$



1.5.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
3000	99,99
2000	67,26

Tabla 169.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,0327 * \text{Tamaño} + 1,8028$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$F_{80} = 2.389 \mu\text{m}$$

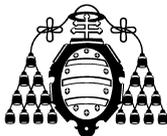
1.6.- Representación mediante Splines.

1.6.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de la granulometría de los materiales indicados en el Anexo I y ordenados de manera ascente. Para este caso el tamaño de partícula se reprenseta en el eje de ordenadas y el porcentaje de pasante acumulado en el eje de abscisas.

% Pasante Ac.	Tamaño (μm)
5,16	100
6,39	160
7,65	200
15,87	400
21,92	500
40,66	800
54,45	1250
65,04	1600
76,75	2000
99,99	3150

Tabla 170.- Datos para el modelo



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Independiente
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 171.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

Estos valores se aproximan a un polinomio de grado 3 que da como resultado:

$$y = a x^3 + b x^2 + c x + d$$

$$\text{Tamaño} = a * (\% \text{ P. Ac.})^3 + b * (\% \text{ P. Ac.})^2 + c * (\% \text{ P. Ac.}) + d$$

$$\text{Tamaño} = - 0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 * (\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Para un 80% de pasante acumulado, se obtiene el tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.134 \mu\text{m}$$

1.6.2.- Ensayo nº2.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 172.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 * (\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.134 \mu\text{m}$$



1.6.3.- Ensayo nº3.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-0,337	8,096	-49,156	121,802
Polinomio 2:	0,237	-9,369	127,769	-475,616
Polinomio 3:	-0,422	23,111	-405,232	2439,905
Polinomio 4:	-0,200	10,918	-182,224	1080,294
Polinomio 5:	0,301	-20,084	457,046	-3313,616
Polinomio 6:	-0,650	60,213	-1803,319	17896,138
Polinomio 7:	0,181	-21,274	860,477	-11130,357
Polinomio 8:	0,043	-4,823	205,893	-2448,397
Polinomio 9:	-0,092	15,247	-785,946	13890,494
Polinomio 10:	0,022	-4,851	390,767	-9075,019
Polinomio 11:	0,019	-4,190	347,413	-8126,433
Polinomio 12:	-0,001	0,356	5,106	464,344

Tabla 173.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,001 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 0,356 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 5,106 * (\% \text{ P. Ac.}) + 464,344$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

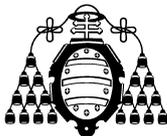
$$F_{80} = 2.545 \mu\text{m}$$

1.6.4.- Ensayo nº4.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-0,337	8,096	-49,156	121,802
Polinomio 2:	0,237	-9,369	127,769	-475,616
Polinomio 3:	-0,422	23,111	-405,232	2439,905
Polinomio 4:	-0,200	10,918	-182,224	1080,294
Polinomio 5:	0,301	-20,084	457,046	-3313,616
Polinomio 6:	-0,650	60,213	-1803,319	17896,138
Polinomio 7:	0,181	-21,274	860,477	-11130,357
Polinomio 8:	0,043	-4,823	205,893	-2448,397
Polinomio 9:	-0,092	15,247	-785,946	13890,494
Polinomio 10:	0,022	-4,851	390,767	-9075,019
Polinomio 11:	0,019	-4,190	347,413	-8126,433
Polinomio 12:	-0,001	0,356	5,106	464,344

Tabla 174.- Coeficientes de los polinomios de la Spline



El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,001 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 0,356 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 5,106 * (\% \text{ P. Ac.}) + 464,344$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.545 \mu\text{m}$$

1.6.5.- Ensayo nº5.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-0,150	4,857	-41,032	139,466
Polinomio 2:	0,319	-14,497	225,467	-1083,762
Polinomio 3:	-1,471	86,081	-1658,357	10677,577
Polinomio 4:	0,278	-19,704	474,267	-3653,658
Polinomio 5:	0,173	-12,499	308,775	-2386,536
Polinomio 6:	-0,413	42,907	-1437,624	15962,296
Polinomio 7:	0,249	-29,974	1238,587	-16794,532
Polinomio 8:	-0,194	27,429	-1240,109	18882,165
Polinomio 9:	0,127	-20,958	1186,039	-21666,856
Polinomio 10:	-0,328	63,527	-4035,972	85923,983
Polinomio 11:	0,115	-26,028	1993,743	-49402,916
Polinomio 12:	-0,010	2,930	-244,411	8259,399

Tabla 175.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,930 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 244,411 * (\% \text{ P. Ac.}) + 8259,399$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.457 \mu\text{m}$$

1.6.6.- Ensayo nº6.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,150	4,857	-41,032	139,466
Polinomio 2:	0,319	-14,497	225,467	-1083,762
Polinomio 3:	-1,471	86,081	-1658,357	10677,577
Polinomio 4:	0,278	-19,704	474,267	-3653,658
Polinomio 5:	0,173	-12,499	308,775	-2386,536
Polinomio 6:	-0,413	42,907	-1437,624	15962,296
Polinomio 7:	0,249	-29,974	1238,587	-16794,532
Polinomio 8:	-0,194	27,429	-1240,109	18882,165
Polinomio 9:	0,127	-20,958	1186,039	-21666,856
Polinomio 10:	-0,328	63,527	-4035,972	85923,983
Polinomio 11:	0,115	-26,028	1993,743	-49402,916
Polinomio 12:	-0,010	2,930	-244,411	8259,399

Tabla 176.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,930 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 244,411 * (\% \text{ P. Ac.}) + 8259,399$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.457 \mu\text{m}$$

1.6.7.- Ensayo nº7.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,038	-2,235	58,307	-445,312
Polinomio 2:	-0,036	3,809	-106,457	1051,841
Polinomio 3:	0,029	-3,364	158,590	-2212,651
Polinomio 4:	-0,067	10,206	-485,317	7971,816
Polinomio 5:	0,015	-2,764	204,530	-4259,178
Polinomio 6:	-0,016	4,766	-415,085	12736,854

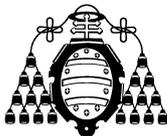
Tabla 177.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,016 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 4,766 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 415,085 * (\% \text{ P. Ac.}) + 12736,854$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.898 \mu\text{m}$$



1.6.8.- Ensayo nº8.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,013	-0,272	4,187	59,296
Polinomio 2:	0,043	-1,572	22,610	-27,720
Polinomio 3:	-0,002	0,924	-23,220	252,757
Polinomio 4:	-0,030	3,115	-81,532	770,177
Polinomio 5:	0,021	-2,396	118,017	-1638,375
Polinomio 6:	-0,053	7,924	-361,759	5796,555
Polinomio 7:	0,010	-1,993	157,271	-3258,792
Polinomio 8:	-0,012	3,524	-301,457	9457,159

Tabla 178.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 1,993 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 157,271 * (\% \text{ P. Ac.}) + 9457,159$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.876 \mu\text{m}$$

1.6.9.- Ensayo nº9.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,032	-1,244	17,070	-2,647
Polinomio 2:	-0,050	3,691	-81,218	649,909
Polinomio 3:	0,030	-1,862	47,166	-339,502
Polinomio 4:	-0,025	3,433	-124,246	1510,026
Polinomio 5:	0,005	-0,194	25,641	-554,407
Polinomio 6:	-0,068	10,585	-507,814	8245,817
Polinomio 7:	0,012	-2,378	196,569	-4512,899
Polinomio 8:	-0,009	2,713	-222,972	7011,873

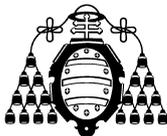
Tabla 179.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,012 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 2,378 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 196,569 * (\% \text{ P. Ac.}) + 7011,873$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.906 \mu\text{m}$$



1.6.10.- Ensayo nº10.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,363	-12,248	145,267	-520,649
Polinomio 2:	-0,493	22,236	-318,181	1555,543
Polinomio 3:	0,036	-1,694	42,792	-259,528
Polinomio 4:	-0,026	2,457	-48,885	415,440
Polinomio 5:	0,014	-1,432	75,194	-904,244
Polinomio 6:	-0,037	5,084	-201,977	3025,832
Polinomio 7:	0,008	-1,539	121,520	-2241,601
Polinomio 8:	-0,010	2,919	-244,185	7758,980

Tabla 180.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,008 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 1,539 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 121,520 * (\% \text{ P. Ac.}) - 2241,601$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.924 \mu\text{m}$$

1.6.11.- Ensayo nº11.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,039	-2,836	72,225	-561,861
Polinomio 2:	-0,011	1,437	-49,681	597,359
Polinomio 3:	0,015	-1,007	28,048	-226,568
Polinomio 4:	-0,014	2,575	-117,933	1756,151
Polinomio 5:	0,013	-1,592	91,315	-1746,043
Polinomio 6:	-0,081	15,006	-881,235	17249,258
Polinomio 7:	0,018	-3,792	308,383	-7844,906
Polinomio 8:	-0,021	6,336	-569,642	17527,306

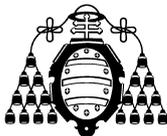
Tabla 181.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,018 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 3,792 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 308,383 * (\% \text{ P. Ac.}) - 7844,906$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.680 \mu\text{m}$$



1.6.12.- Ensayo nº12.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x ³	*x ²	*x	Indep.
Polinomio 1:	1967,52628	-8676,79089	15050,9623	-9225,12959
Polinomio 2:	593265,554	-2917863,09	4786116,49	-2617407,62
Polinomio 3:	-606465,305	3164772,37	-5493537,43	3173464,09
Polinomio 4:	19,1354899	-1076,41155	15039,4454	-21510,4976
Polinomio 5:	-0,07427847	73,8693778	-7920,16193	131247,423
Polinomio 6:	-132,351369	39701,4401	-3965129,37	131853551

Tabla 182.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -132,35 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 39701,44 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 3965129,37 * (\% \text{ P. Ac.}) + 131853551$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = - 67.632 \mu\text{m}$$

1.6.13.- Ensayo nº13.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x ³	*x ²	*x	Indep.
Polinomio 1:	7610,59676	-168132,79	1236860,61	-3029733,63
Polinomio 2:	157594,127	-3684163,2	28712032,6	-74595769,5
Polinomio 3:	-615089,99	14560170	-114880796	302122128
Polinomio 4:	293082,303	-7011051,8	55908239,4	-148615665
Polinomio 5:	2,67176312	-235,095314	5854,76654	-32091,4009
Polinomio 6:	-0,10787915	32,3605095	-2723,38975	59618,1562

Tabla 183.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,107 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 32,360 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 2723,389 * (\% \text{ P. Ac.}) + 59618,156$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = - 6.380 \mu\text{m}$$



1.6.14.- Ensayo nº14.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,006	-0,173	13,475	-1,352
Polinomio 2:	0,000	0,153	6,822	44,017
Polinomio 3:	0,005	-0,307	23,333	-153,743
Polinomio 4:	-0,002	0,715	-27,151	677,753
Polinomio 5:	0,001	0,157	4,284	87,348
Polinomio 6:	-0,007	2,120	-155,616	4428,789

Tabla 184.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 0,157 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 4,284 * (\% \text{ P. Ac.}) + 87,348$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.930 \mu\text{m}$$

1.6.15.- Ensayo nº15.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,006	-0,173	13,475	-1,352
Polinomio 2:	0,000	0,153	6,822	44,017
Polinomio 3:	0,005	-0,307	23,333	-153,743
Polinomio 4:	-0,002	0,715	-27,151	677,753
Polinomio 5:	0,001	0,157	4,284	87,348
Polinomio 6:	-0,007	2,120	-155,616	4428,789

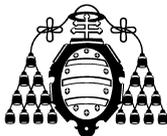
Tabla 185.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 0,157 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 4,284 * (\% \text{ P. Ac.}) + 87,348$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.930 \mu\text{m}$$



1.6.16.- Ensayo nº16.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-383,601	333,733	727,193	-29,597
Polinomio 2:	26,396	-330,462	1085,858	-94,157
Polinomio 3:	-0,619	35,866	-569,945	2400,587
Polinomio 4:	0,853	-99,302	3566,198	-39788,072
Polinomio 5:	-3,625	710,857	-45294,527	942475,368
Polinomio 6:	29,621	-7793,789	679896,637	-19669874,8
Polinomio 7:	-3002,956	900796,788	-90061044,3	3001096049

Tabla 186.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,619 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 35,866 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 569,945 * (\% \text{ P. Ac.}) + 2400,587$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 12.606 \mu\text{m}$$

1.6.17.- Ensayo nº17.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-383,601	333,733	727,193	-29,597
Polinomio 2:	26,396	-330,462	1085,858	-94,157
Polinomio 3:	-0,619	35,866	-569,945	2400,587
Polinomio 4:	0,853	-99,302	3566,198	-39788,072
Polinomio 5:	-3,625	710,857	-45294,527	942475,368
Polinomio 6:	29,621	-7793,789	679896,637	-19669874,8
Polinomio 7:	-3002,956	900796,788	-90061044,3	3001096049

Tabla 187.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,619 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 35,866 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 569,945 * (\% \text{ P. Ac.}) + 2400,587$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 12.606 \mu\text{m}$$



1.6.18.- Ensayo nº18.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	0,013	22,150	-72,132
Polinomio 2:	0,008	-0,654	39,237	-217,943
Polinomio 3:	-0,014	1,875	-57,476	1014,819
Polinomio 4:	0,013	-2,444	177,001	-3228,435
Polinomio 5:	-0,005	1,307	-81,230	2697,108

Tabla 188.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,005 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 1,307 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 81,230 * (\% \text{ P. Ac.}) + 2697,108$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.897 \mu\text{m}$$

1.6.19.- Ensayo nº19.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,171	4,721	-20,182	19,275
Polinomio 2:	0,473	-18,346	255,005	-1075,053
Polinomio 3:	-0,105	6,094	-89,104	539,966
Polinomio 4:	0,059	-4,532	140,851	-1118,778
Polinomio 5:	0,009	-0,716	42,959	-281,801
Polinomio 6:	-0,012	1,605	-44,572	818,754
Polinomio 7:	-0,001	-0,042	43,168	-739,212
Polinomio 8:	0,049	-10,347	741,295	-16505,253
Polinomio 9:	-0,037	11,118	-1034,076	32441,712

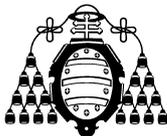
Tabla 189.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,049 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 10,347 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 741,295 * (\% \text{ P. Ac.}) - 16505,253$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.893 \mu\text{m}$$



1.6.20.- Ensayo nº20.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-40,508	35,242	111,124	65,798
Polinomio 2:	25,818	-131,899	251,523	26,487
Polinomio 3:	-0,083	0,973	24,311	155,997
Polinomio 4:	0,068	-3,241	63,589	33,975
Polinomio 5:	-0,006	0,297	6,827	337,462
Polinomio 6:	0,002	-0,334	24,095	180,150
Polinomio 7:	0,003	-0,505	32,603	38,628
Polinomio 8:	-0,004	1,208	-100,103	3466,430

Tabla 190.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,004 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 1,208 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 100,103 *(\% \text{ P. Ac.}) + 3466,430$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.029 \mu\text{m}$$

1.6.21.- Ensayo nº21.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-40,508	35,242	111,124	65,798
Polinomio 2:	25,818	-131,899	251,523	26,487
Polinomio 3:	-0,083	0,973	24,311	155,997
Polinomio 4:	0,068	-3,241	63,589	33,975
Polinomio 5:	-0,006	0,297	6,827	337,462
Polinomio 6:	0,002	-0,334	24,095	180,150
Polinomio 7:	0,003	-0,505	32,603	38,628
Polinomio 8:	-0,004	1,208	-100,103	3466,430

Tabla 191.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,004 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 1,208 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 100,103 *(\% \text{ P. Ac.}) + 3466,430$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.029 \mu\text{m}$$



1.6.22.- Ensayo nº22.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,001	0,122	13,530	-100,999
Polinomio 2:	0,010	-1,103	58,800	-658,581
Polinomio 3:	-0,012	2,299	-119,964	2472,776
Polinomio 4:	0,027	-5,828	439,888	-10383,299
Polinomio 5:	-0,028	7,481	-630,836	18329,968

Tabla 192.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,027 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 5,828 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 439,888 * (\% \text{ P. Ac.}) - 10383,299$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.584 \mu\text{m}$$

1.6.23.- Ensayo nº23.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,029	0,743	6,577	8,923
Polinomio 2:	0,077	-3,537	63,925	-247,228
Polinomio 3:	-0,013	1,152	-17,294	221,674
Polinomio 4:	0,003	-0,302	27,413	-236,574
Polinomio 5:	0,007	-0,743	43,700	-436,737
Polinomio 6:	-0,004	0,991	-49,069	1217,324
Polinomio 7:	-0,012	2,742	-172,784	4130,812
Polinomio 8:	0,300	-74,749	6231,049	-172273,447
Polinomio 9:	-0,283	84,811	-8327,152	270489,999

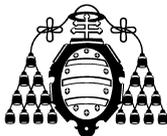
Tabla 193.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,012 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,742 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 172,784 * (\% \text{ P. Ac.}) + 4130,812$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.526 \mu\text{m}$$



1.6.24.- Ensayo nº24.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,004	-0,136	41,161	17,189
Polinomio 2:	-0,020	1,283	13,350	198,888
Polinomio 3:	0,016	-2,096	119,215	-906,697
Polinomio 4:	0,002	-0,367	43,683	193,048
Polinomio 5:	-0,001	0,250	6,875	924,926

Tabla 194.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,001 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 0,250 *(\% \text{ P. Ac.})^2 + 6,875 *(\% \text{ P. Ac.}) + 924,926$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.533 \mu\text{m}$$

1.6.25.- Ensayo nº25.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-1,281	12,569	3,736	-1,817
Polinomio 2:	4,065	-62,647	356,499	-553,303
Polinomio 3:	-1,113	27,445	-166,034	456,927
Polinomio 4:	0,742	-25,214	332,116	-1113,906
Polinomio 5:	-0,011	0,776	33,231	31,820
Polinomio 6:	-0,046	2,606	0,939	221,808
Polinomio 7:	0,030	-3,467	164,732	-1250,694
Polinomio 8:	0,002	-0,420	51,469	152,638
Polinomio 9:	0,001	-0,180	39,077	366,318
Polinomio 10:	0,000	-0,114	34,300	480,900

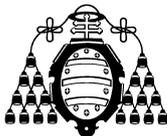
Tabla 195.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,000 *(\% \text{ P. Ac.})^3 - 0,114 *(\% \text{ P. Ac.})^2 + 34,300 *(\% \text{ P. Ac.}) + 480,900$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.689 \mu\text{m}$$



1.6.26.- Ensayo nº26.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-23,565	18,381	60,174	33,526
Polinomio 2:	14,785	-70,208	128,387	16,018
Polinomio 3:	0,638	-7,819	36,676	60,957
Polinomio 4:	-0,064	1,317	-2,975	118,319
Polinomio 5:	0,022	-2,261	47,045	-114,776
Polinomio 6:	-0,450	110,357	-8919,645	237861,188
Polinomio 7:	69,704	-20458,104	2001236,114	-65246312,9
Polinomio 8:	-1086,837	326018,466	- 32597914,182	1086444069,9

Tabla 196.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 1086,837*(\% \text{ P. Ac.})^3 + 326018,466*(\% \text{ P. Ac.})^2 - 32597914,182*(\% \text{ P. Ac.}) + 1086444069,9$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 238 \mu\text{m}$$

1.6.27.- Ensayo nº27.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,094	0,323	9,938	38,286
Polinomio 2:	0,088	-2,048	20,274	23,265
Polinomio 3:	-0,005	0,233	1,661	73,892
Polinomio 4:	0,004	-0,327	13,277	-6,487
Polinomio 5:	0,000	-0,031	3,786	95,060
Polinomio 6:	-0,003	0,579	-33,355	849,157
Polinomio 7:	0,022	-5,137	407,431	-10481,971
Polinomio 8:	-0,037	10,826	-1039,238	33221,882

Tabla 197.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,022 *(\% \text{ P. Ac.})^3 - 5,137 *(\% \text{ P. Ac.})^2 + 407,431 *(\% \text{ P. Ac.}) - 10481,971$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 413 \mu\text{m}$$



1.6.28.- Ensayo nº28.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,052	-4,087	128,379	-995,084
Polinomio 2:	-0,095	12,192	-470,536	6349,609
Polinomio 3:	0,016	-3,289	245,938	-4703,196
Polinomio 4:	0,027	-4,993	340,358	-6447,760
Polinomio 5:	-0,013	3,185	-226,878	6666,733

Tabla 198.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,013 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 3,185 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 226,878 *(\% \text{ P. Ac.}) + 6666,733$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$\mathbf{F_{80} = 2.375 \mu m}$$

1.6.29.- Ensayo nº29.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,044	1,055	5,347	13,218
Polinomio 2:	0,106	-4,660	77,644	-291,635
Polinomio 3:	-0,015	1,391	-23,182	268,283
Polinomio 4:	-0,005	0,546	1,096	36,030
Polinomio 5:	0,045	-4,457	168,888	-1839,883
Polinomio 6:	-0,077	11,882	-560,335	9008,517
Polinomio 7:	0,006	-1,615	173,343	-4285,719
Polinomio 8:	0,033	-6,755	496,836	-11071,542
Polinomio 9:	-0,008	2,409	-189,884	6082,733

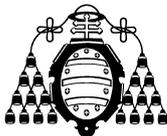
Tabla 199.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,008 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,409 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 189,884 *(\% \text{ P. Ac.}) + 6082,733$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$\mathbf{F_{80} = 2.196 \mu m}$$



1.6.30.- Ensayo nº30.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,169	0,000	10,270	80,000
Polinomio 2:	0,066	-1,482	13,383	77,821
Polinomio 3:	-0,011	0,471	-3,185	124,654
Polinomio 4:	0,013	-1,682	63,282	-559,295
Polinomio 5:	-0,238	59,485	-4910,159	134237,542
Polinomio 6:	14,951	-4344,217	420663,521	- 23574909,28
Polinomio 7:	-145,714	43701,172	-4368500,85	145553059,02

Tabla 200.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 145,714 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 43701,172 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 4368500,85 *(\% \text{ P. Ac.}) + 145553059,02$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 152 \mu\text{m}$$

1.6.31.- Ensayo nº31.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 201.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,010 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 *(\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.956 \mu\text{m}$$



1.6.32.- Ensayo nº32.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 202.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,010 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 *(\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 2.029 \mu\text{m}$$

1.6.33.- Ensayo nº33.

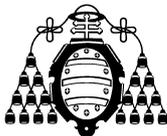
Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 203.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,010 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 *(\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$



Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.977 \mu\text{m}$$

1.6.34.- Ensayo nº34.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 204.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,010 *(\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 *(\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 *(\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

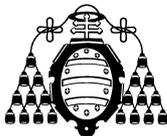
$$F_{80} = 1.977 \mu\text{m}$$

1.6.35.- Ensayo nº35.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,059	0,247	10,541	55,920
Polinomio 2:	0,016	-0,696	14,485	50,424
Polinomio 3:	0,014	-0,650	14,151	51,229
Polinomio 4:	0,002	-0,129	6,960	84,286
Polinomio 5:	0,001	-0,081	5,809	93,564
Polinomio 6:	-0,001	0,165	-3,596	213,598
Polinomio 7:	0,003	-0,462	30,958	-421,834
Polinomio 8:	-0,003	0,803	-65,378	2023,816

Tabla 205.- Coeficientes de los polinomios de la Spline



El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,003 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 0,803 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 65,378 * (\% \text{ P. Ac.}) + 2023,816$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 423 \mu\text{m}$$

1.6.36.- Ensayo nº36.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coefficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 206.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

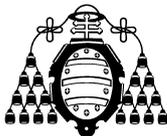
$$\text{Tamaño} = -0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 * (\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 273 \mu\text{m}$$

1.6.37.- Ensayo nº37.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

Tabla 207.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 * (\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 337 \mu\text{m}$$

1.6.38.- Ensayo nº38.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,003	-0,210	24,542	-349,541
Polinomio 2:	0,004	-0,386	30,987	-428,459
Polinomio 3:	0,006	-0,642	41,676	-576,816
Polinomio 4:	-0,017	3,185	-165,895	3176,069
Polinomio 5:	0,034	-7,582	582,409	-14159,654
Polinomio 6:	-0,030	8,227	-716,004	21386,577

Tabla 208.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,034 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 7,582 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 582,409 * (\% \text{ P. Ac.}) - 14159,654$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.532 \mu\text{m}$$



1.6.39.- Ensayo nº39.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,003	-0,210	24,542	-349,541
Polinomio 2:	0,004	-0,386	30,987	-428,459
Polinomio 3:	0,006	-0,642	41,676	-576,816
Polinomio 4:	-0,017	3,185	-165,895	3176,069
Polinomio 5:	0,034	-7,582	582,409	-14159,654
Polinomio 6:	-0,030	8,227	-716,004	21386,577

Tabla 209.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,034 * (\% \text{ P. Ac.})^3 - 7,582 * (\% \text{ P. Ac.})^2 + 582,409 * (\% \text{ P. Ac.}) - 14159,654$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.532 \mu\text{m}$$

1.6.40.- Ensayo nº40.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coefficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,020	1,159	0,646	-115,700
Polinomio 2:	0,077	-7,207	242,432	-2444,906
Polinomio 3:	-0,019	2,722	-99,245	1474,124
Polinomio 4:	-0,002	0,283	12,970	-246,504
Polinomio 5:	0,009	-1,653	130,987	-2645,401
Polinomio 6:	-0,009	2,285	-152,768	4170,416

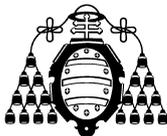
Tabla 210.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,009 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,285 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 152,768 * (\% \text{ P. Ac.}) + 4170,416$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.883 \mu\text{m}$$



1.6.41.- Ensayo nº41.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,020	1,159	0,646	-115,700
Polinomio 2:	0,077	-7,207	242,432	-2444,906
Polinomio 3:	-0,019	2,722	-99,245	1474,124
Polinomio 4:	-0,002	0,283	12,970	-246,504
Polinomio 5:	0,009	-1,653	130,987	-2645,401
Polinomio 6:	-0,009	2,285	-152,768	4170,416

Tabla 211.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,009 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,285 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 152,768 * (\% \text{ P. Ac.}) + 4170,416$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 1.883 \mu\text{m}$$

1.6.42.- Ensayo nº42.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-2,768	42,849	-168,133	206,978
Polinomio 2:	2,652	-61,058	495,831	-1207,265
Polinomio 3:	-0,021	0,293	26,500	-10,471
Polinomio 4:	0,023	-1,814	59,934	-187,340
Polinomio 5:	0,021	-1,660	56,569	-162,751
Polinomio 6:	-0,027	4,169	-180,439	3049,502
Polinomio 7:	0,005	-1,079	105,284	-2136,366
Polinomio 8:	0,020	-4,019	296,490	-6281,713
Polinomio 9:	-0,010	2,865	-231,832	7234,508

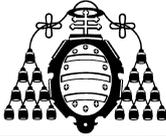
Tabla 212.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,010 * (\% \text{ P. Ac.})^3 + 2,865 * (\% \text{ P. Ac.})^2 - 231,832 * (\% \text{ P. Ac.}) + 7234,508$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$F_{80} = 347 \mu\text{m}$$

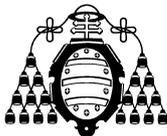


1.7.- Valores del parámetro F_{80} obtenidos.

Se resaltan en fondo gris aquellos valores que se encuentran fuera del intervalo de tamaño granulométrico en el que se predecía que deberían estar.

Se indica:

- GS: Gates-Gaudin-Schuhmann.
- RR: Rosin-Rammler.
- LN: Log- Normal.
- LC: Log-Cartesiano.
- CC: Cartesiano-Cartesiano.
- SPL: Splines



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Nº de ensayo	F ₈₀ (µm)					
	GS	RR	LN	LC	CC	SPL
1	2073	1737	1038	2131	2161	2134
2	2073	1737	1038	2131	2161	2134
3	2503	2129	1139	2524	2550	2545
4	2503	2129	1139	2524	2550	2545
5	2485	2004	1031	2463	2480	2457
6	2485	2004	1031	2463	2480	2457
7	2052	1333	868	1894	1921	1898
8	1827	1323	757	1863	1897	1876
9	1877	1266	702	1884	1914	1906
10	2095	1454	773	1917	1939	1924
11	1670	1025	605	1640	1714	1680
12	4006	45	1736	2712	2751	-67632
13	8177	381	980	2662	2706	-6380
14	1827	1332	911	1921	1942	1930
15	1827	1332	911	1921	1942	1930
16	1838	1534	1186	1519	1526	12606
17	1838	1534	1186	1519	1526	12606
18	1920	2037	1945	1892	1901	1897
19	2175	1692	1020	1921	1928	1893
20	1025	1068	709	1031	1035	1029
21	1025	1068	709	1031	1035	1029
22	1597	1554	1665	1584	1586	1584
23	1647	1267	985	1515	1523	1526
24	2626	2923	2353	2534	2538	2533
25	3217	2853	1208	2671	2686	2689
26	284	243	191	201	201	238
27	423	406	336	419	421	413
28	2512	2688	2692	2372	2382	2375
29	2074	1666	1024	2192	2232	2196
30	276	235	229	199	199	152
31	1919	1270	1130	1946	1960	1956
32	1995	1267	1045	2025	2031	2029
33	1890	851	865	1972	1980	1977
34	1819	1296	793	1972	1980	1977
35	394	411	322	424	426	423
36	563	226	325	378	382	273
37	350	317	250	343	345	337
38	1581	1523	1557	1535	1541	1532
39	1581	1523	1557	1535	1541	1532
40	1911	2097	2021	1877	1887	1883
41	1911	2097	2021	1877	1887	1883
42	5373	4154	1346	2342	2389	347

Tabla 213.- Valores de F₈₀ obtenidos.



2.- OBTENCIÓN DEL PARÁMETRO P_{80} .

2.1.- Representación Gates-Gaudin-Schuhmann.

2.1.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-0,69	0,00
0,75	-0,92	-0,29
0,43	-1,61	-0,86
0,36	-1,83	-1,02
0,29	-2,30	-1,22

Tabla 214.- Datos para el modelo

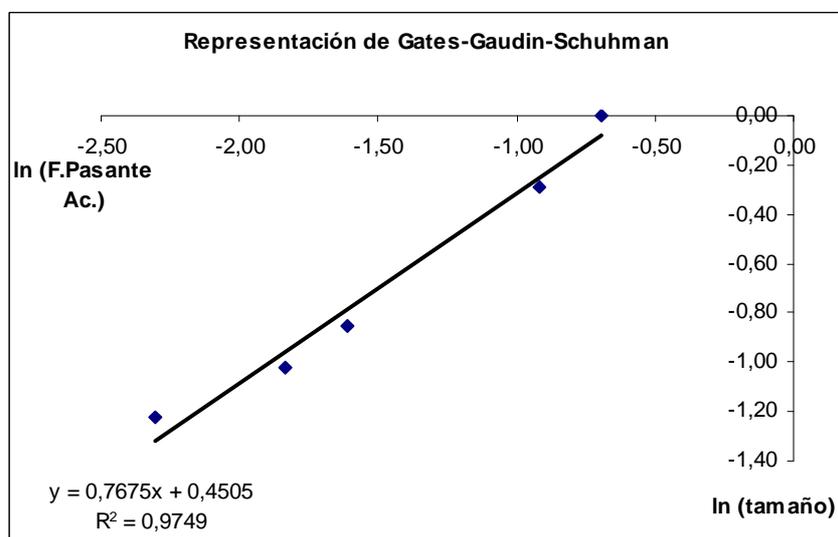


Figura 6- Representación gráfica de la linealización del modelo según Gates-Gaudin-Schuhman

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,7675 \text{Ln(tamaño)} + 0,4505$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9749$.



Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln(F. Pasante Ac)$ por $\ln(0,80)$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 416 \mu\text{m}$$

2.1.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-1,61	0,00
0,81	-1,83	-0,21
0,68	-2,08	-0,38
0,60	-2,30	-0,50

Tabla 215.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\ln(F. Pasante Ac) = a \ln(\text{tamaño}) + b$$

$$\ln(F. Pasante Ac) = 0,7265 \ln(\text{tamaño}) + 1,1476$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9876$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\ln(F. Pasante Ac)$ por $\ln(0,80)$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 152 \mu\text{m}$$

2.1.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-1,92	0,00
0,74	-2,09	-0,30
0,65	-2,26	-0,44
0,57	-2,43	-0,57
0,48	-2,60	-0,73

Tabla 216.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,0116 \text{Ln(tamaño)} + 1,8792$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9699$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 125 \mu\text{m}$$

2.1.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-1,74	0,00
0,87	-1,92	-0,14
0,73	-2,09	-0,31
0,51	-2,43	-0,68
0,43	-2,60	-0,85

Tabla 217.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,0049 \text{Ln(tamaño)} + 1,7719$$

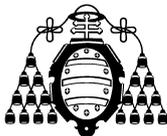
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9981$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 137 \mu\text{m}$$

2.1.5.- Ensayo nº5.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-1,74	0,00
0,90	-1,92	-0,11
0,76	-2,09	-0,27
0,57	-2,43	-0,57
0,50	-2,60	-0,69

Tabla 218.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,8222 \text{Ln(tamaño)} + 1,4475$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9969$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 131 \mu\text{m}$$

2.1.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-1,92	0,00
0,83	-2,09	-0,19
0,60	-2,43	-0,51
0,52	-2,60	-0,66

Tabla 219.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,9606 \text{Ln(tamaño)} + 1,8291$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9982$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 118 \mu\text{m}$$



2.1.7.- Ensayo nº7.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,08	0,00
0,69	-2,53	-0,38
0,46	-2,76	-0,77

Tabla 220.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,0941 \text{Ln(tamaño)} + 2,3036$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9653$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 99 \mu\text{m}$$

2.1.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,30	0,00
0,70	-2,53	-0,35
0,37	-2,76	-1,00

Tabla 221.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 2,1639 \text{Ln(tamaño)} + 5,0269$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9783$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 88 \mu\text{m}$$



2.1.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,30	0,00
0,62	-2,53	-0,48
0,35	-2,76	-1,06

Tabla 222.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 2,2859 \text{Ln(tamaño)} + 5,2744$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9988$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 90 \mu\text{m}$$

2.1.10.- Ensayo nº10.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,30	0,00
0,53	-2,53	-0,64
0,25	-2,76	-1,39

Tabla 223.- Datos para el modelo

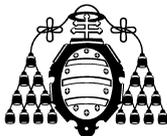
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 3,0191 \text{Ln(tamaño)} + 6,9623$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9993$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 93 \mu\text{m}$$



2.1.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,30	0,00
0,72	-2,53	-0,33
0,50	-2,76	-0,69

Tabla 224.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,5003 \text{Ln(tamaño)} + 3,4566$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9999$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 86 \mu\text{m}$$

2.1.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,69	0,00
0,77	-1,04	-0,26
0,61	-1,39	-0,49
0,52	-1,71	-0,66
0,42	-2,08	-0,86
0,33	-2,76	-1,10

Tabla 225.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,53 \text{Ln(tamaño)} + 0,2931$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9793$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 378 \mu\text{m}$$



2.1.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-2,08	0,00
0,65	-2,53	-0,43
0,52	-2,76	-0,66
0,20	-3,00	-1,60
0,07	-3,10	-2,63

Tabla 226.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 2,2941 \text{Ln(tamaño)} + 5,1151$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,791$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 98 \mu\text{m}$$

2.1.14.- Ensayo nº14.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln(tamaño)	Ln(F. Pasante Ac.)
1,00	-2,08	0,00
0,58	-2,53	-0,54
0,24	-2,76	-1,43

Tabla 227.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,9775 \text{Ln(tamaño)} + 4,1999$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9061$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 107 \mu\text{m}$$



2.1.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,53	0,00
0,25	-2,76	-1,38
0,09	-3,00	-2,36

Tabla 228.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 5,0347 \text{Ln(tamaño)} + 12,658$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9926$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 77 \mu\text{m}$$

2.1.16.- Ensayo nº16.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,69	0,00
0,31	-0,92	-1,16
0,19	-1,61	-1,68
0,16	-1,83	-1,82

Tabla 229.- Datos para el modelo

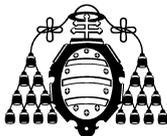
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,3657 \text{Ln(tamaño)} + 0,5613$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8114$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 563 \mu\text{m}$$



2.1.17.- Ensayo nº17.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,61	0,00
0,81	-1,83	-0,21
0,69	-2,08	-0,38
0,60	-2,30	-0,50

Tabla 330.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,7192 \text{Ln(tamaño)} + 1,1344$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9872$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 151 \mu\text{m}$$

2.1.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,69	0,00
0,76	-0,92	-0,28
0,45	-1,61	-0,80
0,37	-1,83	-0,98

Tabla 331.- Datos para el modelo

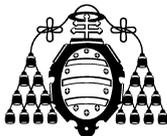
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,8325 \text{Ln(tamaño)} + 0,5366$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9931$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 401 \mu\text{m}$$



2.1.19.- Ensayo nº19.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,61	0,00
0,80	-1,83	-0,22
0,66	-2,08	-0,41
0,56	-2,30	-0,58

Tabla 332.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,834 \text{Ln(tamaño)} + 1,327$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,996$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 156 \mu\text{m}$$

2.1.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,69	0,00
0,64	-0,92	-0,45
0,25	-1,61	-1,37
0,17	-1,83	-1,76

Tabla 333.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,4863 \text{Ln(tamaño)} + 0,9811$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9951$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 445 \mu\text{m}$$



2.1.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,61	0,00
0,74	-1,83	-0,30
0,57	-2,08	-0,56
0,45	-2,30	-0,80

Tabla 334.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 11,1381 \text{Ln(tamaño)} + 1,8131$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9968$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 167 \mu\text{m}$$

2.1.22.- Ensayo nº22.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,69	0,00
0,73	-0,92	-0,32
0,38	-1,61	-0,98
0,29	-1,83	-1,25

Tabla 335.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,0595 \text{Ln(tamaño)} + 0,7013$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9961$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 418 \mu\text{m}$$



2.1.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-1,61	0,00
0,68	-1,83	-0,39
0,51	-2,08	-0,68
0,40	-2,30	-0,91

Tabla 336.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,3013 \text{Ln(tamaño)} + 2,0518$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,987$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 174 \mu\text{m}$$

2.1.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-0,69	0,00
0,76	-0,92	-0,28
0,42	-1,61	-0,87
0,33	-1,83	-1,10

Tabla 337.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,9357 \text{Ln(tamaño)} + 0,6205$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9964$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 406 \mu\text{m}$$



2.1.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,61	0,00
0,77	-1,83	-0,26
0,62	-2,08	-0,49
0,51	-2,30	-0,68

Tabla 338.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,9771 \text{Ln(tamaño)} + 1,5551$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9961$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 162 \mu\text{m}$$

2.1.26.- Ensayo nº26.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,83	0,00
0,64	-2,08	-0,45
0,27	-2,30	-1,32
0,17	-2,53	-1,78

Tabla 339.- Datos para el modelo

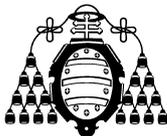
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 2,6897 \text{Ln(tamaño)} + 4,9889$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9786$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 144 \mu\text{m}$$



2.1.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,61	0,00
0,71	-1,83	-0,34
0,51	-2,08	-0,66
0,38	-2,30	-0,97

Tabla 340.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,3921 \text{Ln(tamaño)} + 2,2294$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9992$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 172 \mu\text{m}$$

2.1.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,69	0,00
0,76	-0,92	-0,27
0,39	-1,61	-0,94
0,29	-1,83	-1,22

Tabla 341.- Datos para el modelo

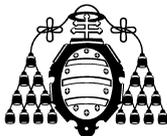
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,042 \text{Ln(tamaño)} + 0,7074$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9976$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 409 \mu\text{m}$$



2.1.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,61	0,00
0,69	-1,83	-0,37
0,53	-2,08	-0,64
0,41	-2,30	-0,89

Tabla 342.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,2678 \text{Ln(tamaño)} + 2,0041$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9902$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 173 \mu\text{m}$$

2.1.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,83	0,00
0,74	-2,08	-0,30
0,54	-2,30	-0,62
0,37	-2,53	-1,00

Tabla 343.- Datos para el modelo

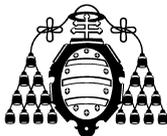
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,3155 \text{Ln(tamaño)} + 2,4179$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9982$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 134 \mu\text{m}$$



2.1.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-0,69	0,00
0,81	-1,04	-0,21
0,65	-1,39	-0,43
0,54	-1,71	-0,61
0,42	-2,08	-0,88

Tabla 344.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,6246 \text{Ln(tamaño)} + 0,4364$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9986$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 348 \mu\text{m}$$

2.1.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

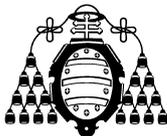
F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-0,92	0,00
0,91	-1,04	-0,09
0,72	-1,39	-0,33
0,59	-1,71	-0,53
0,46	-2,08	-0,78

Tabla 345.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,6654 \text{Ln(tamaño)} + 0,6023$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9993$.



Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} (F. \text{Pasante Ac})$ por $\text{Ln} (0,80)$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 289 \mu\text{m}$$

2.1.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,08	0,00
0,60	-2,53	-0,51
0,38	-2,76	-0,96
0,14	-3,00	-1,97

Tabla 346.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} (F. \text{Pasante Ac}) = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} (F. \text{Pasante Ac}) = 2,0191 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 4,3717$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8946$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} (F. \text{Pasante Ac})$ por $\text{Ln} (0,80)$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 103 \mu\text{m}$$

2.1.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,53	0,00
0,73	-2,76	-0,32
0,43	-3,00	-0,86

Tabla 347.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} (F. \text{Pasante Ac}) = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} (F. \text{Pasante Ac}) = 1,8177 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 4,628$$



Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9771$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 69 \mu\text{m}$$

2.1.35.- Ensayo nº35.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,61	0,00
0,66	-1,83	-0,42
0,46	-2,08	-0,78
0,34	-2,30	-1,07

Tabla 348.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,5314 \text{Ln(tamaño)} + 2,4298$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9932$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

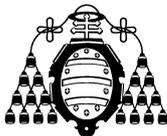
$$P_{80} = 177 \mu\text{m}$$

2.1.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-2,08	0,00
0,61	-2,53	-0,50
0,38	-2,76	-0,97
0,14	-3,00	-1,94

Tabla 349.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,9984 \text{Ln(tamaño)} + 4,3276$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8978$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 103 \mu\text{m}$$

2.1.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-2,53	0,00
0,37	-2,76	-0,99
0,07	-3,00	-2,73

Tabla 350.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 5,8061 \text{Ln(tamaño)} + 14,795$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9725$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

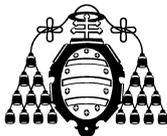
$$P_{80} = 75 \mu\text{m}$$

2.1.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-0,69	0,00
0,80	-0,92	-0,23
0,54	-1,61	-0,62
0,46	-1,83	-0,78

Tabla 351.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,6473 \text{Ln(tamaño)} + 0,4124$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9898$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 375 \mu\text{m}$$

2.1.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-1,61	0,00
0,84	-1,83	-0,18
0,59	-2,08	-0,52
0,47	-2,30	-0,76

Tabla 352.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 1,1268 \text{Ln(tamaño)} + 1,8393$$

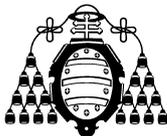
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9902$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 160 \mu\text{m}$$

2.1.40.- Ensayo nº40.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.



<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-0,69	0,00
0,82	-0,92	-0,20
0,53	-1,61	-0,64
0,45	-1,83	-0,80

Tabla 353.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,6837 \text{Ln(tamaño)} + 0,4518$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9967$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 373 \mu\text{m}$$

2.1.41.- Ensayo nº41.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (F. Pasante Ac.)</u>
1,00	-1,61	0,00
0,81	-1,83	-0,21
0,68	-2,08	-0,39
0,57	-2,30	-0,57

Tabla 354.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

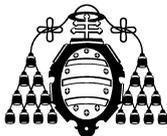
$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 0,81 \text{Ln(tamaño)} + 1,2941$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9979$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 154 \mu\text{m}$$



2.1.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. A continuación se calculan las fracciones del pasante acumulado y se toman los valores del logaritmo neperiano del tamaño de partícula y de la fracción del pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (F. Pasante Ac.)
1,00	-2,30	0,00
0,60	-2,53	-0,51
0,28	-2,76	-1,26

Tabla 355.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = a \text{Ln(tamaño)} + b$$

$$\text{Ln (F. Pasante Ac)} = 2,729 \text{Ln(tamaño)} + 6,3171$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9922$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Ln (F. Pasante Ac) por Ln (0,80), obteniendo un valor:

$$P_{80} = 91 \mu\text{m}$$

2.2.- Representación Rosin-Rammler.

2.2.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,75	-0,92	-1,38	0,33
0,43	-1,61	-0,55	-0,59
0,36	-1,83	-0,44	-0,81
0,29	-2,30	-0,35	-1,05

Tabla 356.- Datos para el modelo

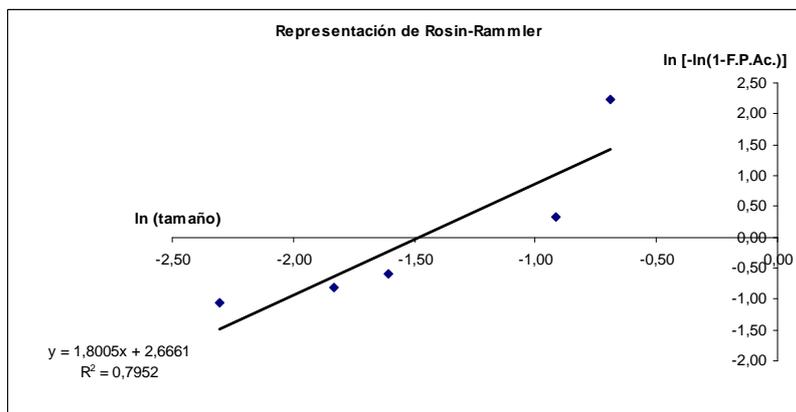


Figura 7.- Representación gráfica de la linealización del modelo según Rosin-Rammler

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{Pasante Ac})] = 1,8005 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 2,6661$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,7962$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 296 \mu\text{m}$$

2.2.2.- Ensayo nº2

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,81	-1,83	-1,68	0,52
0,68	-2,08	-1,14	0,14
0,60	-2,30	-0,93	-0,08

Tabla 357.- Datos para el modelo

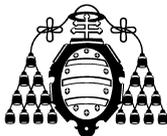
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{Pasante Ac})] = 3,1164 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 6,795$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8047$.



Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 132 \mu\text{m}$$

2.2.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac.)]
1,00	-1,92	-8,52	2,14
0,74	-2,09	-1,35	0,30
0,65	-2,26	-1,04	0,04
0,57	-2,43	-0,84	-0,18
0,48	-2,60	-0,65	-0,43

Tabla 358.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = 3,2716 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 7,7712$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,7526$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

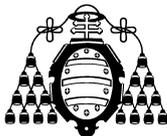
$$P_{80} = 108 \mu\text{m}$$

2.2.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac.)]
1,00	-1,74	-9,21	2,22
0,87	-1,92	-2,03	0,71
0,73	-2,09	-1,33	0,28
0,51	-2,43	-0,71	-0,34
0,43	-2,60	-0,56	-0,58

Tabla 359.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})] = 2,8776 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 6,6625$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8541$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 116 \mu\text{m}$$

2.2.5.- Ensayo nº5.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,74	-9,21	2,22
0,90	-1,92	-2,30	0,83
0,76	-2,09	-1,44	0,36
0,57	-2,43	-0,84	-0,18
0,50	-2,60	-0,70	-0,35

Tabla 360.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})] = 2,6562 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 6,3052$$

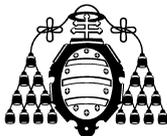
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8437$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 111 \mu\text{m}$$

2.2.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,92	-9,21	2,22
0,83	-2,09	-1,75	0,56
0,60	-2,43	-0,91	-0,09
0,52	-2,60	-0,72	-0,32

Tabla 361.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 3,3404 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 8,1402$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8305$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 101 \mu\text{m}$$

2.2.7.- Ensayo nº7.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,08	-9,21	2,22
0,69	-2,53	-1,16	0,15
0,46	-2,76	-0,62	-0,48

Tabla 362.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

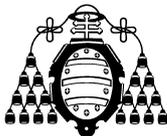
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 4,0333 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 10,536$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9839$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 83 \mu\text{m}$$



2.2.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,30	-9,21	2,22
0,70	-2,53	-1,21	0,19
0,37	-2,76	-0,46	-0,78

Tabla 363.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 6,4556 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 16,885$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9521$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 79 \mu\text{m}$$

2.2.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,30	-9,21	2,22
0,62	-2,53	-0,97	-0,03
0,35	-2,76	-0,43	-0,85

Tabla 364.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

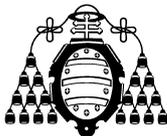
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 6,6058 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 17,165$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9217$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 80 \mu\text{m}$$



2.2.10.- Ensayo nº10.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (1- F. Pasante Ac.)</u>	<u>Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]</u>
1,00	-2,30	-9,21	2,22
0,53	-2,53	-0,75	-0,29
0,25	-2,76	-0,29	-1,26

Tabla 365.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 7,4812 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 19,159$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,928$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 82 \mu\text{m}$$

2.2.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (1- F. Pasante Ac.)</u>	<u>Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]</u>
1,00	-2,30	-9,21	2,22
0,72	-2,53	-1,27	0,24
0,50	-2,76	-0,69	-0,37

Tabla 366.- Datos para el modelo

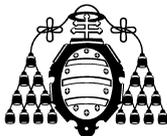
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 5,5629 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 14,778$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,903$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 76 \mu\text{m}$$



2.2.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,77	-1,04	-1,46	0,38
0,61	-1,39	-0,95	-0,05
0,52	-1,71	-0,66	-0,42
0,42	-2,08	-0,86	-0,15
0,33	-2,76	-1,10	0,10

Tabla 367.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 0,8081 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 1,6484$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,3979$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 234 \mu\text{m}$$

2.2.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,08	-9,21	2,22
0,65	-2,53	-1,06	0,05
0,52	-2,76	-0,73	-0,32
0,20	-3,00	-1,60	0,47
0,07	-3,10	-2,63	0,97

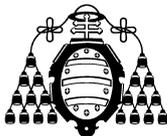
Tabla 368.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 1,2853 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 4,1403$$



Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,2838$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 58 \mu\text{m}$$

2.2.14.- Ensayo nº14.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,08	-9,21	2,22
0,58	-2,53	-0,87	-0,14
0,24	-2,76	-0,27	-1,30

Tabla 369.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = 5,1542 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 12,923$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9995$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 89 \mu\text{m}$$

2.2.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

Frac (P.Ac)	Ln(tamaño)	Ln(1-FPac)	Ln [-Ln(1-FPac)]
1,00	-2,53	-9,21	2,22
0,25	-2,76	-0,29	-1,24
0,09	-3,00	-0,10	-2,32

Tabla 370.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. \text{ Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. \text{ Pasante Ac})] = 9,6777 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 26,286$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9213$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. \text{ Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 69 \mu\text{m}$$

2.2.16.- Ensayo nº16.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,31	-0,92	-0,38	-0,98
0,19	-1,61	-0,21	-1,58
0,16	-1,83	-0,18	-1,73

Tabla 371.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. \text{ Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. \text{ Pasante Ac})] = 2,7635 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 2,9745$$

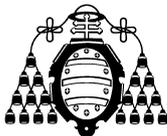
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,6597$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. \text{ Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 405 \mu\text{m}$$

2.2.17.- Ensayo nº17.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,81	-1,83	-1,66	0,51
0,69	-2,08	-1,16	0,15
0,60	-2,30	-0,93	-0,07

Tabla 372.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 3,1016 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 6,7673$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8008$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 132 \mu\text{m}$$

2.2.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,76	-0,92	-1,42	0,35
0,45	-1,61	-0,60	-0,52
0,37	-1,83	-0,47	-0,76

Tabla 373.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 2,2441 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 3,1584$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8189$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 303 \mu\text{m}$$



2.1.19.- Ensayo nº19.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,80	-1,83	-1,62	0,48
0,66	-2,08	-1,08	0,08
0,56	-2,30	-0,82	-0,20

Tabla 374.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante Ac)] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante Ac)] = 3,2845 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 7,0694$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8237$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante Ac)]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 134 \mu\text{m}$$

2.2.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,64	-0,92	-1,01	0,01
0,25	-1,61	-0,29	-1,23
0,17	-1,83	-0,19	-1,67

Tabla 375.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

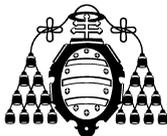
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante Ac)] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante Ac)] = 2,9742 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 3,59$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8635$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante Ac)]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 351 \mu\text{m}$$



2.2.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,74	-1,83	-1,36	0,31
0,57	-2,08	-0,85	-0,17
0,45	-2,30	-0,60	-0,51

Tabla 376.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 3,7115 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 7,7224$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8369$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 142 \mu\text{m}$$

2.2.22.- Ensayo nº22.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,73	-0,92	-1,30	0,27
0,38	-1,61	-0,47	-0,75
0,29	-1,83	-0,34	-1,09

Tabla 377.- Datos para el modelo

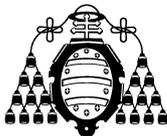
Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 2,5157 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 3,3385$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8471$.



Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 320 \mu\text{m}$$

2.2.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,68	-1,83	-1,14	0,13
0,51	-2,08	-0,71	-0,34
0,40	-2,30	-0,51	-0,67

Tabla 378.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = 3,9129 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 7,9892$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8192$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 147 \mu\text{m}$$

2.2.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,76	-0,92	-1,42	0,35
0,42	-1,61	-0,55	-0,60
0,33	-1,83	-0,40	-0,91

Tabla 379.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{ Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{ Ac})] = 2,3761 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 3,2654$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8422$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{ Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 309 \mu\text{m}$$

2.2.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,77	-1,83	-1,48	0,39
0,62	-2,08	-0,96	-0,05
0,51	-2,30	-0,70	-0,35

Tabla 380.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{ Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{ Ac})] = 3,4919 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 7,385$$

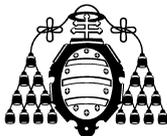
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8295$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{ Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 138 \mu\text{m}$$

2.2.26.- Ensayo nº26.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,83	-9,21	2,22
0,64	-2,08	-1,01	0,01
0,27	-2,30	-0,31	-1,17
0,17	-2,53	-0,19	-1,69

Tabla 381.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 5,6414 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 12,17$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9324$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 126 \mu\text{m}$$

2.2.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,71	-1,83	-1,25	0,22
0,51	-2,08	-0,72	-0,32
0,38	-2,30	-0,48	-0,74

Tabla 382.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

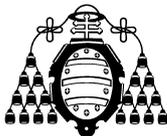
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 4,0428 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 8,2511$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8567$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 146 \mu\text{m}$$



2.2.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,76	-0,92	-1,43	0,36
0,39	-1,61	-0,50	-0,70
0,29	-1,83	-0,35	-1,05

Tabla 383.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 2,5091 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 3,3748$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8631$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 315 \mu\text{m}$$

2.2.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,69	-1,83	-1,18	0,16
0,53	-2,08	-0,75	-0,29
0,41	-2,30	-0,53	-0,64

Tabla 384.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 3,8704 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 7,9332$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8232$.



Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 146 \mu\text{m}$$

2.2.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,83	-9,21	2,22
0,74	-2,08	-1,34	0,30
0,54	-2,30	-0,77	-0,26
0,37	-2,53	-0,46	-0,77

Tabla 385.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = 4,176 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 9,4962$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9015$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

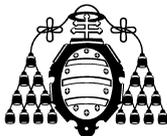
$$P_{80} = 115 \mu\text{m}$$

2.2.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,81	-1,04	-1,65	0,50
0,65	-1,39	-1,05	0,05
0,54	-1,71	-0,61	-0,49
0,42	-2,08	-0,88	-0,13

Tabla 386.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{ Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{ Pasante Ac})] = 1,6415 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 2,6991$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,712$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{ Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 258 \mu\text{m}$$

2.2.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,92	-9,21	2,22
0,91	-1,04	-2,44	0,89
0,72	-1,39	-1,27	0,24
0,59	-1,71	-0,53	-0,64
0,46	-2,08	-0,78	-0,24

Tabla 387.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{ Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{ Pasante Ac})] = 1,9848 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 3,325$$

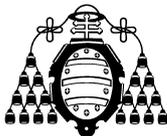
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,724$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - F. \text{ Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1 - 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 238 \mu\text{m}$$

2.2.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,08	-9,21	2,22
0,60	-2,53	-0,92	-0,09
0,38	-2,76	-0,48	-0,73
0,14	-3,00	-1,97	0,68

Tabla 388.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\begin{aligned} \text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] &= a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b \\ \text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] &= 2,1414 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 6,0678 \end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,4341$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 73 \mu\text{m}$$

2.2.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,53	-9,21	2,22
0,73	-2,76	-1,29	0,26
0,43	-3,00	-0,55	-0,59

Tabla 389.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

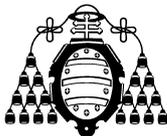
$$y = a x + b$$

$$\begin{aligned} \text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] &= a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b \\ \text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] &= 5,9956 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 17,188 \end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,954$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 62 \mu\text{m}$$



2.2.35.- Ensayo nº35.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,66	-1,83	-1,08	0,08
0,46	-2,08	-0,61	-0,49
0,34	-2,30	-0,42	-0,86

Tabla 390.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 4,205 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 8,4608$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8401$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 150 \mu\text{m}$$

2.2.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,08	-9,21	2,22
0,61	-2,53	-0,94	-0,06
0,38	-2,76	-0,48	-0,74
0,14	-3,00	-1,94	0,66

Tabla 391.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 2,1601 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 6,1172$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,4432$.



Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 73 \mu\text{m}$$

2.2.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-2,53	-9,21	2,22
0,37	-2,76	-0,46	-0,77
0,07	-3,00	-0,07	-2,70

Tabla 392.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})] = 10,48 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 28,53$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9871$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- F. \text{Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [-\text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

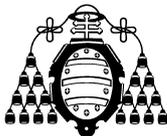
$$P_{80} = 69 \mu\text{m}$$

2.2.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,80	-0,92	-1,59	0,46
0,54	-1,61	-0,78	-0,25
0,46	-1,83	-0,62	-0,48

Tabla 393.- Datos para el modelo



Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})] = 2,0095 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 3,0243$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,7995$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 281 \mu\text{m}$$

2.2.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,84	-1,83	-1,82	0,60
0,59	-2,08	-0,90	-0,11
0,47	-2,30	-0,63	-0,46

Tabla 394.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$
$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})] = 3,7492 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 7,8961$$

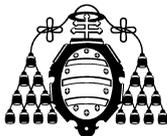
Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8974$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- F. Pasante \text{Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 138 \mu\text{m}$$

2.2.40.- Ensayo nº40.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.



<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (1- F. Pasante Ac.)</u>	<u>Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]</u>
1,00	-0,69	-9,21	2,22
0,82	-0,92	-1,69	0,53
0,53	-1,61	-0,75	-0,29
0,45	-1,83	-0,60	-0,52

Tabla 395.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 2,0722 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 3,1012$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8265$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 282 \mu\text{m}$$

2.2.41.- Ensayo nº41.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

<u>F. Pasante Ac.</u>	<u>Ln (tamaño)</u>	<u>Ln (1- F. Pasante Ac.)</u>	<u>Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac)]</u>
1,00	-1,61	-9,21	2,22
0,81	-1,83	-1,68	0,52
0,68	-2,08	-1,14	0,13
0,57	-2,30	-0,84	-0,18

Tabla 396.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 3,2506 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 7,0302$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,8312$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 133 \mu\text{m}$$



2.2.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Se calcula el logaritmo neperiano del tamaño de partícula y el doble logaritmo neperiano de la fracción de rechazo acumulado. Teniendo en cuenta que la fracción del pasante acumulado y del rechazo suma uno, resulta más sencillo trabajar con la fracción de pasante acumulado.

F. Pasante Ac.	Ln (tamaño)	Ln (1- F. Pasante Ac.)	Ln [-Ln(1- F. Pasante Ac.)]
1,00	-2,30	-9,21	2,22
0,60	-2,53	-0,92	-0,09
0,28	-2,76	-0,33	-1,10

Tabla 397.- Datos para el modelo

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = a \text{Ln}(\text{tamaño}) + b$$

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})] = 7,1438 \text{Ln}(\text{tamaño}) + 18,426$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,9426$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- \text{F. Pasante Ac})]$ por $\text{Ln} [- \text{Ln} (1- 0,80)]$, obteniendo un valor:

$$P_{80} = 81 \mu\text{m}$$

2.3.- Representación Log-Normal.

2.3.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

Ln D	Z
6,215	3,72
5,99	0,67
5,30	-0,19
5,08	-0,36
4,61	-0,54

Tabla 398.- Datos para el modelo

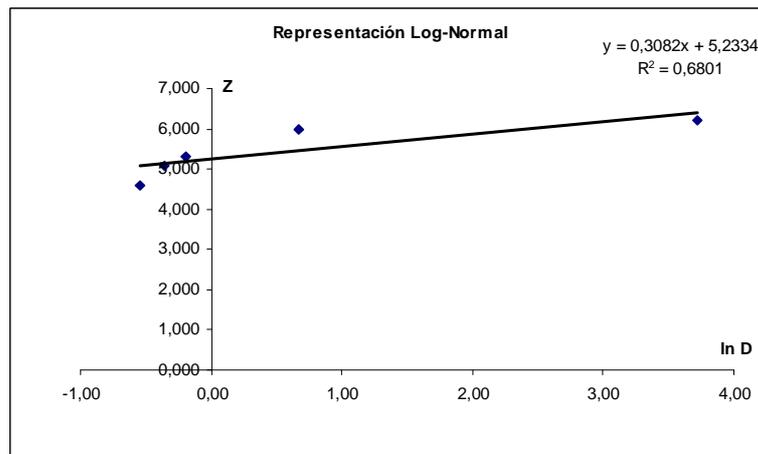
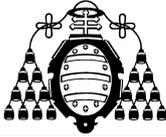


Figura 8.- Representación gráfica Log-Normal

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x + b$$
$$\ln D = \alpha * Z + \beta$$
$$\ln D = 0,28 * Z + 5,40$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,680$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 277 \mu\text{m}$$

2.3.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$y = a x + b$$
$$\ln D = \alpha * Z + \beta$$
$$\ln D = 0,10 * Z + 4,93$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,742$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 150 \mu\text{m}$$



2.3.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,15 * Z + 4,51\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,671$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 102 \mu\text{m}$$

2.3.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,19 * Z + 4,54\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,738$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 110 \mu\text{m}$$

2.3.5.- Ensayo nº5.

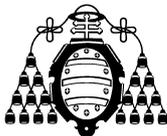
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,20 * Z + 4,51\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,737$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 107 \mu\text{m}$$



2.3.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,16 * Z + 4,45\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,747$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 97 \mu\text{m}$$

2.3.7.- Ensayo nº7.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,17 * Z + 4,22\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,957$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 78 \mu\text{m}$$

2.3.8.- Ensayo nº8.

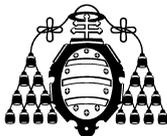
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,10 * Z + 4,24\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,890$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 76 \mu\text{m}$$



2.3.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,10 * Z + 4,26\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,859$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 76 \mu m}$$

2.3.10.- Ensayo nº10.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,09 * Z + 4,28\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,859$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 78 \mu m}$$

2.3.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,11 * Z + 4,22\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,850$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 74 \mu m}$$



2.3.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,38 * Z + 5,03\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,614$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 208 \mu m}$$

2.3.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,20 * Z + 4,14\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,947$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 74 \mu m}$$

2.3.14.- Ensayo nº14.

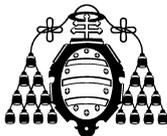
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,15 * Z + 4,29\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,976$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 82 \mu m}$$



2.3.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,8 * Z + 4,10\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,852$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 64 \mu m}$$

2.3.16.- Ensayo nº16.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,18 * Z + 5,64\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2= 0,582$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 324 \mu m}$$

2.3.17.- Ensayo nº17.

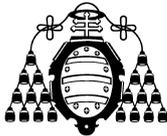
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,10 * Z + 4,93\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,739$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 150 \mu m}$$



2.3.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,19 * Z + 5,62\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,717$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 321 \mu m}$$

2.3.19.- Ensayo nº19.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,10 * Z + 4,93\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,754$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 150 \mu m}$$

2.3.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,20 * Z + 5,63\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,739$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 326 \mu m}$$



2.3.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,11 * Z + 4,93\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,759$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 151 \mu m}$$

2.3.22.- Ensayo nº22.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,20 * Z + 5,62\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,736$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 324 \mu m}$$

2.3.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,11 * Z + 4,94\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,742$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 152 \mu m}$$



2.3.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,20 * Z + 5,62\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,735$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 322 \mu m}$$

2.3.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,10 * Z + 4,93\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,756$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 151 \mu m}$$

2.3.26.- Ensayo nº26.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,12 * Z + 4,71\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,839$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 122 \mu m}$$



2.3.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,11 * Z + 4,94\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,771$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 152 \mu\text{m}$$

2.3.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,20 * Z + 5,62\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,753$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 323 \mu\text{m}$$

2.3.29.- Ensayo nº29.

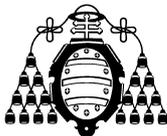
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,11 * Z + 4,94\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,745$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 152 \mu\text{m}$$



2.3.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,11 * Z + 4,71\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,817$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 121 \mu m}$$

2.3.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,3 * Z + 5,24\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,738$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 239 \mu m}$$

2.3.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,26 Z + 5,18\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,694$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 219 \mu m}$$



2.3.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,18 * Z + 4,20\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,937$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 77 \mu m}$$

2.3.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,11 * Z + 4,00\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,899$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 59 \mu m}$$

2.3.35.- Ensayo nº35.

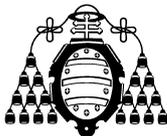
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,11 * Z + 4,94\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,755$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 152 \mu m}$$



2.3.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,18 * Z + 4,20\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,938$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 77 \mu m}$$

2.3.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,08 Z + 4,09\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,915$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 64 \mu m}$$

2.3.38.- Ensayo nº38.

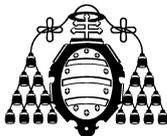
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln D} &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln D} &= 0,18 * Z + 5,61\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,707$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$\mathbf{P_{80} = 318 \mu m}$$



2.3.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,11 * Z + 4,93\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,818$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 151 \mu\text{m}$$

2.3.40.- Ensayo nº40.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,19 * Z + 5,61\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,730$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 318 \mu\text{m}$$

2.3.41.- Ensayo nº41.

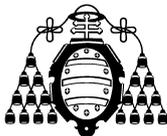
Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,10 * Z + 4,93\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,761$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 150 \mu\text{m}$$



2.3.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I. Para poder realizar la linealización hay que tener en cuenta las fracciones del pasante acumulado. Se calculan los valores de Ln D y de Z:

$$\begin{aligned}y &= a x + b \\ \text{Ln } D &= \alpha * Z + \beta \\ \text{Ln } D &= 0,09 * Z + 4,27\end{aligned}$$

Esta recta tiene un coeficiente de correlación $R^2=0,875$.

Como el valor que se desea calcular es P_{80} , se sustituye en la ecuación Z por 0,80 obteniendo un valor:

$$P_{80} = 77 \mu\text{m}$$

2.4.- Representación Log-Cartesiana.

2.4.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,70
400	74,95	2,60

Tabla 399.- Datos para el modelo

Representación Log-Cartesiana

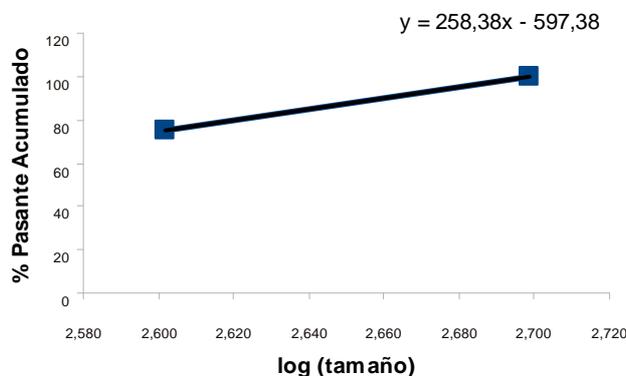


Figura 9.- Representación Log-Cartesiana

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 418 \mu\text{m}$$



2.4.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
160	81,37	2,20
125	68,17	2,10

Tabla 400.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 156 \mu\text{m}$$

2.4.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
147	99,98	2,17
124	74,09	2,09

Tabla 401.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 129 \mu\text{m}$$

2.4.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
147	86,92	2,17
124	73,46	2,09

Tabla 402.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 135 \mu\text{m}$$



2.4.5.- Ensayo nº5.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
147	90,02	2,17
124	76,23	2,09

Tabla 403.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 130 \mu\text{m}$$

2.4.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
124	82,64	2,09
88	59,93	1,94

Tabla 404.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 119 \mu\text{m}$$

2.4.7.- Ensayo nº7

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
125	99,99	2,10
80	68,54	1,90

Tabla 405.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 94 \mu\text{m}$$



2.4.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
100	99,99	2,00
80	70,3	1,90

Tabla 406.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 86 \mu\text{m}$$

2.4.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
100	99,99	2,00
80	62	1,90

Tabla 407.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 89 \mu\text{m}$$

2.4.10.- Ensayo nº10.

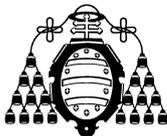
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
100	99,99	2,00
80	52,6	1,90

Tabla 408.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 91 \mu\text{m}$$



2.4.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
100	99,99	2,00
80	72	1,90

Tabla 409.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 85 \mu\text{m}$$

2.4.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,70
355	76,8	2,55

Tabla 410.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 372 \mu\text{m}$$

2.4.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
125	99,99	2,10
80	65,2	1,90

Tabla 411.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 97 \mu\text{m}$$



2.4.14.- Ensayo nº14.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
125	99,99	2,10
80	58,1	1,90

Tabla 412.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 101 \mu\text{m}$$

2.4.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
80	99,99	1,90
63	25,2	1,80

Tabla 413.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 75 \mu\text{m}$$

2.4.16.- Ensayo nº16.

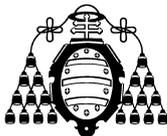
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,70
400	31,37	2,60

Tabla 414.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 469 \mu\text{m}$$



2.4.17.- Ensayo nº17.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
160	81	2,20
125	68,7	2,10

Tabla 415.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 157 \mu\text{m}$$

2.4.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,70
400	75,8	2,60

Tabla 416.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 416 \mu\text{m}$$

2.4.19.- Ensayo nº19.

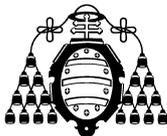
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
160	80,16	2,20
125	66,17	2,10

Tabla 417.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 160 \mu\text{m}$$



2.4.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,70
400	63,64	2,60

Tabla 418.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 442 \mu\text{m}$$

2.4.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
200	99,99	2,30
160	74,31	2,20

Tabla 419.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 168 \mu\text{m}$$

2.4.22.- Ensayo nº22.

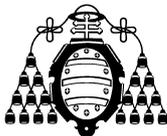
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,70
400	72,88	2,60

Tabla 420.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 424 \mu\text{m}$$



2.4.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
200	99,99	2,30
160	68,03	2,20

Tabla 421.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 174 \mu\text{m}$$

2.4.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,70
400	75,84	2,60

Tabla 422.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 416 \mu\text{m}$$

2.4.25.- Ensayo nº25.

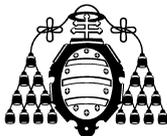
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
200	99,99	2,30
160	77,32	2,20

Tabla 423.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 164 \mu\text{m}$$



2.4.26.- Ensayo nº26.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
160	99,99	2,20
125	63,67	2,10

Tabla 424.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 140 \mu\text{m}$$

2.4.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
200	99,99	2,30
160	71,27	2,20

Tabla 425.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 171 \mu\text{m}$$

2.4.28.- Ensayo nº28.

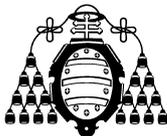
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
500	99,99	2,70
400	76,06	2,60

Tabla 426.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 415 \mu\text{m}$$



2.4.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>	<u>log (tamaño)</u>
200	99,99	2,30
160	69,12	2,20

Tabla 427.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 173 \mu\text{m}$$

2.4.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>	<u>log (tamaño)</u>
160	99,99	2,20
125	73,92	2,10

Tabla 428.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 132 \mu\text{m}$$

2.4.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>	<u>log (tamaño)</u>
355	80,8	2,55
250	65,1	2,40

Tabla 429.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 349 \mu\text{m}$$



2.4.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>	<u>log (tamaño)</u>
355	91,3	2,55
250	71,8	2,40

Tabla 430.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 290 \mu\text{m}$$

2.4.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>	<u>log (tamaño)</u>
125	99,99	2,10
80	60	1,90

Tabla 431.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 100 \mu\text{m}$$

2.4.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

<u>Tamaño (µm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>	<u>log (tamaño)</u>
80	99,99	1,90
63	72,5	1,80

Tabla 432.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 67 \mu\text{m}$$



2.4.35.- Ensayo nº35.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
200	99,99	2,30
160	65,99	2,20

Tabla 433.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 175 \mu\text{m}$$

2.4.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
125	99,99	2,10
80	60,9	1,90

Tabla 434.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 99 \mu\text{m}$$

2.4.37.- Ensayo nº37.

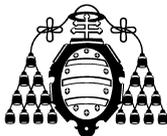
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
80	99,99	2,00
63	37,1	1,57

Tabla 435.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 73 \mu\text{m}$$



2.4.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
3150	99,99	3,50
2000	76,75	3,30

Tabla 436.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 2131 \mu\text{m}$$

2.4.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
160	83,72	2,20
125	59,19	2,10

Tabla 437.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 154 \mu\text{m}$$

2.4.40.- Ensayo nº40.

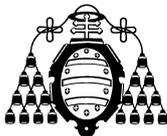
Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
400	81,58	2,60
200	52,61	2,30

Tabla 438.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 385 \mu\text{m}$$



2.4.41.- Ensayo nº41.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
160	81,36	2,20
125	67,95	2,09

Tabla 439.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 156 \mu\text{m}$$

2.4.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material. A continuación se calculan los logaritmos del tamaño de partícula:

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.	log (tamaño)
100	99,99	2,00
80	60	1,90

Tabla 440.- Datos para el modelo

Con estos datos se realiza la interpolación para un 80% de pasante acumulado, obteniendo el siguiente valor:

$$P_{80} = 89 \mu\text{m}$$

2.5.- Representación Cartesiana-Cartesiana

2.5.1.- Ensayo nº1

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	74,95

Tabla 441.- Datos para el modelo

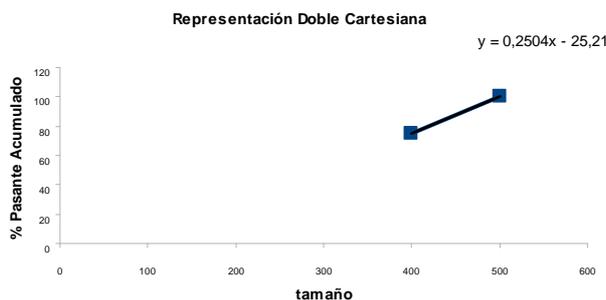


Figura 10- Representación Cartesiana-Cartesiana

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac} = 0,25404 * \text{Tamaño} - 25,21$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 420 \mu\text{m}$$

2.5.2.- Ensayo nº2.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
160	81,37
125	68,17

Tabla 442.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

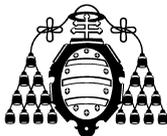
$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,3771 * \text{Tamaño} + 21,027$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 156 \mu\text{m}$$

2.5.3.- Ensayo nº3.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

<u>Tamaño (μm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
147	99,98
124	74,09

Tabla 443.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 1,1257 * \text{Tamaño} - 65,491$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 129 \mu\text{m}$$

2.5.4.- Ensayo nº4.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (μm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
147	86,92
124	73,46

Tabla 444.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,5852 * \text{Tamaño} + 0,893$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 135 \mu\text{m}$$

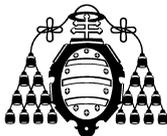
2.5.5.- Ensayo nº5.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

<u>Tamaño (μm)</u>	<u>% Pasante Ac.</u>
147	90,02
124	76,23

Tabla 445.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:



$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,5996 * \text{Tamaño} + 1,8839$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 130 \mu\text{m}$$

2.5.6.- Ensayo nº6.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
124	82,64
88	59,93

Tabla 446.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,6308 * \text{Tamaño} + 4,4167$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 120 \mu\text{m}$$

2.5.7.- Ensayo nº7.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
125	99,99
80	68,54

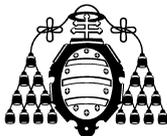
Tabla 447.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,6989 * \text{Tamaño} + 12,629$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 96 \mu\text{m}$$



2.5.8.- Ensayo nº8.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
100	99,99
80	70,3

Tabla 448.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 1,4845 * \text{Tamaño} - 48,46$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 87 \mu\text{m}$$

2.5.9.- Ensayo nº9.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
100	99,99
80	62

Tabla 449.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

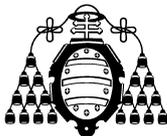
$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 1,8995 * \text{Tamaño} - 89,96$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 89 \mu\text{m}$$

2.5.10.- Ensayo nº10.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
100	99,99
80	52,6

Tabla 450.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$= a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 2,3695 * \text{Tamaño} - 136,96$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 92 \mu\text{m}$$

2.5.11.- Ensayo nº11.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
100	99,99
80	72

Tabla 451.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 1,3995 * \text{Tamaño} - 39,96$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 86 \mu\text{m}$$

2.5.12.- Ensayo nº12.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
355	76,8

Tabla 452.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:



$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,1599 * \text{Tamaño} + 20,024$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 375 \mu\text{m}$$

2.5.13.- Ensayo nº13.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
125	99,99
80	65,2

Tabla 453.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,7731 * \text{Tamaño} + 3,3511$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 99 \mu\text{m}$$

2.5.14.- Ensayo nº14.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
125	99,99
80	58,1

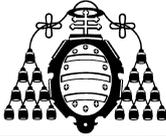
Tabla 454.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,9309 * \text{Tamaño} - 16,371$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 104 \mu\text{m}$$



2.5.15.- Ensayo nº15.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
80	99,99
63	25,2

Tabla 455.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 4,3994 * \text{Tamaño} - 251,96$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 75 \mu\text{m}$$

2.5.16.- Ensayo nº16.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	31,37

Tabla 456.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

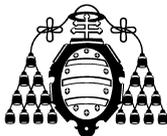
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,6862 * \text{Tamaño} - 243,11$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 471 \mu\text{m}$$

2.5.17.- Ensayo nº17.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
160	81
125	68,7

Tabla 457.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,3514 * \text{Tamaño} + 24,771$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 157 \mu\text{m}$$

2.5.18.- Ensayo nº18.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	75,8

Tabla 458.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,2419 * \text{Tamaño} - 20,96$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 417 \mu\text{m}$$

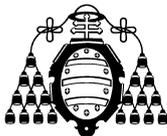
2.5.19.- Ensayo nº19.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
160	80,16
125	66,17

Tabla 459.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:



$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,3997 * \text{Tamaño} + 16,206$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 160 \mu\text{m}$$

2.5.20.- Ensayo nº20.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	63,64

Tabla 460.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,3635 * \text{Tamaño} - 81,76$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 445 \mu\text{m}$$

2.5.21.- Ensayo nº21.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	99,99
160	74,31

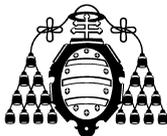
Tabla 461.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,642 * \text{Tamaño} - 28,41$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 169 \mu\text{m}$$



2.5.22.- Ensayo nº22.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	72,88

Tabla 462.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,2711 * \text{Tamaño} - 35,56$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 426 \mu\text{m}$$

2.5.23.- Ensayo nº23.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
200	99,99
160	68,03

Tabla 463.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

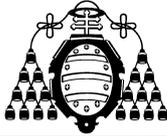
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,799 * \text{Tamaño} - 59,81$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 175 \mu\text{m}$$

2.5.24.- Ensayo nº24.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	75,84

Tabla 464.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,2415 * \text{Tamaño} - 20,76$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 417 \mu\text{m}$$

2.5.25.- Ensayo nº25.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	99,99
160	77,32

Tabla 465.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,5667 * \text{Tamaño} - 13,36$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

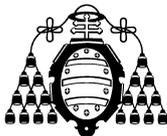
$$P_{80} = 165 \mu\text{m}$$

2.5.26.- Ensayo nº26.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
160	99,99
125	63,67

Tabla 466.- Datos para el modelo



Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 1,0377 * \text{Tamaño} - 66,044$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 141 \mu\text{m}$$

2.5.27.- Ensayo nº27.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	99,99
160	71,27

Tabla 467.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,718 * \text{Tamaño} - 43,61$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 172 \mu\text{m}$$

2.5.28.- Ensayo nº28.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	76,06

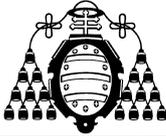
Tabla 468.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,2393 * \text{Tamaño} - 19,66$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 417 \mu\text{m}$$



2.5.29.- Ensayo nº29.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
200	99,99
160	69,12

Tabla 469.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,7717 * \text{Tamaño} - 54,36$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 174 \mu\text{m}$$

2.5.30.- Ensayo nº30.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
160	99,99
125	73,92

Tabla 470.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

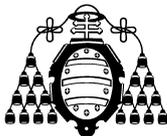
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,7449 * \text{Tamaño} - 19,187$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 133 \mu\text{m}$$

2.5.31.- Ensayo nº31.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
355	80,8
250	65,1

Tabla 471.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,1495 * \text{Tamaño} + 27,719$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 350 \mu\text{m}$$

2.5.32.- Ensayo nº32.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
355	91,3
250	71,8

Tabla 472.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,1857 * \text{Tamaño} + 25,371$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 294 \mu\text{m}$$

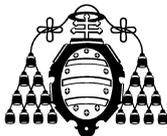
2.5.33.- Ensayo nº33.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
125	99,99
80	60

Tabla 473.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:



$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,8887 * \text{Tamaño} - 11,093$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 103 \mu\text{m}$$

2.5.34.- Ensayo nº34.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
80	99,99
63	72,5

Tabla 474.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 1,6171 * \text{Tamaño} - 29,375$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 68 \mu\text{m}$$

2.5.35.- Ensayo nº35.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
200	99,99
160	65,99

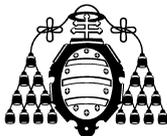
Tabla 475.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,85 * \text{Tamaño} - 70,01$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 176 \mu\text{m}$$



2.5.36.- Ensayo nº36.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
125	99,99
80	60,9

Tabla 476.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,8687 * \text{Tamaño} - 8,5933$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 102 \mu\text{m}$$

2.5.37.- Ensayo nº37.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (µm)	% Pasante Ac.
80	99,99
63	37,1

Tabla 477.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

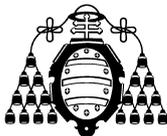
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 3,6994 * \text{Tamaño} - 195,96$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 75 \mu\text{m}$$

2.5.38.- Ensayo nº38.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
500	99,99
400	79,52

Tabla 478.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,2047 * \text{Tamaño} - 2,36$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 402 \mu\text{m}$$

2.5.39.- Ensayo nº39.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
160	83,72
125	59,19

Tabla 479.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$

$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,7009 * \text{Tamaño} - 28,417$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 155 \mu\text{m}$$

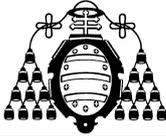
2.5.40.- Ensayo nº40.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
400	81,58
200	52,61

Tabla 480.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:



$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,1449 * \text{Tamaño} + 23,64$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 389 \mu\text{m}$$

2.5.41.- Ensayo nº41.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
160	81,36
125	67,95

Tabla 481.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 0,3831 * \text{Tamaño} + 20,057$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 156 \mu\text{m}$$

2.5.42.- Ensayo nº42.

Se toman los datos de los dos puntos más cercanos al 80% de pasante acumulado de la granulometría inicial del material.

Tamaño (μm)	% Pasante Ac.
100	99,99
80	60

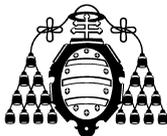
Tabla 482.- Datos para el modelo

Con estos valores se calcula la ecuación de la recta que pasa por dichos puntos:

$$y = a x + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = a * \text{Tamaño} + b$$
$$\% \text{ Pasante Ac.} = 1,9995 * \text{Tamaño} - 99,96$$

Sustituyendo el % de pasante acumulado por 80, se obtiene:

$$P_{80} = 90 \mu\text{m}$$



2.6.- Representación mediante Splines.

2.6.1.- Ensayo nº1.

Se toman los datos de la granulometría de los materiales indicados en el Anexo I y ordenados de manera ascende. Para este caso, el tamaño de partícula se representa en el eje de ordenadas y el porcentaje de pasante acumulado en el eje de abscisas.

% Pasante Ac.	Tamaño (µm)
29,45	100
35,88	160
42,5	200
74,95	400
99,99	500

Tabla 483.- Datos para el modelo

Coefficientes	*x ³	*x ²	*x	Independiente
Polinomio 1:	-0,021	1,813	-43,203	324,249
Polinomio 2:	0,023	-2,920	126,587	-1706,431
Polinomio 3:	-0,002	0,261	-8,600	208,715
Polinomio 4:	0,001	-0,305	33,834	-851,438

Tabla 484.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

Estos valores se aproximan a una recta, dando como resultado:

$$y = a x^3 + b x^2 + c x + d$$

$$\text{Tamaño} = a * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + b * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + c * (\% \text{ Pasante Ac}) + d$$

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,305 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 33,834 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 851,438$$

Para un 80% de pasante acumulado, se obtiene el tamaño de partícula:

$$P_{80} = 425 \mu\text{m}$$

2.6.2.- Ensayo nº2.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-0,001	0,269	-12,920	227,238
Polinomio 2:	0,000	-0,128	14,134	-387,521
Polinomio 3:	0,000	-0,089	10,925	-300,487

Tabla 485.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 *(\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,089 *(\% \text{ Pasante Ac})^2 + 10,925 *(\% \text{ Pasante Ac}) - 300,487$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 157 \mu\text{m}$$

2.6.3.- Ensayo nº3.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	0,000	0,047	-0,256	27,174
Polinomio 2:	0,000	-0,036	3,990	-44,736
Polinomio 3:	0,001	-0,108	9,238	-173,236
Polinomio 4:	-0,001	0,181	-15,860	553,919

Tabla 486.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

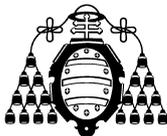
$$\text{Tamaño} = - 0,001 *(\% \text{ Pasante Ac})^3 + 0,181 *(\% \text{ Pasante Ac})^2 - 15,860 *(\% \text{ Pasante Ac}) + 553,919$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 135 \mu\text{m}$$

2.6.4.- Ensayo nº4.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	0,047	-0,256	27,174
Polinomio 2:	0,000	-0,036	3,990	-44,736
Polinomio 3:	0,001	-0,108	9,238	-173,236
Polinomio 4:	-0,001	0,181	-15,860	553,919

Tabla 487.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 0,181 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 15,860 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 553,919$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 135 \mu\text{m}$$

2.6.5.- Ensayo nº5.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,001	0,093	-2,459	40,854
Polinomio 2:	0,000	0,015	1,931	-42,255
Polinomio 3:	0,002	-0,569	46,515	-1175,130
Polinomio 4:	-0,003	0,783	-75,271	2479,278

Tabla 488.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,003 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 0,783 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 75,271 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 2479,278$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 129 \mu\text{m}$$

2.6.6.- Ensayo nº6.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:



Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-4,16E-06	6,43E-04	1,63E+00	-1,10E+01
Polinomio 2:	-1,41E-04	2,52E-02	1,57E-01	1,84E+01
Polinomio 3:	1,86E-04	-5,58E-02	6,85E+00	-1,66E+02

Tabla 489.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 1,86\text{E-}04 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 5,58\text{E-}02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 6,85\text{E+}00 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 1,66\text{E+}02$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 120 \mu\text{m}$$

2.6.7.- Ensayo nº7.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	-0,038	2,391	7,313
Polinomio 2:	0,000	0,060	-4,332	160,906

Tabla 4.90.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 0,060 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 4,332 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 160,906$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

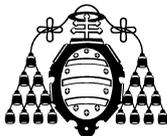
$$P_{80} = 94 \mu\text{m}$$

2.6.8.- Ensayo nº8.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	3,91E-05	-4,32E-03	6,25E-01	4,39E+01
Polinomio 2:	-4,39E-05	1,32E-02	-6,06E-01	7,27E+01

Tabla 491.- Coeficientes de los polinomios de la Spline



El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -4,39\text{E-}05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 1,32\text{E-}02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 6,06\text{E-}01 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 7,27\text{E+}01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 86 \mu\text{m}$$

2.6.9.- Ensayo nº9.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-2,78E-05	2,90E-03	5,45E-01	4,17E+01
Polinomio 2:	1,99E-05	-5,97E-03	1,09E+00	3,03E+01

Tabla 492.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -1,99\text{E-}05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 5,97\text{E-}03 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 1,09\text{E+}00 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 3,03\text{E+}01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 90 \mu\text{m}$$

2.6.10.- Ensayo nº10.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-4,53E-05	3,37E-03	5,63E-01	4,77E+01
Polinomio 2:	2,66E-05	-7,98E-03	1,16E+00	3,72E+01

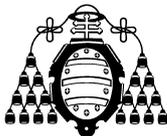
Tabla 493.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 2,66\text{E-}05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 7,98\text{E-}03 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 1,16\text{E+}00 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 3,72\text{E+}01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 93 \mu\text{m}$$



2.6.11.- Ensayo nº11.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-2,65E-05	3,97E-03	5,87E-01	2,70E+01
Polinomio 2:	2,08E-05	-6,24E-03	1,32E+00	9,40E+00

Tabla 494.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 2,08\text{E-}05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 6,24\text{E-}03 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 1,32\text{E+}00 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 9,40\text{E+}00$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 86 \mu\text{m}$$

2.6.12.- Ensayo nº12.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-0,004	0,431	-7,200	-14,583
Polinomio 2:	0,010	-1,412	70,931	-1118,833
Polinomio 3:	-0,008	1,442	-77,198	1443,796
Polinomio 4:	0,001	-0,275	28,233	-714,017
Polinomio 5:	0,000	-0,041	10,264	-254,019

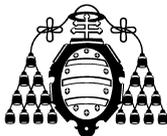
Tabla 495.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,041 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 10,264 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 254,019$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 375 \mu\text{m}$$



2.6.13.- Ensayo nº13.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	0,006	0,388	42,003
Polinomio 2:	0,000	-0,038	1,275	36,031
Polinomio 3:	-0,001	0,170	-9,476	221,315
Polinomio 4:	0,000	-0,010	2,250	-33,544

Tabla 496.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,010 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 2,250 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 33,544$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 100 \mu\text{m}$$

2.6.14.- Ensayo nº14.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	-0,008	0,557	52,706
Polinomio 2:	0,000	0,027	-1,482	92,212

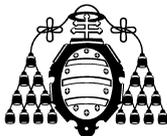
Tabla 497.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 0,027 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 1,482 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 92,212$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 101 \mu\text{m}$$



2.6.15.- Ensayo nº15.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	0,006	0,820	41,950
Polinomio 2:	0,000	-0,013	1,300	37,918

Tabla 498.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,013 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 1,300 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 37,918$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 80 \mu\text{m}$$

2.6.16.- Ensayo nº16.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,007	-0,339	21,855	-135,529
Polinomio 2:	-0,008	0,521	5,789	-35,438
Polinomio 3:	0,001	-0,391	34,386	-334,468

Tabla 499.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

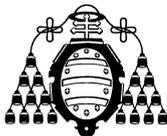
$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,391 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 34,386 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 334,468$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 583 \mu\text{m}$$

2.6.17.- Ensayo nº17.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	0,025	1,557	-54,041
Polinomio 2:	-0,001	0,172	-8,583	178,160
Polinomio 3:	0,001	-0,183	20,195	-598,844

Tabla 500.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,183 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 20,195 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 598,844$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 157 \mu\text{m}$$

2.6.18.- Ensayo nº18.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,004	-0,395	19,949	-218,032
Polinomio 2:	-0,002	0,319	-12,105	262,135
Polinomio 3:	0,001	-0,356	38,988	-1028,800

Tabla 501.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,356 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 38,988 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 1028,800$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

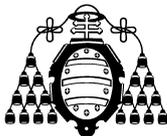
$$P_{80} = 422 \mu\text{m}$$

2.6.19.- Ensayo nº19.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	-0,067	6,090	-101,488
Polinomio 2:	-0,001	0,185	-10,539	265,285
Polinomio 3:	0,000	-0,121	13,986	-390,009

Tabla 502.- Coeficientes de los polinomios de la Spline



El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,121 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 13,986 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 390,009$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 160 \mu\text{m}$$

2.6.20.- Ensayo nº20.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	0,002	-0,078	6,063	71,240
Polinomio 2:	-0,001	0,102	1,481	110,094
Polinomio 3:	0,001	-0,164	18,425	-249,350

Tabla 503.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,164 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 18,425 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 249,350$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 455 \mu\text{m}$$

2.6.21.- Ensayo nº21.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	7,34E-05	-9,94E-03	2,52E+00	-3,94E-01
Polinomio 2:	-3,87E-04	6,90E-02	-1,99E+00	8,55E+01
Polinomio 3:	2,25E-04	-6,74E-02	8,15E+00	-1,66E+02

Tabla 504.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 2,25E-04 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 6,74E-02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 8,15E+00 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 1,66E+02$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 170 \mu\text{m}$$



2.6.22.- Ensayo nº22.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,002	-0,211	10,356	-21,063
Polinomio 2:	-0,001	0,205	-5,271	174,426
Polinomio 3:	0,001	-0,243	27,377	-618,691

Tabla 505.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,243 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 27,377 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 618,691$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 432 \mu\text{m}$$

2.6.23.- Ensayo nº23.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	0,035	0,973	23,578
Polinomio 2:	0,000	0,029	1,252	18,836
Polinomio 3:	0,000	-0,070	7,996	-134,088

Tabla 506.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,070 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 7,996 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 134,088$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 178 \mu\text{m}$$



2.6.24.- Ensayo nº24.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	0,003	-0,289	13,868	-87,985
Polinomio 2:	-0,001	0,260	-9,234	236,135
Polinomio 3:	0,001	-0,285	32,074	-808,114

Tabla 507.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,285 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 32,074 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 808,114$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 421 \mu\text{m}$$

2.6.25.- Ensayo nº25.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	6,19E-05	-9,40E-03	2,74E+00	-2,27E+01
Polinomio 2:	-4,26E-04	8,06E-02	-2,80E+00	9,09E+01
Polinomio 3:	2,66E-04	-7,99E-02	9,62E+00	-2,29E+02

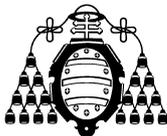
Tabla 508.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 2,66\text{E-}04 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 7,99\text{E-}02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 9,62\text{E+}00 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 2,29\text{E+}02$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 165 \mu\text{m}$$



2.6.26.- Ensayo nº26.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-0,002	0,091	0,698	50,944
Polinomio 2:	0,001	-0,103	5,852	5,245
Polinomio 3:	0,000	0,052	-4,052	215,427

Tabla 509.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 0,052 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 4,052 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 215,427$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 138 \mu\text{m}$$

2.6.27.- Ensayo nº27.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	1,0E-05	-1,1E-03	1,9E+00	3,0E+01
Polinomio 2:	-2,0E-04	3,2E-02	1,8E-01	5,9E+01
Polinomio 3:	1,4E-04	-4,1E-02	5,3E+00	-6,4E+01

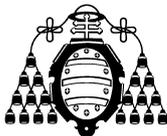
Tabla 510.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 1,4E-04 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 4,1E-02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 5,3E+00 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 6,4E+01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 173 \mu\text{m}$$



2.6.28.- Ensayo nº28.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,002	-0,186	9,389	-9,095
Polinomio 2:	-0,001	0,178	-4,865	176,912
Polinomio 3:	0,001	-0,205	24,320	-563,020

Tabla 511.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,205 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 24,320 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 563,020$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 419 \mu\text{m}$$

2.6.29.- Ensayo nº29.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,000	-0,033	3,426	-3,254
Polinomio 2:	-0,001	0,132	-5,264	149,515
Polinomio 3:	0,000	-0,092	10,188	-206,498

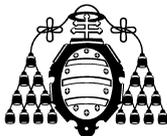
Tabla 512.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,092 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 10,188 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 206,498$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 177 \mu\text{m}$$



2.6.30.- Ensayo nº30.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coefficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	3,38E-05	-3,74E-03	1,31E+00	3,49E+01
Polinomio 2:	1,80E-05	-1,20E-03	1,18E+00	3,74E+01
Polinomio 3:	-3,58E-05	1,07E-02	2,94E-01	5,91E+01

Tabla 513.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -3,58\text{E-}05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 1,07\text{E-}02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 2,94\text{E-}01 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 5,91\text{E+}01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 133 \mu\text{m}$$

2.6.31.- Ensayo nº31.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coefficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	0,003	-0,433	21,889	-285,508
Polinomio 2:	-0,005	0,874	-48,843	990,035
Polinomio 3:	0,001	-0,282	26,428	-643,353
Polinomio 4:	-0,001	0,219	-14,079	447,630

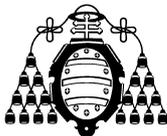
Tabla 514.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 0,219 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 14,079 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 447,630$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 349 \mu\text{m}$$



2.6.32.- Ensayo nº32.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,002	-0,264	15,888	-233,757
Polinomio 2:	-0,002	0,494	-28,775	643,126
Polinomio 3:	0,000	-0,051	10,413	-294,762
Polinomio 4:	0,000	-0,065	11,659	-332,701

Tabla 515.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,065 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 11,659 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 332,701$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 295 \mu\text{m}$$

2.6.33.- Ensayo nº33.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	8,24E-05	-3,46E-03	5,40E-01	4,29E+01
Polinomio 2:	2,20E-05	3,45E-03	2,77E-01	4,62E+01
Polinomio 3:	-6,17E-05	1,85E-02	-6,27E-01	6,43E+01

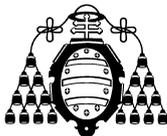
Tabla 516.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -6,17E-05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 1,85E-02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 6,27E-01 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 6,43E+01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 101 \mu\text{m}$$



2.6.34.- Ensayo nº34.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	5,37E-05	-6,84E-03	6,76E-01	2,95E+01
Polinomio 2:	-5,86E-05	1,76E-02	-1,09E+00	7,23E+01

Tabla 517.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -5,86\text{E-}05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 1,76\text{E-}02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 1,09\text{E+}00 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 7,23\text{E+}01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 67 \mu\text{m}$$

2.6.35.- Ensayo nº35.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-0,001	0,055	0,378	43,659
Polinomio 2:	0,000	-0,032	4,348	-16,969
Polinomio 3:	0,000	-0,036	4,589	-22,271

Tabla 518.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,000 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,036 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 4,589 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 22,271$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 178 \mu\text{m}$$

2.6.36.- Ensayo nº36.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	5,26E-05	-2,27E-03	5,57E-01	4,23E+01
Polinomio 2:	8,06E-05	-5,46E-03	6,78E-01	4,08E+01
Polinomio 3:	-7,90E-05	2,37E-02	-1,10E+00	7,68E+01

Tabla 519.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = -7,90E-05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 2,37E-02 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 1,10E+00 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 7,68E+01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 100 \mu\text{m}$$

2.6.37.- Ensayo nº37.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	-2,70E-05	5,27E-04	4,47E-01	4,71E+01
Polinomio 2:	1,31E-05	-3,94E-03	6,12E-01	4,50E+01

Tabla 520.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 1,31E-05 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 3,94E-03 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 6,12E-01 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 4,50E+01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

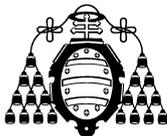
$$P_{80} = 76 \mu\text{m}$$

2.6.38.- Ensayo nº38.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

Coeficientes	*x³	*x²	*x	Indep.
Polinomio 1:	0,008	-1,055	53,129	-794,712
Polinomio 2:	-0,004	0,881	-51,486	1089,057
Polinomio 3:	0,002	-0,719	75,764	-2283,911

Tabla 521.- Coeficientes de los polinomios de la Spline



El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,002 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,719 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 75,764 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 2283,911$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 403 \mu\text{m}$$

2.6.39.- Ensayo nº39.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-0,001	0,160	-5,276	113,446
Polinomio 2:	0,001	-0,264	19,800	-381,296
Polinomio 3:	-0,001	0,310	-28,281	960,481

Tabla 522.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = - 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 + 0,310 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 - 28,281 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 960,481$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 154 \mu\text{m}$$

2.6.40.- Ensayo nº40.

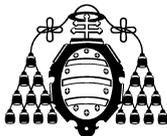
Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	0,004	-0,586	31,245	-455,559
Polinomio 2:	-0,002	0,423	-21,839	475,371
Polinomio 3:	0,001	-0,420	46,939	-1394,942

Tabla 523.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,420 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 46,939 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 1394,942$$



Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 390 \mu\text{m}$$

2.6.41.- Ensayo nº41.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	0,001	-0,160	11,167	-189,603
Polinomio 2:	-0,002	0,338	-22,711	577,719
Polinomio 3:	0,001	-0,152	17,201	-504,675

Tabla 524.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 0,001 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 0,152 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 17,201 * (\% \text{ Pasante Ac}) - 504,675$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 157 \mu\text{m}$$

2.6.42.- Ensayo nº42.

Teniendo en cuenta los datos de la granulometría del material indicados en el Anexo I y ordenando los datos como se indica en el ensayo nº1, se obtienen los siguientes coeficientes de los polinomios:

<i>Coeficientes</i>	<i>*x³</i>	<i>*x²</i>	<i>*x</i>	<i>Indep.</i>
Polinomio 1:	-8,37E-06	7,13E-04	5,26E-01	4,77E+01
Polinomio 2:	6,61E-06	-1,98E-03	6,88E-01	4,44E+01

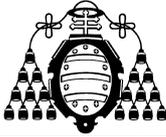
Tabla 525.- Coeficientes de los polinomios de la Spline

El polinomio a tener en cuenta es el siguiente:

$$\text{Tamaño} = 6,61\text{E-}06 * (\% \text{ Pasante Ac})^3 - 1,98\text{E-}03 * (\% \text{ Pasante Ac})^2 + 6,88\text{E-}01 * (\% \text{ Pasante Ac}) + 4,44\text{E+}01$$

Sustituyendo en la ecuación para un 80% de pasante acumulado se obtiene el siguiente tamaño de partícula:

$$P_{80} = 90 \mu\text{m}$$



2.7.- Valores del parámetro P_{80} obtenidos.

Se resaltan en fondo gris aquellos valores que se encuentran fuera del intervalo de tamaño granulométrico en el que se predecía que deberían estar.

Se indica:

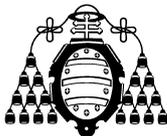
- GS: Gates-Gaudin-Schuhmann.
- RR: Rosin-Rammler.
- LN: Log- Normal.
- LC: Log-Cartesiano.
- CC: Cartesiano-Cartesiano.
- SPL: Splines



Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

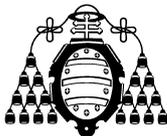
Nº de ensayo	P ₈₀ (µm)					
	GS	RR	LN	LC	CC	SPL
1	416	296	277	418	420	425
2	152	132	150	156	156	157
3	125	108	102	129	129	135
4	137	116	110	135	135	135
5	131	111	107	130	130	129
6	118	101	97	119	120	120
7	99	83	78	94	96	94
8	88	79	76	86	87	86
9	90	80	76	89	89	90
10	93	82	78	91	92	93
11	86	76	74	85	86	86
12	378	234	208	372	375	375
13	98	58	74	97	99	100
14	107	89	82	101	104	101
15	77	69	64	75	75	80
16	563	405	324	469	471	583
17	151	132	150	157	157	157
18	401	303	321	416	417	422
19	156	134	151	160	160	160
20	445	351	326	442	445	455
21	167	142	150	168	169	170
22	418	320	324	424	426	432
23	174	147	152	174	175	178
24	406	309	322	416	417	421
25	162	138	151	164	165	165
26	144	126	122	140	141	138
27	172	146	152	171	172	173
28	409	315	323	415	417	419
29	173	146	152	173	174	177
30	134	115	121	132	133	133
31	348	258	239	349	350	349
32	289	238	219	290	294	295
33	103	73	77	100	103	101
34	69	62	59	67	68	67
35	177	150	152	175	176	178
36	103	73	77	99	102	100
37	75	69	64	73	75	76
38	375	281	318	402	402	403
39	160	138	151	154	155	154
40	373	282	318	385	389	390
41	154	133	150	156	156	157
42	91	81	77	89	90	90

Tabla 526.- Valores de F₈₀ obtenidos.



3.- RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS.

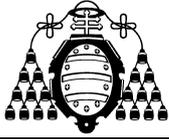
Se resaltan en fondo gris aquellos valores que se encuentran fuera del intervalo de tamaño granulométrico en el que se predecía que deberían estar.



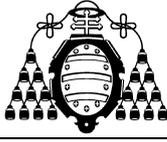
Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.

Nº de ensayo	GS		RR		LN		LC		CC		SPL	
	F80	P80	F80	P80								
1	2073	416	1737	296	1038	277	2131	418	2161	420	2134	425
2	2073	152	1737	132	1038	150	2131	156	2161	156	2134	157
3	2503	125	2129	108	1139	102	2524	129	2550	129	2545	135
4	2503	137	2129	116	1139	110	2524	135	2550	135	2545	135
5	2485	131	2004	111	1031	107	2463	130	2480	130	2457	129
6	2485	118	2004	101	1031	97	2463	119	2480	120	2457	120
7	2052	99	1333	83	868	78	1894	94	1921	96	1898	94
8	1827	88	1323	79	757	76	1863	86	1897	87	1876	86
9	1877	90	1266	80	702	76	1884	89	1914	89	1906	90
10	2095	93	1454	82	773	78	1917	91	1939	92	1924	93
11	1670	86	1025	76	605	74	1640	85	1714	86	1680	86
12	4006	378	45	234	1736	208	2712	372	2751	375	-67632	375
13	8177	98	381	58	980	74	2662	97	2706	99	-6380	100
14	1827	107	1332	89	911	82	1921	101	1942	104	1930	101
15	1827	77	1332	69	911	64	1921	75	1942	75	1930	80
16	1838	563	1534	405	1186	324	1519	469	1526	471	12606	583
17	1838	151	1534	132	1186	150	1519	157	1526	157	12606	157
18	1920	401	2037	303	1945	321	1892	416	1901	417	1897	422
19	2175	156	1692	134	1020	151	1921	160	1928	160	1893	160
20	1025	445	1068	351	709	326	1031	442	1035	445	1029	455
21	1025	167	1068	142	709	150	1031	168	1035	169	1029	170
22	1597	418	1554	320	1665	324	1584	424	1586	426	1584	432
23	1647	174	1267	147	985	152	1515	174	1523	175	1526	178
24	2626	406	2923	309	2353	322	2534	416	2538	417	2533	421
25	3217	162	2853	138	1208	151	2671	164	2686	165	2689	165
26	284	144	243	126	191	122	201	140	201	141	238	138
27	423	172	406	146	336	152	419	171	421	172	413	173
28	2512	409	2688	315	2692	323	2372	415	2382	417	2375	419
29	2074	173	1666	146	1024	152	2192	173	2232	174	2196	177
30	276	134	235	115	229	121	199	132	199	133	152	133
31	1919	348	1270	258	1130	239	1946	349	1960	350	1956	349
32	1995	289	1267	238	1045	219	2025	290	2031	294	2029	295
33	1890	103	851	73	865	77	1972	100	1980	103	1977	101
34	1819	69	1296	62	793	59	1972	67	1980	68	1977	67
35	394	177	411	150	322	152	424	175	426	176	423	178
36	563	103	226	73	325	77	378	99	382	102	273	100
37	350	75	317	69	250	64	343	73	345	75	337	76
38	1581	375	1523	281	1557	318	1535	402	1541	402	1532	403
39	1581	160	1523	138	1557	151	1535	154	1541	155	1532	154
40	1911	373	2097	282	2021	318	1877	385	1887	389	1883	390
41	1911	154	2097	133	2021	150	1877	156	1887	156	1883	157
42	5373	91	4154	81	1346	77	2342	89	2389	90	347	90

Tabla 527.- Valores de F₈₀ (µm) y P₈₀ (µm) obtenidos.

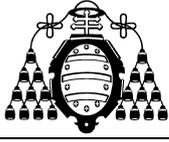


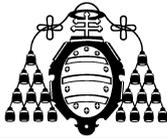
Anexo II: Aplicación de los Modelos de Distribución de Tamaño de Partícula.



Anexo III

Equipos Utilizados





1.- INTRODUCCIÓN.

A continuación se hace una breve descripción de los equipos que se han utilizado para la realización de los ensayos del Índice de Bond.

2.- MOLINO DE BOLAS.

Se utilizó el molino de bolas que describe Bond en su artículo y que tiene las siguientes características técnicas:

- Longitud (interna) del molino: 12 pulgadas (30,5 cm aprox.)
- Diámetro (interno) del molino: 12 pulgadas (30,5 cm aprox.)
- Dimensión de la boca de admisión: 28x10 cm aprox.
- Velocidad de giro: 70 r.p.m.
- Potencia del motor: 0,75 kW

Dicho molino fue fabricado por la casa comercial BICO, tanto en molino usado en el laboratorio de menas de la Escuela Politécnica de Mieres como el del Departamento de Minería de la Universidad de San Luis (Argentina).

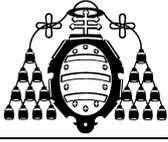


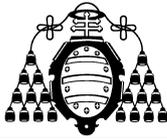
Foto 1.- Molino de Bond utilizado en Laboratorio de Tecnología Mineralúrgica de la Escuela Politécnica de Mieres.



Foto 2.- Molino de Bond utilizado en el laboratorio de menas del Departamento de Minería de la Universidad Nacional de San Luis (Argentina).



Foto 3.- Carga molturante del molino.



3.- TAMIZADORA Y TAMICES.

Se usan para el análisis granulométrico y como cierre de circuito del ensayo de Bond. La tamizadora usada fue una tamizadora vibratorio Retsch AS200 con tamizado tridimensional ideal para un rango de granulometrías entre 20 micras y 25 mm. Tiene una capacidad de carga de material de 3 kg.

Los tamices utilizados son del mismo fabricante y tienen un diámetro de 200/203 mm (8”).



Foto 4.- Tamizadora y tamices.

4.- BALANZA.

Se requiere su uso para el cálculo del peso de los 700 cm³ de material inicial necesario y los pesos de los finos y alimentación nueva. Es imprescindible para el análisis granulométrico del material.

Se utilizó la balanza electrónica de laboratorio, de la casa comercia A&D, modelo EK-6000 H. Permite pesar hasta 6.000 gramos con un desvío de $\pm 0,1$ g.

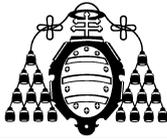


Foto 5.- Balanza utilizada

5.- PROBETA.

Se utilizó una probeta de laboratorio fabricada de vidrio. Debe estar graduada para poder medir los 700 cm³ de material necesario.

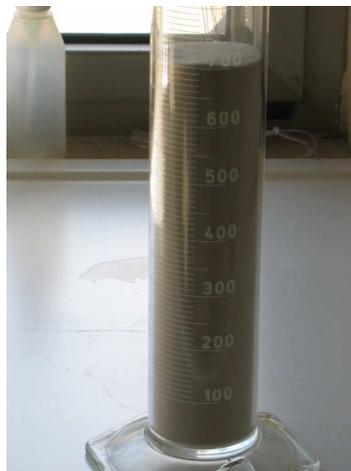
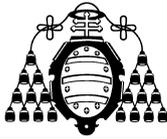


Foto 6.- Detalle de probeta con 700cm³ de material.



6.- DESMUESTREADOR

El equipo utilizado es un desmuestreador de canal tipo Jones, con el cual se consiguen dos efectos: dividir la muestra en dos partes con el mismo peso y homogeneizarla. En el mercado existen desmuestreadores de diversos tamaños, como en nuestro caso se han trabajado con cantidades de materiales relativamente pequeñas, se ha optado por un desmuestreador de tamaño intermedio como en el que se muestra en la foto.



Foto 7.- Desmuestreador de canal tipo Jones.

