

## **PRACTICA Nº1**

- 1. TOMA DE MUESTRAS DE ROCAS.**
- 2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ÁRIDOS.**
- 3. INDICE DE LAJAS Y AGUJAS.**
- 4. COEFICIENTE DE FORMA DE LOS ÁRIDOS.**

### ***1.- Toma de muestras de rocas.***

\* Normativa reguladora del ensayo NLT 148/72.

El material suministrado se separó mediante cuarteo la cantidad de 1013 gr. que es la cantidad necesaria para el ensayo granulométrico.

### ***2.- Análisis granulométrico de los áridos.***

\* Normativa reguladora del ensayo NLT 150/89.

Pesamos el material de ensayo con exactitud, dando en la balanza eléctrica 1013 gramos de peso. Después del pesado, tras colocar los tamices de la serie UNE colocándolos de mayor a menor tamaño. Se utilizaron 4 tamices, de medidas 40, 20, 10, 5, y 2.5, encajándose en la parte inferior un recipiente para recoger el material que pase por todos los tamices, y se vertieron por la parte superior los áridos de la muestra.

A continuación, movemos circularmente el conjunto de los tamices para separar los áridos por tamaño. Pesamos los áridos retenidos por cada tamiz y se apuntamos los datos para hacer a continuación el análisis granulométrico.

Según esta última operación, el peso total de todos los áridos fue de 1369 gramos. A este peso le sumamos los 4 gramos del tamiz final.

Después del pesado, hayamos los porcentajes retenidos, los retenidos acumulados y los que pasan por cada tamiz, datos que sirven para realizar la correspondiente curva del análisis granulométrico.

### **3.- Índice de lajas y agujas.**

\* Normativa reguladora del ensayo NLT 149/72.

Procedemos a hallar el índice de lajas y agujas para la fracción 25-20. Para esto comenzaremos por separar 244gr. de la fracción mencionada. Una vez determinada la fracción la pesamos en la balanza dando 244 gr. de áridos. (PT)

Para hallar el índice de lajas, hacemos pasar el material por una placa llamada *calibre de lajas*, con lo cual separamos los áridos que son lajas de los que son agujas. El material que pasó por la ranura correspondiente a la fracción 25-20 se consideró como laja, dándonos un peso en la balanza de 78 gr. (PI)

Lo que hicimos a continuación fue calcular el índice de lajas, mediante la fórmula:

$$L = PI/PT * 100$$

Y el resultado obtenido fue el siguiente:

$$IA = 78/244 * 100 = 31.96 \%$$

A continuación, realizamos el pesado del material retenido por la abertura 25-

20. Para que un árido se pueda decir que es una aguja debe quedar retenido por alguno de sus lados. El peso de las agujas fue de 244 gr. (PA)

El índice de agujas será:

$$IA = PA/PT * 100$$

El resultado obtenido fue:

$$IA = 0/244 * 100 = 0\%$$

#### **4.- Coeficiente de forma de los áridos**

**Normativa reguladora del ensayo UNE 7238.**

La fórmula que nos da el coeficiente de forma de un árido es:

$$C_F = (V_1 + V_2 + \dots + V_n) / (\pi/6)(d_1^3 + d_2^3 + \dots + d_n^3)$$

El valor  $\pi/6 d^3$  (denominador de la fracción) de cada grano lo hallamos con ayuda del calibrador que nos da su valor.

Tras pasar cada uno de los granos por el calibrador o plantilla de formas, sumamos los valores, dandonos:

$$\sum d_n = 490.196 = 20+40+5+5+40+5+30+20+3+3+10+5+15+60+2+2+5+10+2$$

$$+3+2+10+60+30+5+10+1+1+87.1.$$

El  $\sum V$  ( $V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$ ) lo hallamos introduciendo los granos en una probeta graduada con agua a la que le falte poco para estar llena, siendo este igual a la variación del volumen.

Aplicando la fórmula el coeficiente de forma queda:

$$\sum V = 50.$$

$$C_F = 0.102$$

## **CUESTIONES:**

*1.- Decir si el árido cumple las condiciones referentes a la forma para poder ser utilizado en una mezcla bituminosa en caliente (art. 542.2.2.1 PG3).*

El índice de lajas de la fracción 25-20 debe ser inferior a 35 para poder ser utilizado en la construcción. Si el árido está sometido a tráfico pesado debe ser inferior a 30. El resultado que nosotros obtuvimos fue de 31.96%, por tanto lo podemos utilizar en los dos casos anteriores.

**2.- Decir si el árido cumple las condiciones referentes a la forma para poder ser utilizado en hormigón hidráulico (art. 7.3.3. EH-91).**

La normativa dice que para que el árido lo podamos utilizar su coeficiente no puede ser menor de 0,15. En nuestro caso, el coeficiente de forma es 0.102, menor que 0,15, por lo cual puede que hallan problemas al utilizarlo.

**3.- Teniendo en cuenta que la expresión  $\pi/6 d^3$  nos da el volumen de una esfera, de diámetro  $d$ , ¿cuál es el significado del coeficiente de forma?** Da a entender la relación de un grano de arena normal, con uno que fuese totalmente esférico.

# Analisis Granulométrico

DESCRIPCIÓN:

Peso de la muestra  
1013

Realizado por:

Fecha:

TAMIZ	RETENIDO			% Que pasa
ATSM	UNE	Peso	% Parc.	% Total
2	50			
1 1/2	40	0	0%	
1	25			
3/4	20	609	60,118%	60,119% 39,88%
1/2	12.5			
3/8	10	348	34,353%	14,771% 5,529%
1/4	6.3			
4	5	49	4,837%	99,308% 0,692
10	2.5	5	0,494%	99,502% 0,198
16	1.25			
20	0.80			
30	0.63			
40	0.40			
50	0.32			
80	0.16			
100	0.125			
200	0.080			
FONDO	2	0,197%	100%	0%

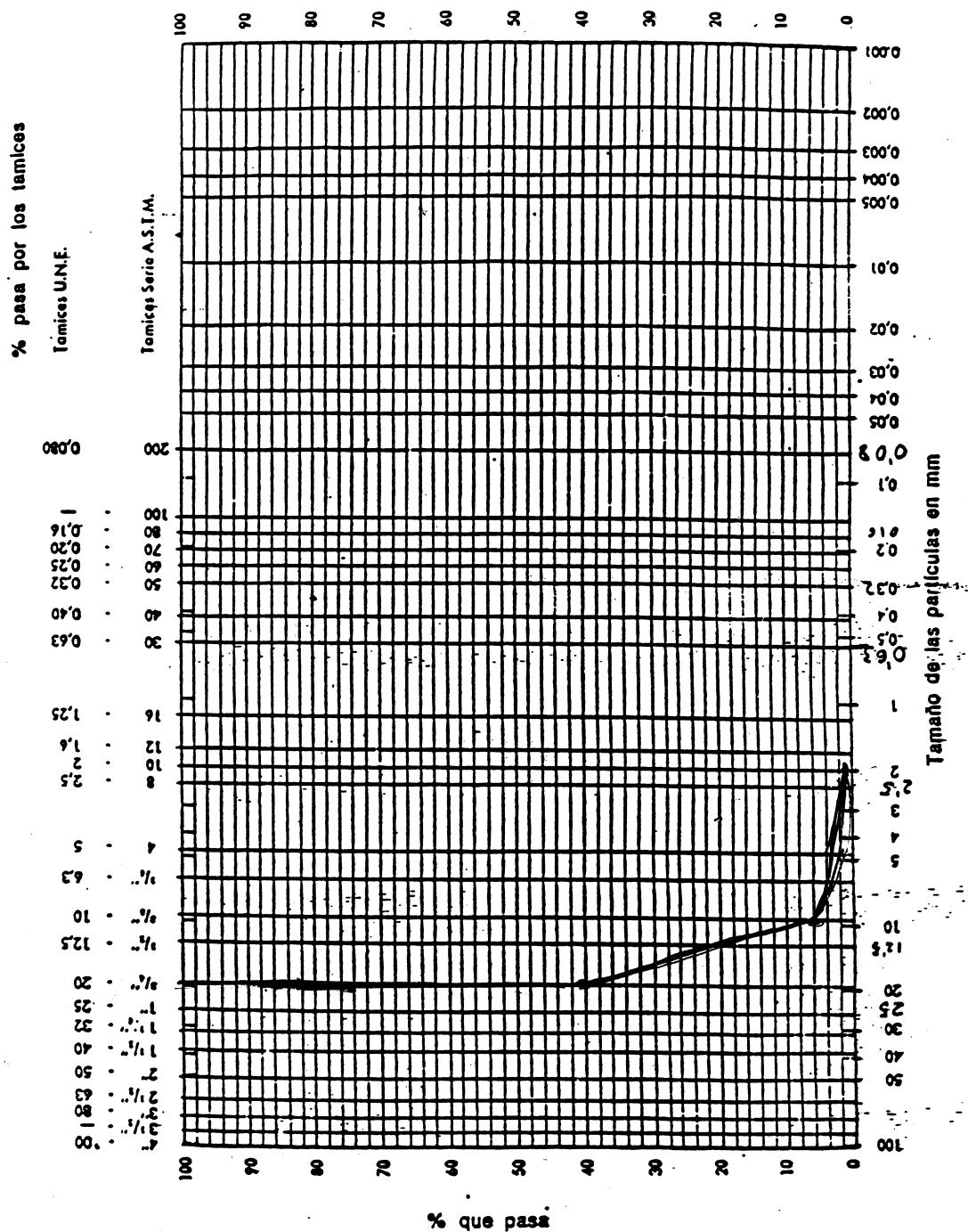
NOTAS: MFa=..... EA=.....

TRABAJO N.º .....

DENOMINACION .....

MUESTRA N.º .....

## ANALISIS GRANULOMETRICO



## **PRACTICA Nº 2**

- 1. DENSIDAD DE CONJUNTO DE ÁRIDOS (NLT 156).**
- 2. DENSIDAD RELATIVA, APARENTE Y ABSORCION DE ÁRIDOS GRUESOS (NLT 149).**
- 3. ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ANGELES (NLT 149).**
- 4. ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA (NLT 113).**

### ***1.- Densidad de conjunto de áridos.***

Este ensayo para hallar la densidad de conjunto se basa en pesar el material que cabe en un recipiente normalizado, una vez compactado según las normas, y dividir este peso entre el volumen del recipiente.

Lo primero que hacemos es hallar el volumen de material que nos cabe en el recipiente. Para ello, primero pesamos el recipiente vacío ( $P_1$ ) y a continuación, lo llenamos y volvemos a pesarlo ( $P_2$ ).

$$V_c = P_2 - P_1 / d_1 = 14.9 \text{ litros.}$$

\*donde  $d_1$  es la densidad del líquido (en nuestro caso es agua).

Una vez que hemos terminado de hacer esto, se llena el recipiente con el árido, y procedemos a compactarlo. Esto lo hacemos vertiendo el material de tres

veces ,cada una de ellas que sea la tercera parte de la altura total del recipiente.

Después de poner cada capa se compacta dándole aproximadamente 25 golpes con una varilla metálica de 16 mm de diámetro.

Cuando hallamos llenado el recipiente lo enrasamos con la ayuda de la varilla.A continuación, pesaremos el recipiente con el árido ( $P_3$ ).

La densidad de conjunto sera:

$$D_c = (P_3 - P_1) / (P_2 - P_1) = 1.43$$

## *2.- Densidad relativa, aparente y absorcion de áridos gruesos.*

Primeramente nivelamos la balanza hidrostática con la cesta suspendida a 0 gramos a. Una vez comprobada la balanza recogemos el material que vamos a utilizar, que suponemos seco, aunque para ello debería haber estado en la estufa a 110 °C.

A continuacion ,pesamos material seco (PSEC). Sumergimos la cesta con el material en un recipiente con agua que está debajo de la balanza y esperamos alrededor de cinco minutos a que el material se sature completamente de agua.

Seguidamente, sacamos el material del agua y lo secamos pasandole un paño por su superficie, para eliminar el agua que queda en la misma. Una vez seco el material lo pesamos obteniendose el (PSAT)

$$A = 0.35 \% \text{ de absorción}$$

$D_r = 2.45 \text{ gr/cc.}$

$D_a = 2.42 \text{ gr/cc.}$

## **Cuestiones:**

### **Deducir las formulas empleadas.**

1) Cuando sumergimos el material de la cesta en el recipiente con líquido, se produce un empuje ascendente, que según el principio, que es igual al peso del volumen de líquido desalojado.

$$P_{SUM} = P_{SEC} - E$$

El volumen de líquido que se desaloja es igual al volumen relativo del material (teniendo en cuenta que dejamos reposar 5 minutos para que se llenen de agua los huecos abiertos). Si hacemos la sustitución en la fórmula anterior podemos calcular el volumen relativo del material:

$$E = V_r * d_l$$

$$V_r = (P_{SEC} - P_{SUM}) / d_l$$

\* donde  $d_l$  la densidad del líquido (agua)

Para calcular la densidad relativa tenemos que dividir el PSEC entre el volumen relativo que acabamos de hallar.

2) Cuando sacamos el material del agua y secamos su superficie obtenemos el peso saturado. Este peso está formado por el peso del material en seco más el peso de la cantidad de agua que entró en los huecos accesibles:

$$Psat = Psec + ha * dl$$

De esta ecuación podemos despejar el volumen de los huecos accesibles (ha)

$$ha = (Psat - Psec) / dl$$

Para obtener el volumen aparente sumamos el volumen relativo más el volumen de los huecos accesibles:

$$Va = Vr + ha = (Psat - Psum) / dl$$

La densidad aparente la obtenemos dividiendo el PSEC entre el volumen aparente (Va).

3) La absorcion de un material es la cantidad de agua máxima que puede entrar en los huecos accesibles. Se expresa en tantos por cien y la hallamos de la siguiente forma:

$$A = (Psat - Psec) / Psec * 100$$

### ***3.- Ensayo de Desgaste de Los Angeles.***

Preparamos el material de acuerdo con alguna de las granulometrías-tipo que están definidas en la norma. En este caso, cogeremos una granulometria de tipo A:

25 /40: 1250 gr

20/25: 1250 gr

12.5/20: 1250 gr

10 / 12.5: 1250 gr

En nuestra granulometría , la muestra de áridos tiene un peso inicial de 5000 gr. A continuación, introducimos la muestra en la máquina de Los Angeles, y obtenemos 4204 gr.

El coeficiente de desgaste de Los Angeles será el tanto por ciento de desgaste respecto del peso inicial.

$$D = ((5000 - 4204) / 5000) * 100 = 15.92 \%$$

## **COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS**

**Comprobar si el material es apto para fabricar mezclas asfálticas en caliente (valor del coeficiente de desgaste, según el PG3: D < 30 para capas de base, y D > 25 para capas intermedias o de rodadura)**

Según el resultado que hemos obtenido lo podemos utilizar en las dos cosas.

## ***4.- Determinación del equivalente de arena.***

En este ensayo intentamos averiguar la proporción de finos (arcilla y polvo) que tiene un árido.

El ensayo lo hacemos sobre dos muestras: arena de barranco lavada, y arena de machaqueo procedente del ensayo anterior en la máquina de Los Angeles.

Para hacer la práctica, usaremos el material que pasa por el tamiz UNE 5, sin secar, asumiendo que, según dice la norma, los resultados estarán del lado de la seguridad.

Lo primero es obtener las muestras para el ensayo, que lo haremos cuarteando el material como ya lo hemos hecho en otra ocasión.

A continuacion llenamos las probetas de agua hasta la altura de 10 cm., vertiendo cada tipo de arena en su probeta correspondiente. Ahora dejamos diez minutos de reposo las probetas, luego tapamos las probetas y las colocamos en un agitador mecánico.

Despues de agitar las probetas las lavamos.

Dejamos reposar las probetas durante diez minutos, y leemos las altura a la que el material se separa del líquido. Esta será la lectura superior o lectura de la arcilla. A continuación, se leerá la altura de la arena, con la ayuda de una varilla lastrada que se deja caer dentro de la probeta, obteniendo la lectura de la arena.

A continuación calculamos el equivalente de arena:

$$E_a = \text{arena}/\text{arcilla} * 100$$

	lectura superior (arcilla)	lectura inferior (arena)	<b>Equivalente arena</b>
<b>A.BARRANCO</b>	334	74	<b>21.42 %</b>
<b>A.MACHAQUEO</b>	216	103	<b>39.26 %</b>

### **COMPROBACIÓN DE RESULTADOS.**

**Comprobar si los materiales son aptos para fabricar hormigón hidráulico**  
**( valor necesario del equivalente de arena, según la EH-91: Ea > 75, para**  
**obras en ambiente I y II, y Ea > 80 para obras en ambiente III).**

No lo son porque ninguno llega al mínimo exigido para poder ser utilizado en hormogón hidráulico.

### **CUESTIONES:**

***1. ¿ Es mejor un valor del coeficiente de arena alto o bajo ?***

Es mejor un coeficiente de arena alto, porque esto indica un menor porcentaje de finos (arcilla o polvo).

***2. ¿ Cual es el valor teóricamente óptimo del coeficiente de arena?***

El 100 %, nos indicaría que en la muestra no existen finos, lo que sería en ese teórico caso lo óptimo.

## PRACTICA Nº 3

- 1. DETERMINACION DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO DE UN YESO.**
- 2. ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MORTEROS.**
- 3. ENSAYO DE CONSISTENCIA DC HORMIGONES CON EL CONO DE ABRAMS.**
- 4. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DE HORMIGONES.**

- 1. - Determinación de los tiempos de fraguado de un yeso.**

En esta práctica determinaremos el tiempo de fraguado de un **yeso grueso** (y-g). Para esto, utilizaremos 100 cc de agua, que pondremos en un vaso normalizado. A continuación, le añadimos una cantidad de yeso correspondiente a la amasada de saturación que en nuestro caso de 153,8 gr. Despues de coger lo 153,8 gr. de escayola la ponemos poco a poco en el vaso con agua durante dos minutos. A medida que ponemos el yeso en el vaso removemos lentamente la mezcla con una varilla.

Cuando la mezcla empiece a espesar, ponemos el contenido del vaso sobre una placa de vidrio, formando tres "galletas" de yeso de unos 5 mm de espesor. Una vez hecho esto cortaremos las galletas con una hoja de cuchillo cada 30 segundos aproximadamente. Cuando los bordes del surco producido por el cuchillo dejen de unirse empezará el comienzo del fraguado. El tiempo que obtuvimos desde que se echó la escayola en el vaso hasta el comienzo de fraguado fue de 12 minutos y 25 segundos.

Una vez determinado el comienzo de fraguado, ejerceremos una presión sobre las galletas de unos 5 kg con la yema de los dedos, a intervalos de 30 seg. Esto lo hacemos para saber el momento en el que termina el fraguado, esto ocurrirá cuando la presionar el yeso con la yema del dedo no dejemos huella alguna. Esto ocurrió en nuestro caso al cabo de 27 minutos y 50 segundo desde que se empezó a mezclar el yeso y el agua.

#### **\* DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

Según la normativa RY-85, en lo referido a los yesos , cumple todos los requisitos para poderlo considerarlo como yeso grueso Y-G.

#### ***2. - Ensayo de resistencia mecánica de morteros.***

En este ensayo haremos dos probetas de mortero, para realizarles los ensayos de resistencia a compresión y a flexotracción pertinentes. En esta práctica solo

haremos las probetas, ya que deben haber siete días entre ejecución y la posterior rotura de la misma.

Para hacer las probetas mezclaremos 300 cc. de agua con 500 gr. de cemento. A continuación añadimos 1500 gr. de arena de granulometría entre 1.7 y 0.08, prolongando el amasado durante unos 3 minutos.

Ponemos la mezcla sobre el molde hasta la mitad, del mismo, y lo levantaremos y lo dejaremos caer 20 veces. Estos golpes producen una buena compactación del mortero en el molde. Seguidamente rellenamos el molde en exceso, y volveremos a repetir la misma acción de antes. Para terminar, se enrasta el molde con una regla para quitar los excesos y la dejamos reposar.

Antes de romper las probetas, éstas deben conservarse a temperatura de 20 oC y con una humedad superior al 95% ó, según nos exige la norma. Para conseguir estas optimas condiciones ponemos las probetas en una piscina climatizada, hasta el momento de la rotura.

### ***3. - Ensayo de consistencia de hormigones con el cono de Abrams.***

Consiste en averiguar la consistencia del hormigón. La consistencia nos determina el grado de cohesión interna de un hormigón, la fluidez que tiene. Es un factor muy importante ya que no deben quedar huecos en el hormigón, que puedan influir negativamente en su resistencia mecánica.

El hormigón que haremos debe tener la siguiente dosificación:

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
Arena fina	1940gr	6790gr
Arena gruesa	7610gr	26635gr
Gravilla	5020gr	17570gr
Grava	7690gr	26915gr
Cemento	4520gr	15820gr
Agua	25000gr	9450gr

Pondremos los materiales en la horrnigonera según el orden establecido en la normativa.

Una vez mezclado el hormigón, pasaremos a realizar el ensayo de consistencia del cono de Abrams. Primeramente mojaremos el interior del molde, que tiene forma conica. Para poner el hormigón, nos pondremos encima del molde, apoyando nuestros pies sobre las aletas, de manera que el molde quede bien sujeto. Despues ponemos el hormigón en tres capas, compactando cada una de ellas con 25 golpes con una varilla. Una vez hemos llenado el molde, enrasamos la parte superior con la ayuda de la varilla y levantaremos el molde, anotando el descenso que experimenta el hormigón, determinaremos la consistencia del mismo. Según la norma, se recomienda un hormigón de consistencia plástica, es decir de un asentamiento entre 3 a 5 cm en el cono de Abrams.

#### ***4. - Ensayo de resistencia a compresión de hormigones.***

Estas probetas de hormigón, una vez realizadas, se introdujeron en la cámara de curado, donde permanecen a una temperatura de 20 °C y con una humedad superior al 95% . La rotura de las probetas la haremos en la práctica siguiente.

## **PRACTICA Nº 4**

**1. ENSAYO DE RESISTENCIA DE MORTEROS.**

**2. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE HORMIGONES.**

**3. ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXOTRACCION DE  
HORMIGONES.**

**4. ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE  
HORMIGONES.**

### ***1. Ensayo de resistencia de morteros.***

Este ensayo lo realizamos en las probetas de mortero fabricadas en la práctica nº 3, que se han conservado en condiciones óptimas.

Para calcular la resistencia a flexión, ponemos las probetas en la prensa de 10 Tn a una carga centrada, con apoyos separados unos 10 cm., regulando la velocidad de carga a unos 4 kg/seg. Tenemos que tener cuidado de apoyar las probetas en la prensa sobre una de sus caras laterales.

$$F_T = (3 * f * l) / (2 * b * d^3)$$

\* donde  $f$  es la fuerza de rotura (en Kg),  $l$  la distancia entre apoyos (10 cm),  $b$  el ancho de la probeta (4 cm), y  $d$  el canto de la misma (4 cm).

Los valores que obtuvimos fueron los siguientes:

Probeta 1; 167 Kg.

Probeta 2; 155 Kg.

Haciendo una media,  $F_T = 161$  Kg.

Para calcular resistencia a compresión de los morteros rompemos cada una de las dos mitades de las probetas resultantes del ensayo a flexión, colocándolas en la prensa de 10 Tn y aplicando la fuerza sobre una superficie de 4x4 cm. La velocidad de carga de la prensa será de unos 14 kg/seg.

Los resultados que obtuvimos fueron:

Probeta 1: 2220 Kg.

Probeta 2: 2140 Kg.

Realizando la media, Resistencia compresión: 2180 Kg.

### **1.2. Ensayo de las resinas epoxi.**

Para esto, unimos dos de las mitades resultantes del ensayo de resistencia a la flexión. En caso de que estén húmedas las secamos a 100 °C, y les limpiamos el polvo de las caras que van a estar en contacto. Utilizamos resinas epoxi de dos componentes y fraguado rápido pero en nuestro caso en lugar de esto utilizamos Poxipol, que cumple la misma función.

Después de mezclar los dos productos del poxipol en partes iguales, se aplica el pegamento sobre las dos caras de la pieza, y las unimos dejandolas una hora

### *3. - Ensayo de rotura de probetas de hormigón a flexotracción.*

Aquí vamos a utilizar probetas de la práctica anterior cuya forma es paralílepípeda, de 15x15x60 cm..

$$F_{FT} = (F * l) / (d_1 * d_2)$$

Donde  $F_{FT}$  es la resistencia a flexotracción en ( $\text{Kg/cm}^2$ ),  $l$  es la longitud entre apoyos (45 cm ),  $d_1$  es el ancho de la probeta ( 15 cm),  $d_2$  es el canto de la probeta ( 15 cm).

Sustituyendo los valores en la formula anterior obtenemos que la resistencia a la flexotracción de la probeta es de  $348.10 \text{ kg/cm}^2$ .

### *4. - Ensayo de rotura de probetas de hormigón a tracción indirecta.*

Se usaran para este ensayo las probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura que se fabricaron en la práctica nº 3.

Para calcular la resistencia a tracción indirecta aplicaremos la siguiente fórmula:

$$F_{TI} = (2 * P) / (\pi * l * d)$$

Donde  $F_{TI}$  es la resistencia a tracción indirecta (en  $\text{kg/cm}^2$ ),  $l$  es la longitud de la probeta (30 cm) y  $d$  es el diámetro de la probeta (15 cm).

Para este ensayo de tracción indirecta, colocamos la probeta acostada y se ejerce una fuerza sobre una generatriz de la probeta, tratando de dividirla en dos.

Tras hacer esto la probeta rompió a 72.9 KN, con lo que después de aplicar la fórmula obtenemos un valor de la resistencia a tracción indirecta de 10.52  $\text{kg/cm}^2$ .

## PRÁCTICA N° 5

1. ***IDENTIFICACION DEL TIPO DE ACERO.***
2. ***CALCULO DE LA SECCIÓN REAL EQUIVALENTE.***
3. ***ENSAYO DE TRACCIÓN.***
4. ***ENSAYO DE DOBLADO.***
5. ***ENSAYO DE DOBLADOY DESDOBLADO.***

### ***1. Identificación del tipo de acero.***

Las barras de acero que normalmente se utilizan en hormigón son las barras de acero corrugado.

En el acero corrugado hay dos tipos de resaltos: los longitudinales llamados aletas, y los transversales que se llaman corrugas. Según como estén colocadas las corrugas en la barra se pueden identificar los distintos tipos de acero, si todas las corrugas son paralelas por ambos lados de la barra, se trata de una acero B-400S, y en el caso de que las corrugas sean

paralelas por un lado de la barra y por el otro no lo sean, entonces se trata de un acero del tipo B-500 S.

También existe un método de identificación de los aceros que se basa en el espesor de las corrugas. Si nos fijamos en la barra de acero veremos una secuencia de corrugas que nos indica el comienzo de la identificación, y que se compone de una corruga gorda, seguida de otra más fina y luego otra gorda. Algo parecido a un código de barras.

A partir de hay viene la identificación del país de fabricación del acero, que en el caso de España se compone de 7 corrugas finas. Luego le seguirá otra corruga gorda de separación, y seguidamente varias corrugas finas más que indican el fabricante del acero.

## ***2. Cálculo de la sección real equivalente.***

La calcularemos suponiendo que la barra es un cilindro perfecto. El peso de ese cilindro será:

$$\text{Peso} = \text{longitud} * \text{área} * \text{densidad}$$

la sección nominal es la asegurada por el fabricante, calculada según diámetro nominal.

$$P = 2270 \text{ gr.}$$

$$L = 142.5 \text{ cm.}$$

$$D = 7.85 \text{ g/cm}^3.$$

$$\text{Área real} = 2.09 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Área nominal} = \pi * r^2 = 2.029$$

La diferencia entre ambas tiene que estar comprendida dentro del  $\pm 5\%$ . En nuestra práctica se cumple lo anterior.

### **3. *Ensayo de tracción.***

Este ensayo consiste en ver la resistencia a la tracción que experimenta una barra de acero. Para esto la pondremos en la prensa y le haremos tracción hasta romper.

Antes de poner la barra en la prensa le hacemos marcas con una separación de 5 cm.

Una vez halla roto la barra hallaremos la carga unitaria de rotura ( $f_s$ ), dividiendo la fuerza máxima por la sección nominal de la barra, y a continuación comprobaremos que se ajusta a los valores mínimos que requiere la norma para un acero B 400 S:

$$F_s = F_{max} / A_N = 4700 \text{ Kg/cm}^2 > 4500, \text{ por lo tanto cumple la norma.}$$

También calculamos el límite elástico, que se hace dividiendo la carga correspondiente al límite elástico entre la sección nominal.

$\text{Lim elástico} = (12.6 * 1000) / 2.01 = 6286.66 \text{ Kg/cm}^2 > 4100 \text{ cumple la norma.}$

\*  $F_s / \text{L. elast.} = 1.33 > 1.05$ . Por lo tanto cumple la norma también.

Finalmente calculamos el alargamiento unitario que se ha producido en la barra. Debido a este alargamiento, en el punto de rotura la sección ha disminuido.

Longitud inicial: 5 cm.  
Longitud final : 6.7 cm.

El incremento de longitud es de 1.7 cm. Por tanto el alargamiento unitario es del 34 % , lo que hace que cumpla la normativa

#### ***4. Ensayo de doblado.***

Este ensayo consiste en doblar una barra de acero 180° alrededor de un mandril que determina el radio de doblado. El diámetro del mandril es tres veces el diámetro de la barra según estipula la normativa, en nuestro caso el mandril será de 48 mm. Tras el doblado se comprueba que no aparecen fisuras en la parte exterior de la misma, en nuestro ensayo no aparecieron fisuras con lo que cumple la norma.

#### ***5. Ensayo de doblado y desdoblado.***

Para finalizar doblamos una barra 90° , para luego desdoblarla otros 30°, comprobando que las fisuras no aparecen esta vez en la parte interna de la barra. El mandril en este caso, es el doble del anterior (como estipula la normativa). En este ensayo tampoco aparecieron fisuras con lo cual podemos afirmar que la barra cumple todos los ensayos a los que fue sometida.

