

## **CAPÍTULO 5. RESULTADOS OBTENIDOS**

### **5.1 Introducción**

En este capítulo se describen los resultados obtenidos al realizar los ensayos definidos en el capítulo anterior intentando dar una explicación a los mismos.

En primer lugar se presentan todos los resultados, de manera cuantitativa, de resistencia conseguidos en los ensayos tanto de compresión como de flexotracción en gráficos de barras para que sea más fácil su interpretación.

Después de esto, se hará hincapié en la evolución de la resistencia en el tiempo y compararemos los resultados obtenidos para los diferentes casos estudiados:

- Según el tipo de curado
- Tipo de lodo adicionado
- Porcentaje de dicha adición.

### **5.2 Resultados de los ensayos a compresión**

A continuación se muestran los resultados de los ensayos a compresión para todas y cada una de las probetas fabricadas, los resultados por grupos de igual edad y tipo de curado.

En los siguientes gráficos, cada grupo de seis barras de igual color corresponden a las seis probetas de misma edad y adición de lodos.

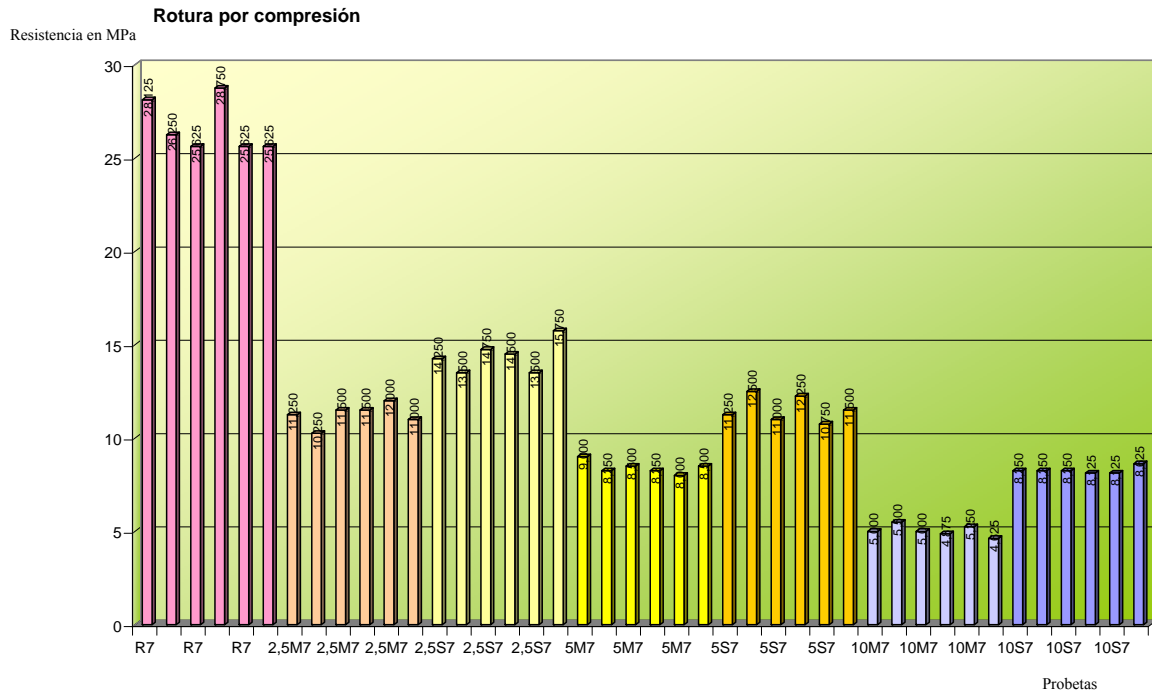
#### **5.2.1 Nomenclatura**

En todos los casos, el primer grupo, de color rosa, corresponde a los morteros de referencia (sin adición de lodos), el segundo grupo, de color salmón, corresponde a las probetas con adición del 2,5% de lodos de Montornés, el tercer grupo, de color amarillo claro, corresponde a morteros con adición del 2,5% de lodos de Sabadell, el cuarto grupo, de color amarillo, corresponde a una adición del 5% de lodos de Montornés, el quinto, de color naranja, a adición del 5% de Sabadell, el sexto, de color lila, a la adición del 10% de Montornés y la última, de color morado, a la adición del 10% de Sabadell, de todas maneras cada barra lleva un subíndice con el código de la probeta correspondiente XXfYY, donde XX es el porcentaje de la adición (2,5; 5 o 10%), f indica la procedencia de los lodos de la adición (M para Montornés y S para Sabadell), y YY es el número que indica el tiempo de curado en días, esta nomenclatura es la usada para todas las probetas excepto las de referencia que se diferencian porque su código empieza por R.

En este tipo de gráficos de barras se observa también la diferencia de resultados entre probetas del mismo tipo, no es conveniente que la diferencia entre cada una de ellas y la media de las resistencias supere el 10%, tal caso indicaría fallo de fabricación y nos obligaría a repetir las. Sin entrar en detalle vemos que se cumple esta condición bastante

bien, esto indica una fabricación correcta y por tanto una buena fiabilidad de los ensayos. A continuación pasaremos a comentar cada uno de los casos por separado:

### 5.2.2 Resistencia a 7 días de morteros curados en agua dulce

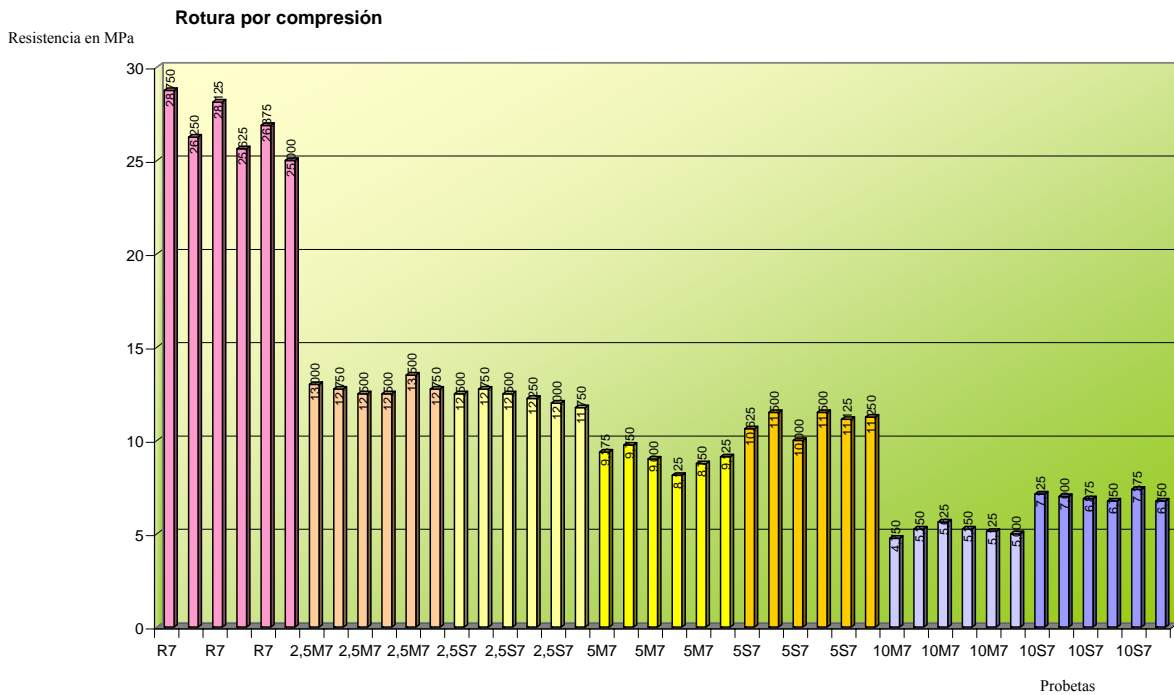


Probeta	R7	2,5M7	2,5S7	5M7	5S7	10M7	10S7
Resistencia	26,67	11,25	14,38	8,42	11,54	5,04	8,27
% resp. Ref.	100%	42%	54%	32%	43%	19%	31%

A la vista del gráfico y la tabla adjuntos vemos que la resistencia a 7 días de las probetas curadas en agua dulce disminuye mucho, hasta menos de la mitad de la de referencia, ya con una mínima adición de lodos. Y llega hasta a quedarse solamente con el 20% de la resistencia de referencia con una adición del 10%.

Otro detalle que se observa rápidamente al mirar el gráfico es que los morteros curados en agua dulce con la adición de lodos procedentes de Sabadell tienen un poco más de resistencia que los morteros con adición de lodos de Montornés. Esta diferencia se hace más acusada cuanto mayor es el porcentaje de la adición de lodos al mortero. En el caso de la adición del 10% los lodos de Sabadell tienen hasta un 65% más de resistencia que los morteros con lodos de Montornés.

### 5.2.3 Resistencia a 7 días de morteros curados en agua salada

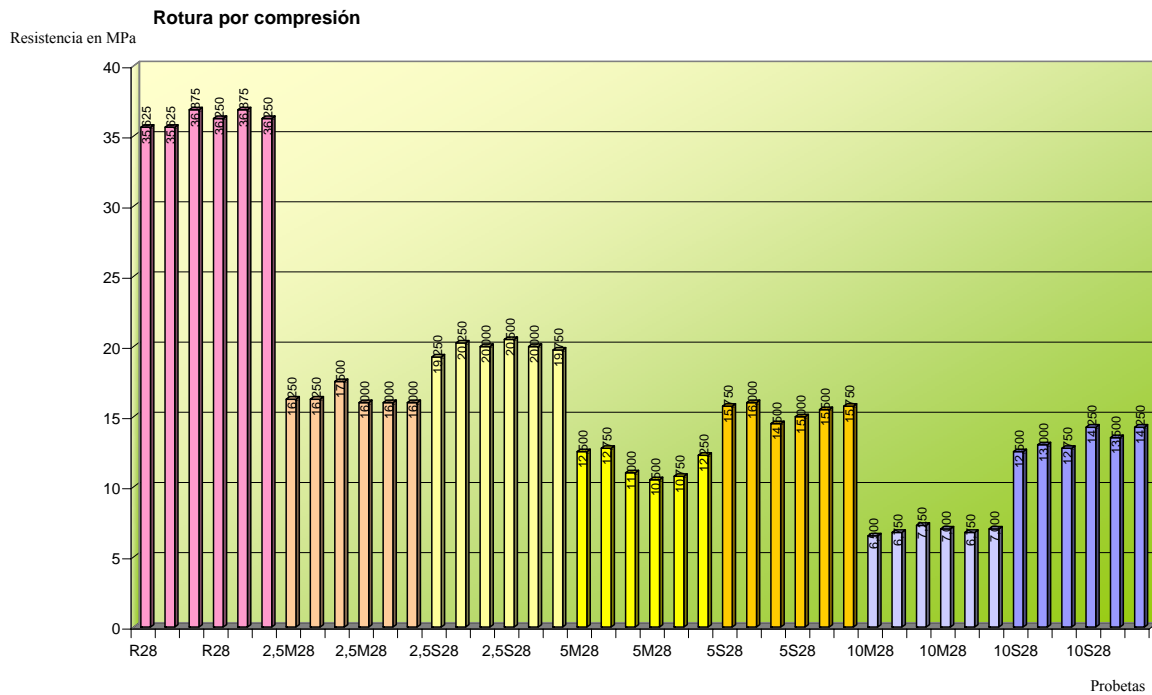


Probeta	R7	2,5M7	2,5S7	5M7	5S7	10M7	10S7
Resistencia	26,77	12,78	12,29	9,02	11,00	5,17	6,98
% resp. Ref.	100%	48%	46%	34%	42%	19%	26%

La resistencia a 7 días de los morteros curados en agua de mar disminuye de forma substancial al añadir lodos de depuradora a la mezcla tal como pasaba con los curados en agua dulce.

Aquí a penas se observa ninguna diferencia entre los morteros con lodos de Sabadell o Montornés para adición del 2,5%, pero vuelve a pasar lo mismo que con el curado en agua dulce para concentraciones del 5 y el 10%, que las adiciones de lodos de Sabadell dan una resistencia notablemente mayor que las adiciones de Montornés, y mayor es esta diferencia cuanto es la adición.

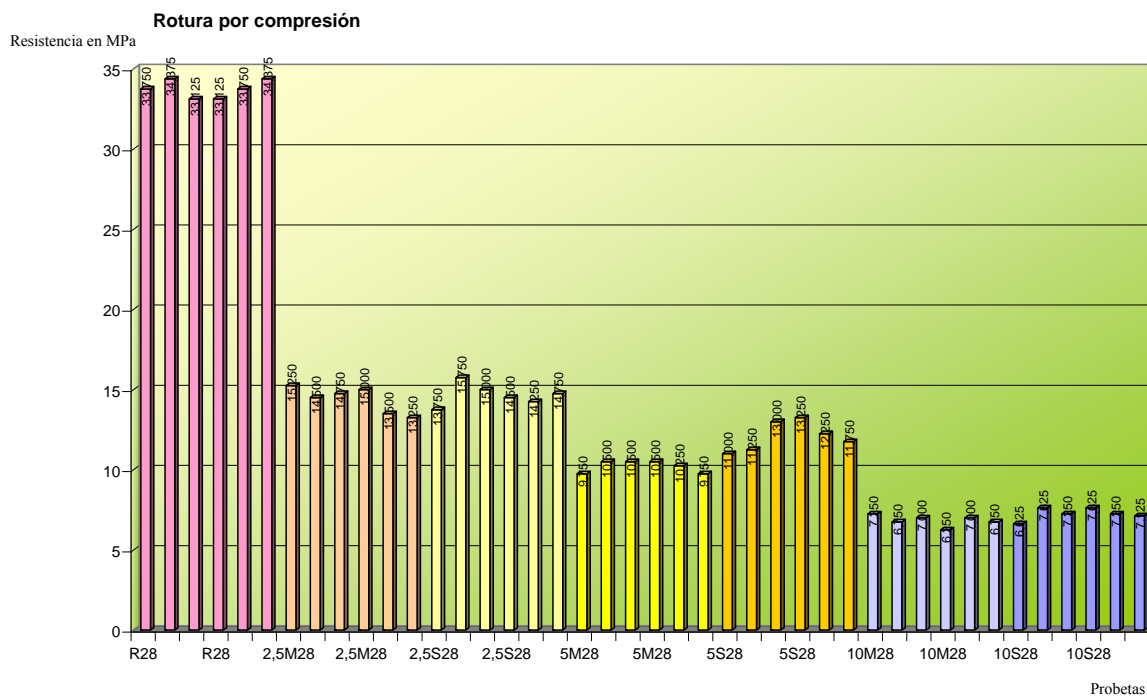
### 5.2.4 Resistencia a 28 días de morteros curados en agua dulce



Probeta	R28	2,5M28	2,5S28	5M28	5S28	10M28	10S28
Resistencia	36.25	16.33	19.96	11.63	15.42	6.88	13.79
% resp. Ref.	100%	44%	55%	32%	42%	19%	38%

Respecto a la resistencia a 28 días de morteros con adición de lodos curados en agua dulce, disminuye drásticamente en cuanto se añade una pequeña cantidad de lodos a la mezcla. Se observa, incluso de manera más acusada, el fenómeno que destacábamos con la resistencia a 7 días para este mismo tipo de curado, que es notablemente mayor la resistencia de los morteros con lodos procedentes de la depuradora de Sabadell, hasta un 22% mayor para la adición de solo el 2.5%, un 33% mayor para la adición del 5% y hasta más del doble (100% mayor) en los morteros con adición del 10% de lodos de Sabadell respecto a los morteros con lodos de Montornés.

### 5.2.5 Resistencia a 28 días de morteros curados en agua salada

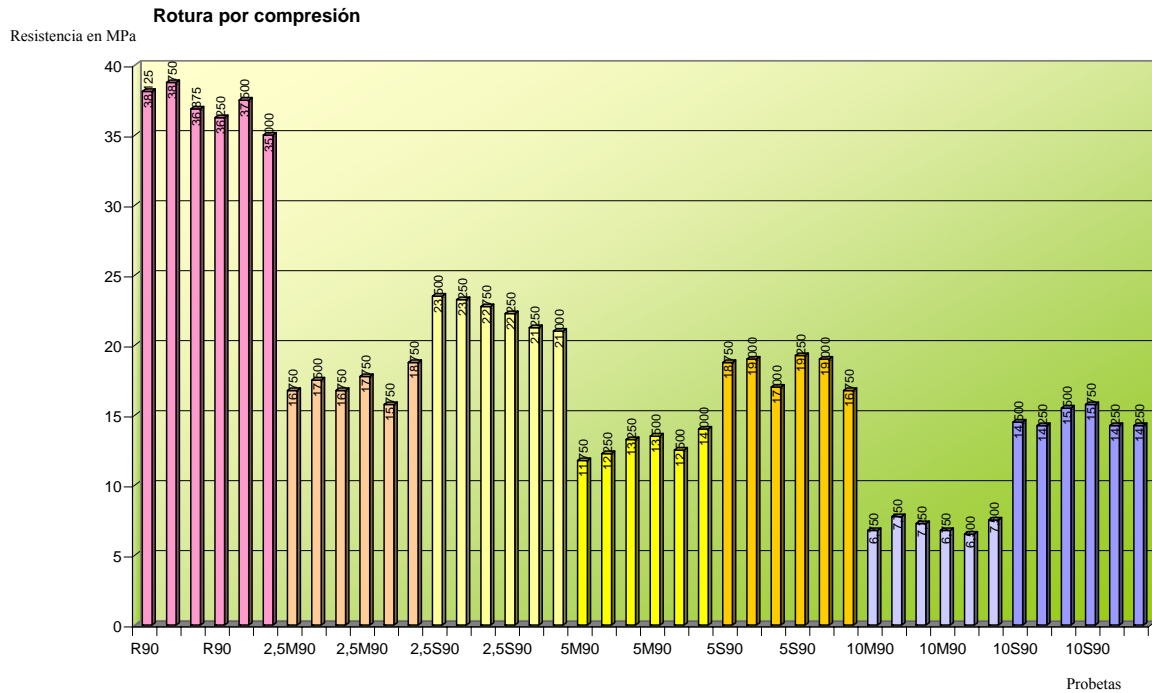


Probeta	R28	2,5M28	2,5S28	5M28	5S28	10M28	10S28
Resistencia	33.75	14.38	14.67	10.21	12.08	6.83	7.25
% resp. Ref.	100%	43%	43%	30%	36%	20.23%	21%

Como en todos los casos anteriores la resistencia a 28 días disminuye hasta menos de la mitad de la de referencia para los morteros curados en agua salada que tienen una adición, por pequeña que sea, de lodos procedentes de las depuradoras de Sabadell o Montornés.

Igual que pasaba para la resistencia a 7 días con los morteros curados en agua de mar, es un poco mayor la de los morteros con lodos de Sabadell aunque no hay tanta diferencia como en el caso anterior. En este caso, para la adición del 2.5% la resistencia del mortero con adición de Sabadell es un 2% mayor que la de Montornés, para un 5% la diferencia aumenta hasta el 18% y para el 10% se queda en el 6%.

### 5.2.6 Resistencia a 90 días de morteros curados en agua dulce



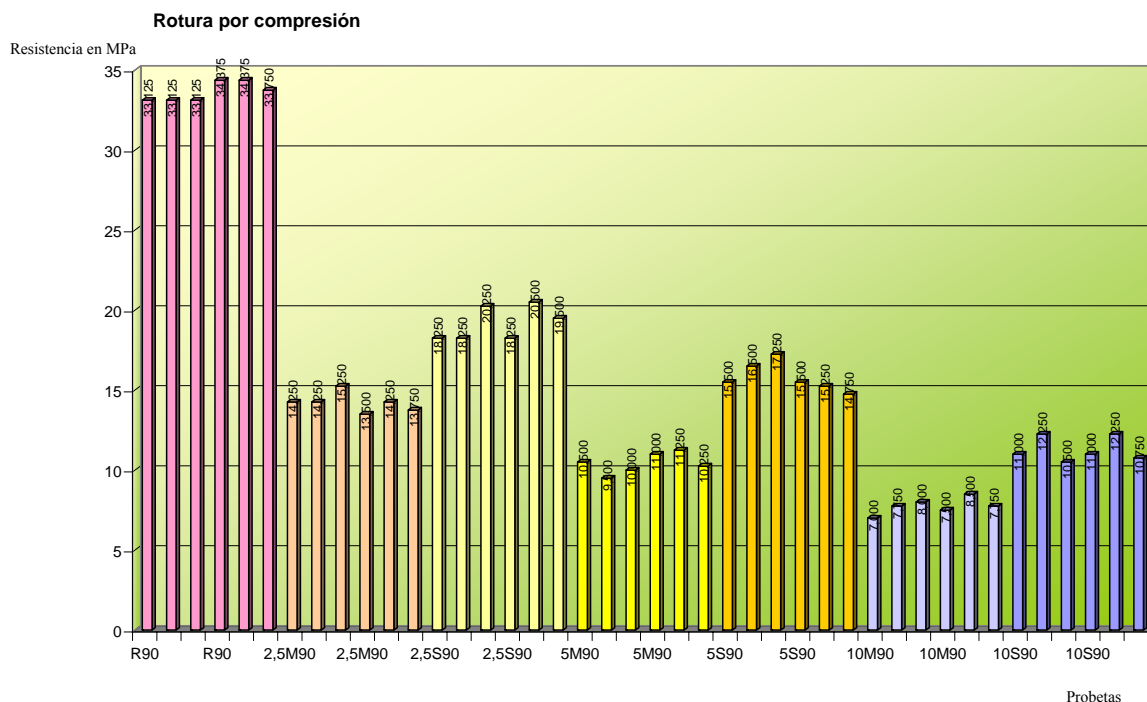
Probeta	R90	2,5M90	2,5S90	5M90	5S90	10M90	10S90
Resistencia	37.08	17.21	22.33	12.88	18.29	6.88	14.75
% resp. Ref.	100%	46%	60%	35%	49%	19%	40%

Para el caso de morteros curados en agua dulce, la diferencia entre la resistencia a 90 días conseguida por los morteros con adición de Sabadell y los que tienen la adición de Montornés es aun mayor de lo que era para las resistencias a 7 y 28 días.

Para la adición del 2.5% los morteros con adición de Sabadell tienen un 30% más de resistencia que los morteros con la adición procedente de Montornés, para la adición del 5% la diferencia en este sentido se va hasta el 42%, y para el 10% llega hasta el 114%.

Hay que destacar también que a 90 días la resistencia de los morteros con adición de lodos de Sabadell curados en agua dulce varía entre el 40 y el 60%, esto es muy superior a todos los otros casos estudiados.

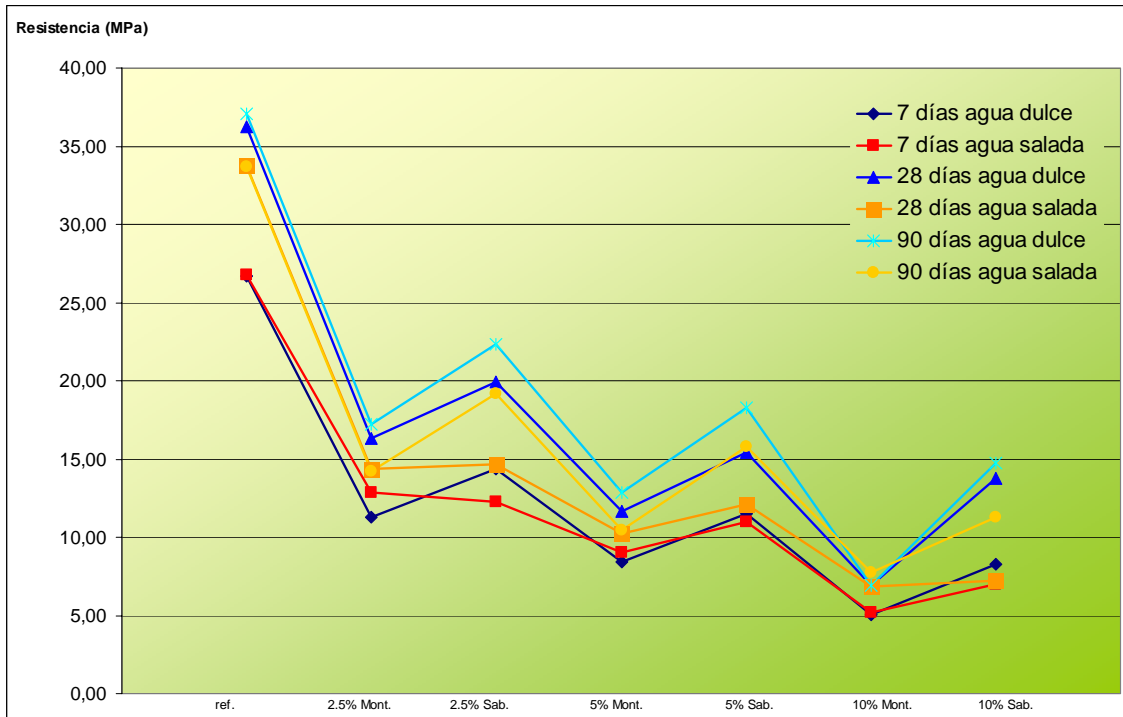
### 5.2.7 Resistencia a 90 días de morteros curados en agua salada



Probeta	R90	2,5M90	2,5S90	5M90	5S90	10M90	10S90
Resistencia	37.08	14.21	19.17	10.42	15.79	7.75	11.29
% resp. Ref.	100%	38%	52%	28%	43%	21%	30%

Como en todos los otros casos, la resistencia a 90 días para los morteros curados en agua salada disminuye rápidamente con una mínima adición de lodos. Esta disminución es levemente menor cuando la adición es procedente de Sabadell respecto a la de Montornés. La resistencia para la adición de Montornés se sitúa entre el 38 y el 21% respecto a la de referencia, mientras que la asociada a la adición de Sabadell se mantiene entre el 52 y el 30% según el porcentaje de dicha adición.

### 5.2.8 Resumen de resultados



En este gráfico de resume todo lo visto en las páginas anteriores, las líneas de tonos azules corresponden a curados en agua dulce, y las de tonos colorados a curados en agua de mar.

Se observa en general que la resistencia es mayor, en general, para el curado en agua dulce. Solo para algunas probetas ensayadas a 7 días la resistencia del mortero curado en agua dulce queda por debajo del curado en agua salada.

Por otro lado se ve claramente que la resistencia aumenta con la edad, detalle bastante obvio, pero que también hay que tener en cuenta al realizar ensayos de morteros con nuevas adiciones.



### **5.2.9 Resistencia a compresión**

En las siguientes páginas se muestran los resultados comparando los diferentes morteros fabricados. La evolución de la resistencia con el tiempo se compara por grupos según la variable a comprobar en cada caso:

- Procedencia de los lodos,
- porcentaje de la adición y
- tipo de curado (agua dulce o salada).

Se han buscado las comparaciones entre morteros con igual porcentaje en la adición de lodos y procedencia de los mismos, comparando la resistencia a 7, 28 y 90 días del mortero curado en agua dulce con la del mortero curado en agua salada.

Lo mismo se ha hecho con probetas de morteros con igual porcentaje de lodos y tipo de curado, en las que varía la procedencia de los lodos de la adición, y se ha comparado en un tercer grupo gráficos morteros con la misma procedencia de lodos y el mismo curado en los que varía el porcentaje de la adición, siempre todos ellos comparados con morteros de referencia sin ninguna adición de lodo.

### **5.3 Comparación según el tipo de curado**

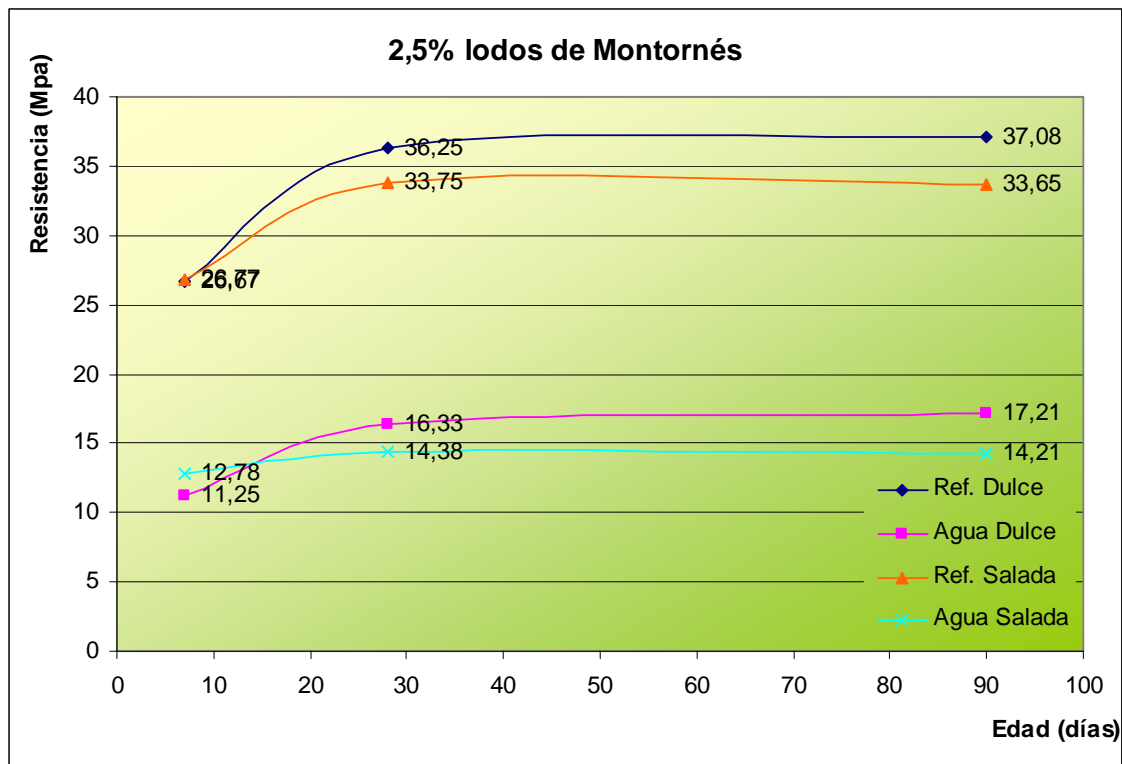
Las figuras de este apartado comparan morteros con igual adición de lodos, tanto en procedencia de los mismos como en su concentración.

Cada uno de los gráficos muestra curvas de resistencia en función de la edad, para el mortero de referencia curado en agua dulce, el mortero con la adición curado en agua dulce, y ambos también curados en agua salada.

Son:

- morteros con adición del 2,5% de lodos procedentes de la depuradora de Montornés
- morteros con adición del 2,5% de lodos procedentes de la depuradora de Sabadell
- morteros con adición del 5% de lodos procedentes de la depuradora de Montornés
- morteros con adición del 5% de lodos procedentes de la depuradora de Sabadell
- morteros con adición del 10% de lodos procedentes de la depuradora de Montornés
- morteros con adición del 10% de lodos procedentes de la depuradora de Sabadell

### 5.3.1 Morteros con 2,5% de adición de lodos procedentes de Montornés

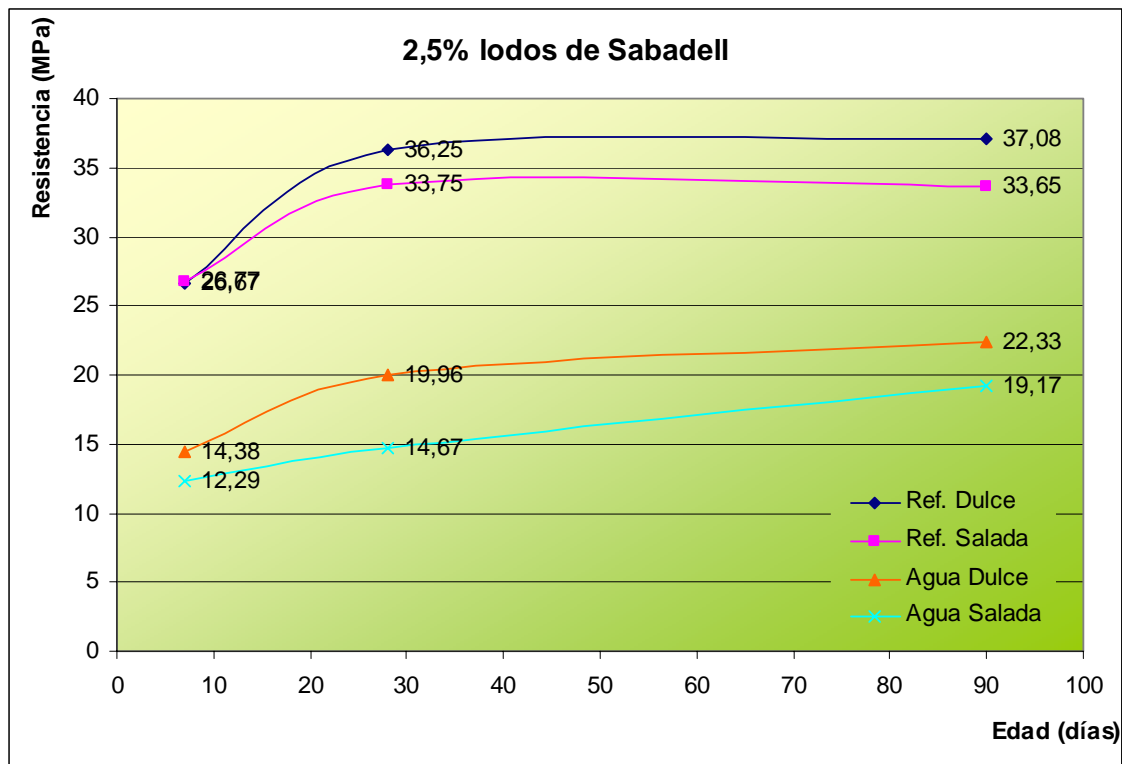


Lo que más destaca a la vista de este gráfico es la diferencia entre la resistencia del mortero de referencia respecto al mortero con adición del 2,5% de lodos procedentes de la depuradora de Montornés. Aunque la adición sea tan pequeña como el 2,5% en peso de lodos respecto al peso de cemento, la resistencia sufre un importante descenso.

La resistencia del mortero con adición de lodos, con cualquier tipo de curado, no llega ni a la mitad del mortero de referencia, sino que se queda en el 47% de la resistencia de referencia a 7 días, en el 43% de la resistencia de referencia a 28 días y el 44% para la resistencia a 90 días.

Otro detalle a tener en cuenta es que, aunque sin haber demasiada diferencia, adquiere mayor resistencia, tanto a 28 como a 90 días, el mortero curado en agua dulce, no es así a tempranas edades, 7 días, donde los sulfatos del agua de mar actúan como acelerantes y hacen que el mortero curado en agua salada consiga mayor resistencia de una manera más rápida.

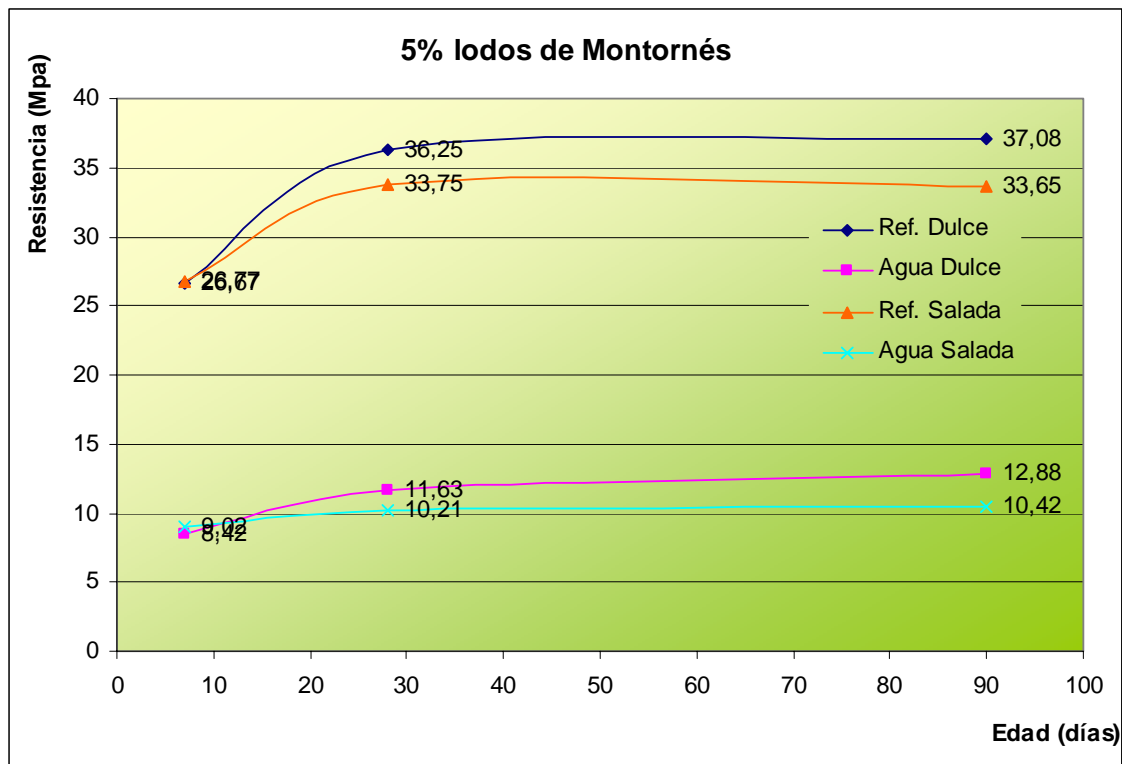
### 5.3.2 Morteros con 2,5% de adición de lodos procedentes de Sabadell



Como en el caso de la adición del 2,5% de lodos procedentes de Montornés, en la adición de Sabadell se observa una disminución importante en la resistencia del mortero con adición de lodos respecto al mortero de referencia, asimismo la resistencia del mortero curado en agua salada es un poco menor en todas las edades en que hemos ensayado (7, 28 y 90 días), y no pasa como con el mortero con adición de lodos de Montornés, en que a tempranas edades, por el efecto acelerador de los sulfatos, era mayor la resistencia del curado en agua salada, aunque después este efecto se invirtiera.

Mirando las curvas de evolución de la resistencia para estos morteros vemos que ya desde el inicio la resistencia alcanzada es mucho menor que en los morteros de referencia, un 54% a 7 días, esta diferencia se mantiene a los 28 días, pero a partir de aquí, incluso disminuye. Los morteros con adición del 2,5% de lodos de Sabadell, a partir de los 28 días ganan resistencia más rápidamente que los de referencia (aún así llegando a alcanzar solamente el 60% de la resistencia del mortero sin adición). Vemos pues, que los lodos hacen que se pierda resistencia, y que además ésta de tarde más en alcanzar.

### 5.3.3 Morteros con 5% de adición de lodos procedentes de Montornés

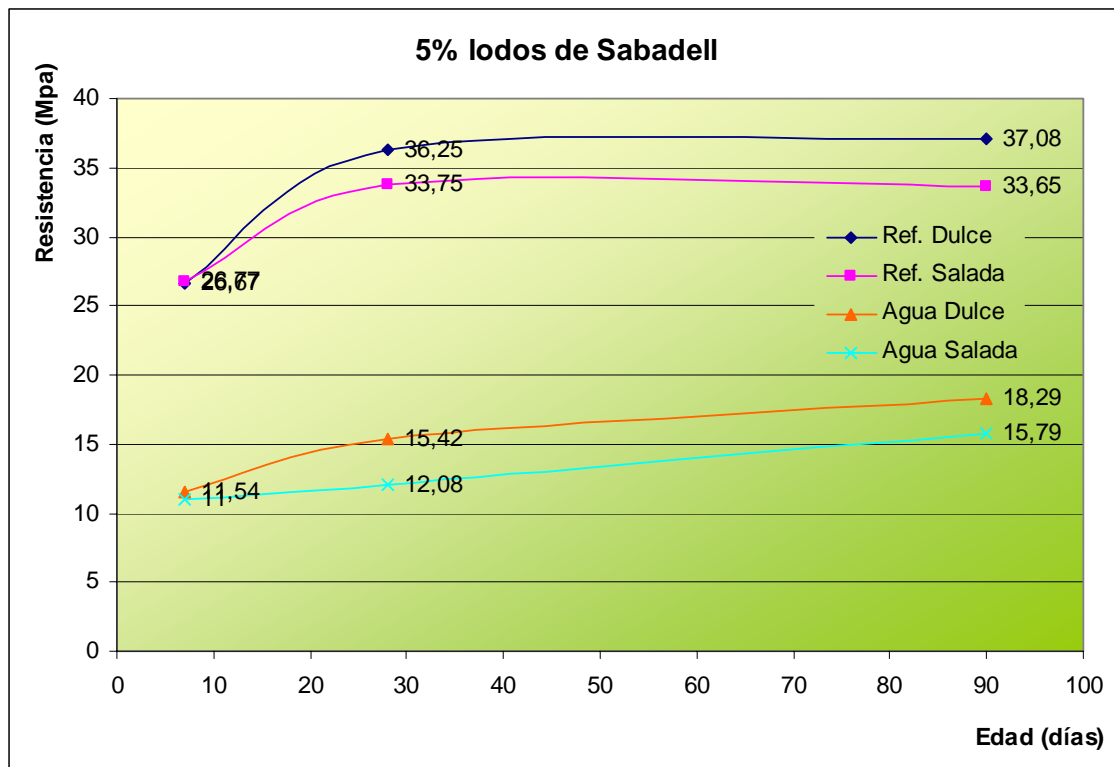


Mirando el gráfico de la evolución de la resistencia de los morteros con adición del 5% de lodos procedentes de la EDAR de Montornés se ve que tiene un comportamiento muy similar al de los morteros con adición del 2.5% de lodos procedentes del mismo lugar pero con una resistencia aún menor. En este caso, la resistencia inicial de los morteros con adición, se queda en 8.42 Mpa, el 30% de la de referencia, por el 47% del caso anterior. Aquí también la resistencia inicial del curado en agua salada es ligeramente superior a la del curado en agua dulce.

En el siguiente escalón estudiado, a 28 días, la resistencia ha aumentado menos que la de referencia, quedándose en 11.63 Mpa y siguiendo en la misma relación que a 7 días, sobre el 30%. A estas edades, ya es mayor la del mortero curado en agua dulce y así se mantiene también a 90 días.

Para la resistencia a 90 días la relación respecto a la del mortero de referencia es del 33% aumenta ligeramente respecto a los 7 y 28 días. A la edad de 90 días, la relación entre el curado en agua de mar y el curado en agua dulce es del 90% en el mortero de referencia y del 80%, en cambio, para el mortero con adición. Es decir, se incrementa la diferencia por el tipo de curado en los morteros con adición de lodos.

### 5.3.4 Morteros con 5% de adición de lodos procedentes de Sabadell

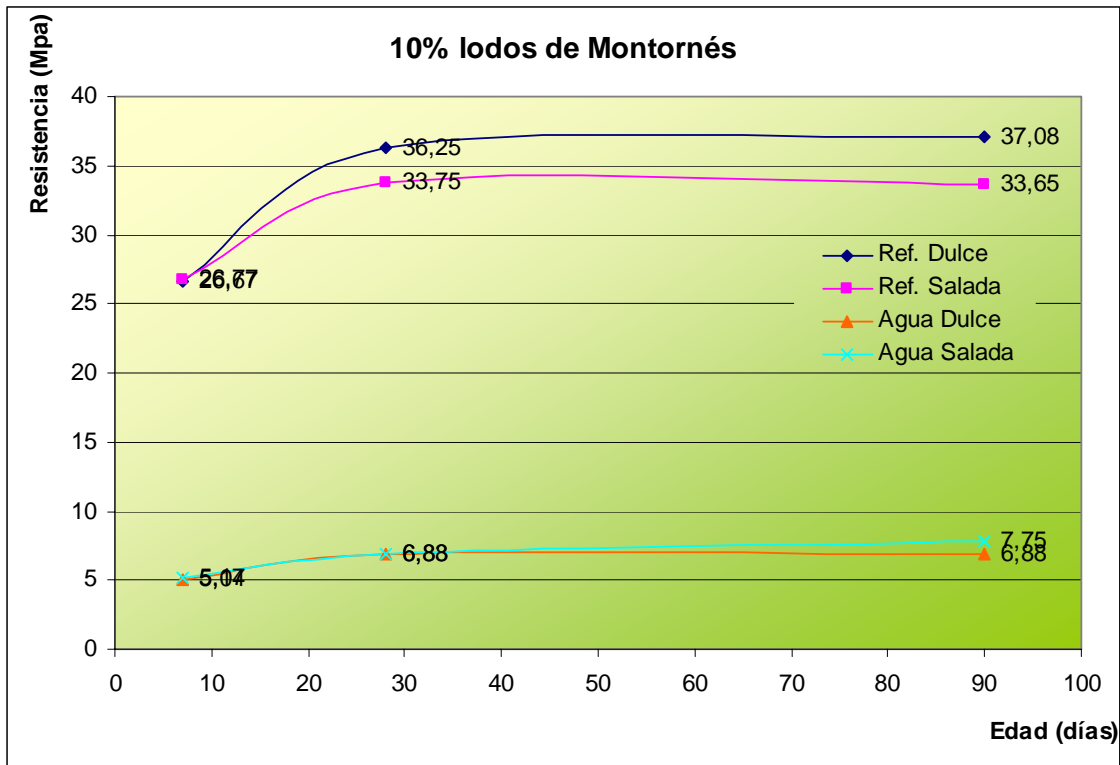


Con la adición del 5% de lodos procedentes de Sabadell, como ya se ha comentado en repetidas ocasiones, disminuye mucho la resistencia respecto a las probetas de referencia. Esta diferencia es más acusada para el caso del curado en agua de mar.

La disminución media de resistencia para este grupo de probetas curadas en agua dulce se sitúa en el 55%, mientras que en el caso de las curadas en agua de mar es del 58%. Con esto vemos que la disminución de resistencia es ligeramente mayor cuando estos morteros se curan en agua de mar.

La resistencia de los morteros curados en agua de mar se queda en el 90% de la conseguida por los morteros con curado en agua dulce.

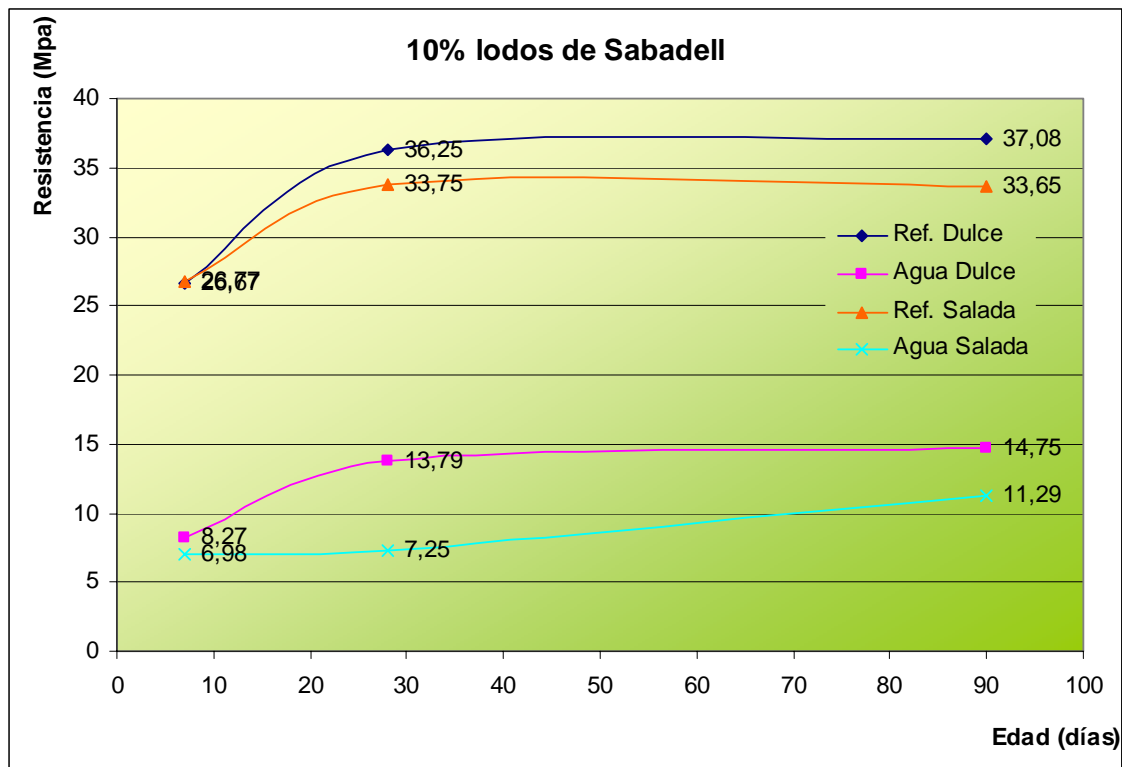
### 5.3.5 Morteros con 10% de adición de lodos procedentes de Montornés



En este caso, pasa exactamente igual que en los anteriores pero con una mayor disminución de la resistencia debida a la mayor adición de lodos.

Aquí, como se ve en el gráfico, a penas varía la resistencia de los morteros con adición tanto si se han curado en agua dulce como salada. En cambio, ésta ni si quiera llega al 20% de la resistencia lograda por los morteros sin ningún tipo de adición.

### 5.3.6 Morteros con 10% de adición de lodos procedentes de Sabadell



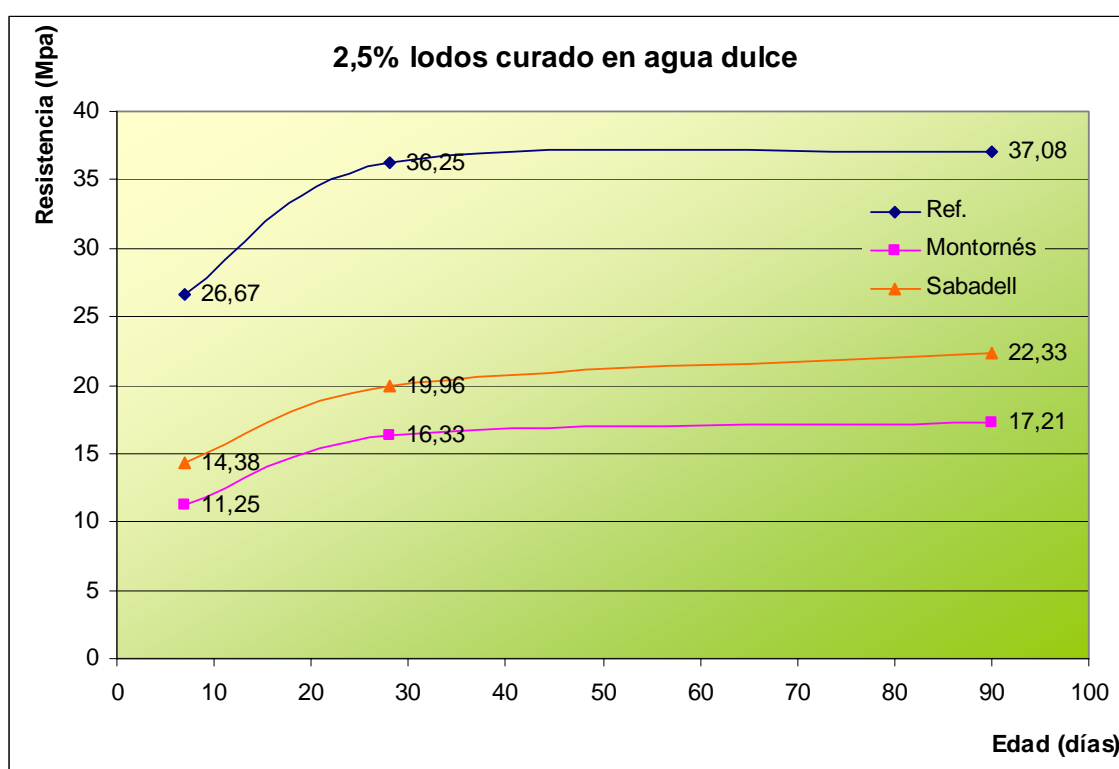
Para los morteros con lodos de Sabadell se observa una notable diferencia según el tipo de curado. El curado en agua de mar hace que la resistencia sea mucho menor. Este detalle lo hemos observado para todas las adiciones de este tipo de lodos, aunque es más acusado cuanto mayor es la adición, especialmente a la edad de 28 días, que llega a decrecer hasta un 50% respecto la resistencia del curado en agua dulce.

### 5.4 Comparación según la procedencia de la adición

En este apartado se comparan las resistencias de los lodos según la procedencia de la adición, es decir, en cada gráfico edad vs. resistencia aparecen tres líneas, la de resistencia del mortero de referencia, la de la resistencia del mortero con adición de lodos de Montornés y la de resistencia con adición de lodos de Sabadell sin variar el tiempo ni el tipo de curado.

Los gráficos tenidos en cuenta han sido los curados en agua dulce con adición del 2.5%, del 5% y del 10%, y los curados en agua de mar con las mismas adiciones (del 2.5%, del 5% y del 10%).

#### 5.4.1 Curado en agua dulce con adición de lodos del 2.5%



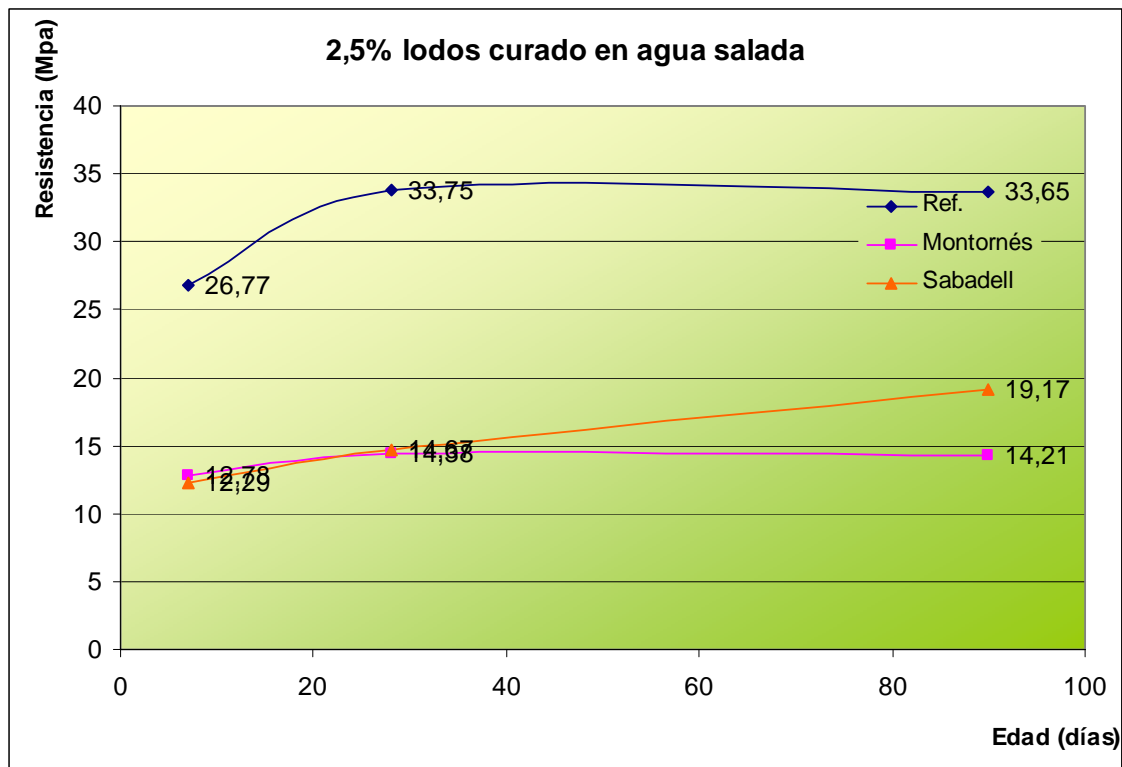
Al igual que en todos los gráficos estudiados hasta ahora, la disminución de resistencia al hacer la adición de lodos es muy acusada.

Para la adición de 2.5% de lodos respecto el peso del cemento, disminuye en mayor medida la resistencia cuando la adición es de los lodos procedentes de Montornés, que cuando esta adición es de lodos procedentes de Sabadell.

La disminución media de la resistencia de los morteros con adición del 2.5% de lodos llega hasta el 50%. Esta disminución es del 40% para los lodos de Sabadell y del 60% para los de Montornés. Con esto también vemos que la resistencia media de los morteros con adición de lodos de Montornés se sitúa en el 75% de la resistencia media de los morteros con la adición de lodos de Sabadell, para todas las edades ensayadas.



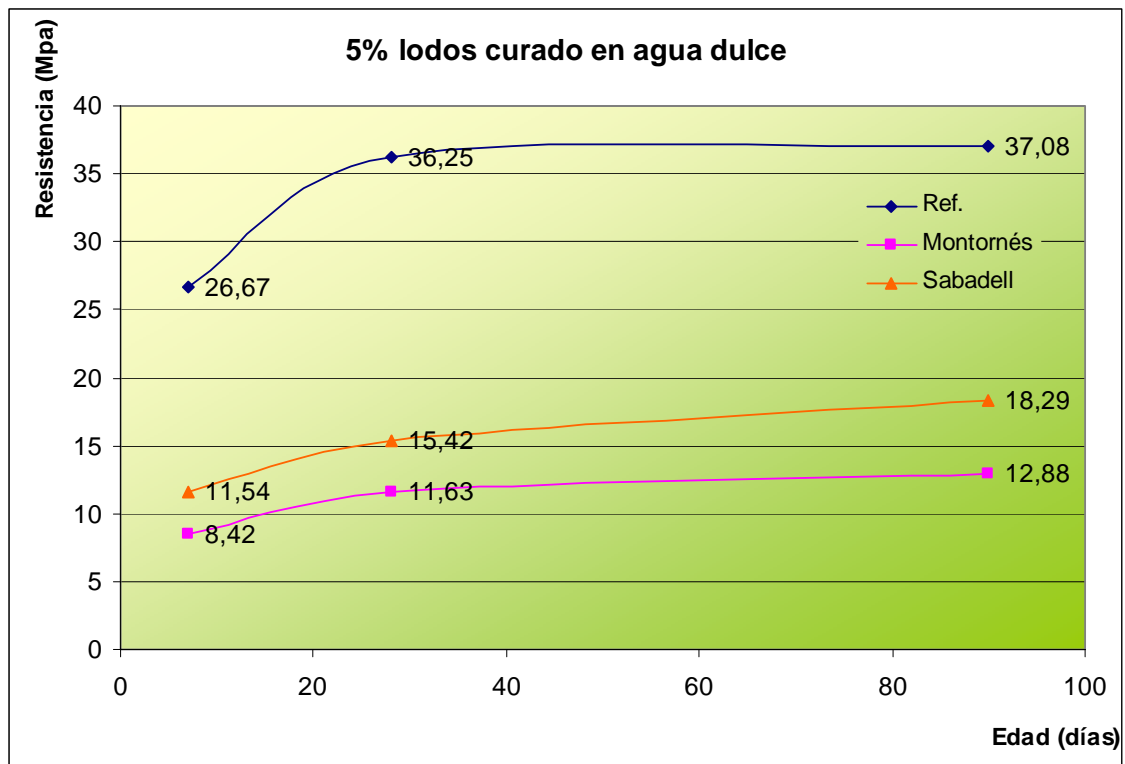
### 5.4.2 Curado en agua de mar con adición de lodos del 2.5%



Para el caso de los morteros con adición del 2.5% de lodos curados en agua salada, lo primero que observamos al mirar la gráfica de resultados, es que las líneas de resistencia de los lodos de Sabadell y de Montornés están prácticamente juntas en tempranas edades. La cosa cambia a 90 días, donde se vuelven a separar y, como para el curado en agua dulce, la resistencia de los morteros con adición de lodos de Montornés se queda en el 75% de la resistencia de los morteros con adición de lodos de Sabadell.

Tanto para 7 como para 90 días la resistencia de los morteros con adición de lodos se queda exactamente en la mitad de la resistencia de referencia, un 50% de la resistencia de un mortero sin ningún tipo de adición. Solo a 28 días esta resistencia queda en un 45% respecto la de referencia.

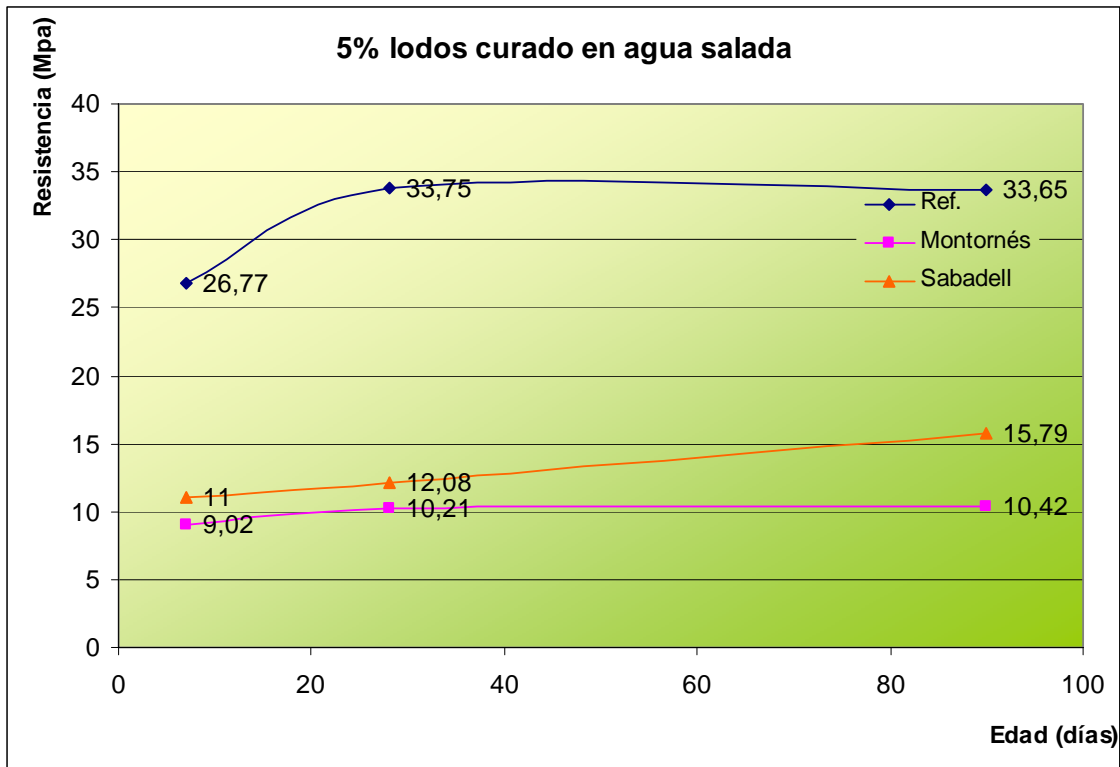
### 5.4.3 Curado en agua dulce con adición de lodos del 5%



La resistencia media de las probetas, con una adición del 5% de lodos, curadas en agua de mar es de menos del 40% de la resistencia de las probetas de referencia con la misma edad y tipo de curado.

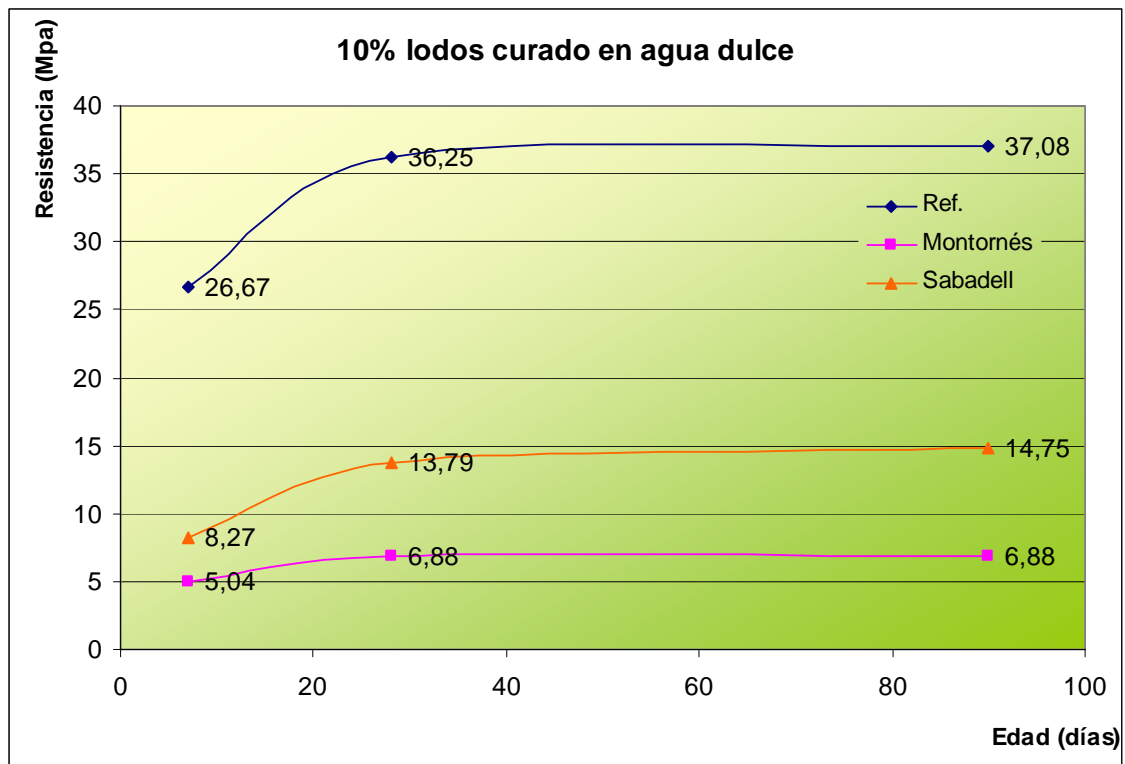
En este caso, como en el de la adición del 2.5% curadas en agua dulce, la adición de lodos de Sabadell hace que el mortero en cuestión tenga un poco más de resistencia que el mortero con la adición de lodo de Montornés. La resistencia de los morteros con lodos de Montornés se queda en el 75% de la de los morteros con lodos de Sabadell.

### 5.4.4 Curado en agua de mar con adición de lodos del 5%



Los morteros con adición del 5% lodos de Sabadell y Montornés curados en agua de mar tienen el mismo comportamiento que los morteros con adición del 2.5% de lodos y el mismo tipo de curado. La diferencia es mínima para edades de 7 y 28 días, mientras que ésta crece para los ensayos a 90 días. La reducción de resistencia media es del 60%, mientras que para los lodos de Montornés es casi un 20% menor a 7 días, un 15% a 28 días y un 35% a 90 días.

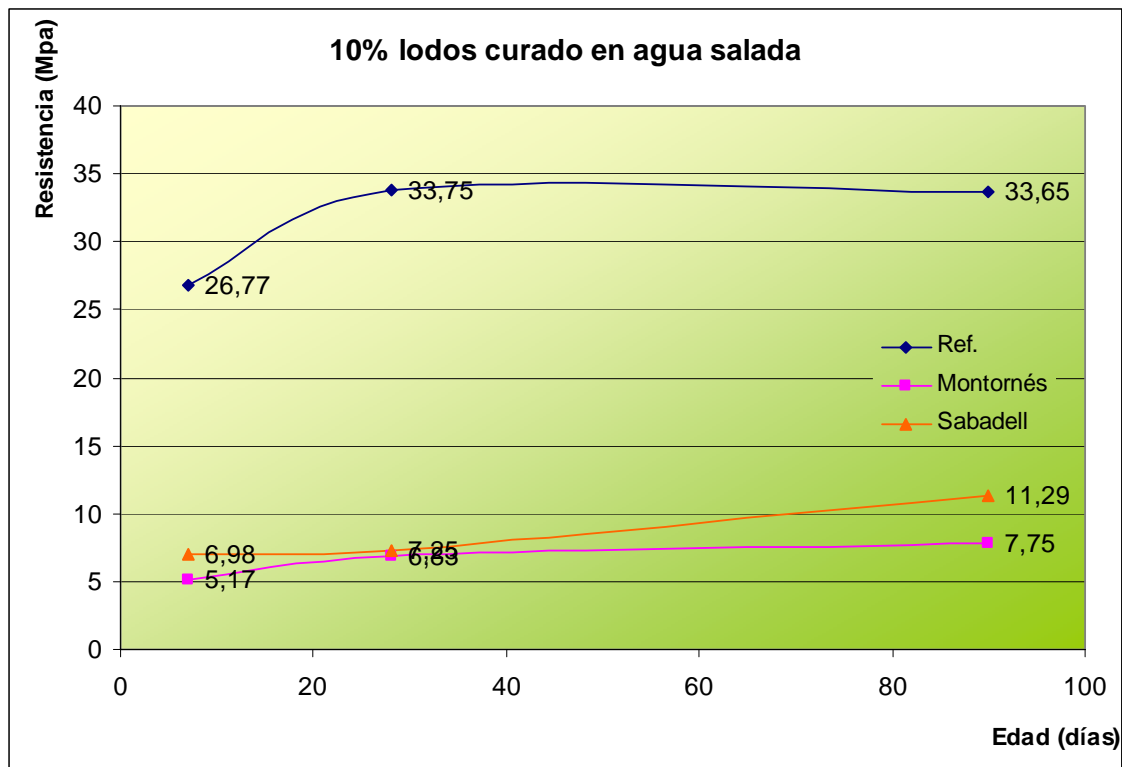
### 5.4.5 Curado en agua dulce con adición de lodos del 10%



La resistencia media de las probetas, con un 10% de lodos, curadas en agua dulce es un 28% de la resistencia de las probetas de referencia con el mismo tipo de curado. Disminuye muchísimo la resistencia.

En este caso la resistencia de las probetas de Montornés es la mitad de la resistencia de las de Sabadell.

### 5.4.6 Curado en agua de mar con adición del 10%



Igual que en los otros casos de morteros curados en agua de mar, en este caso los morteros con adición de lodos a las edades de 7 y 28 días apenas dan diferencia de resistencia entre los morteros con adición de lodos de Montornés y los morteros con adición de lodos de Sabadell. No es así para la edad de 90 días, que sí hay diferencia a favor de la adición de Sabadell.

La resistencia media entre los morteros con adición del 10% curados en agua de mar es del 25% de la resistencia media de los morteros de referencia.

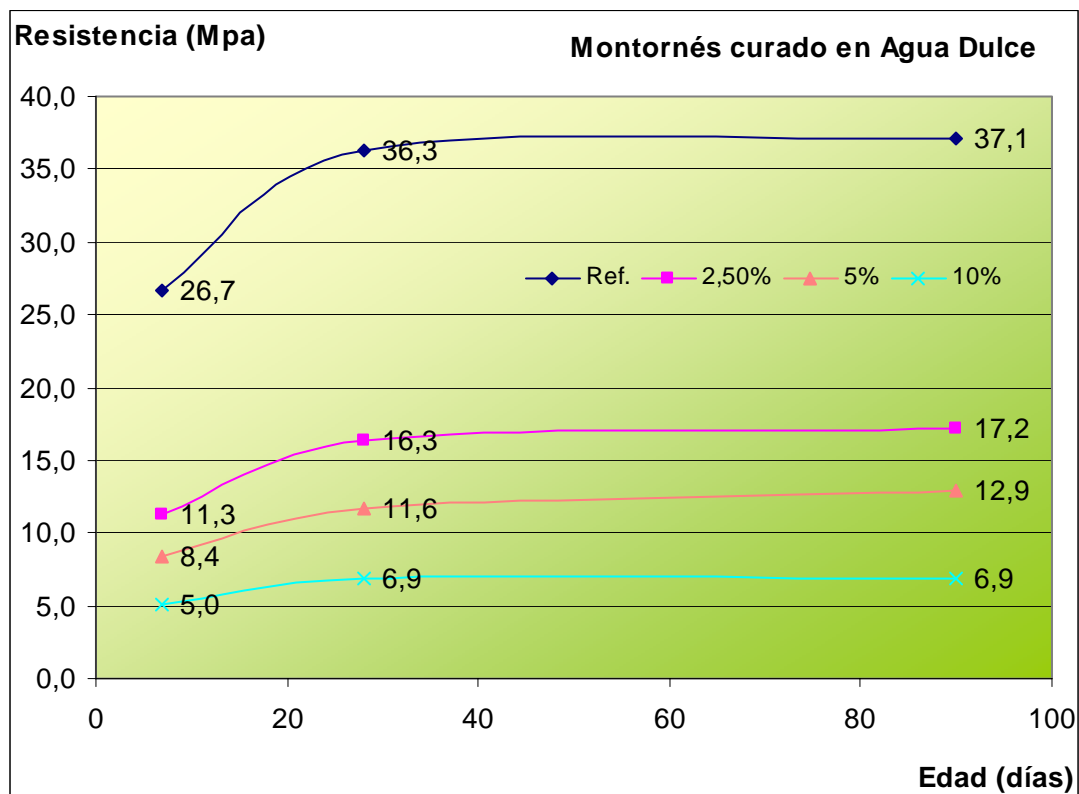
Para la edad de 7 días, esta misma relación es del 24%, para la edad de 28 días se queda solamente en el 21%, en cambio vuelve a subir hasta casi el 30% a la edad de 90 días.

### Comparación según el porcentaje adicionado de lodos

En la siguiente serie de gráficos se comparan morteros variando la adición de lodos. En cada uno de los siguientes gráficos se mantiene constante el tipo de curado y la procedencia de los lodos, con lo cual tenemos los siguientes:

Curado en agua dulce con lodos de Montornés, curado en agua dulce con lodos de Sabadell, curado en agua de mar con lodos de Montornés y curado en agua de mar con lodos de Sabadell.

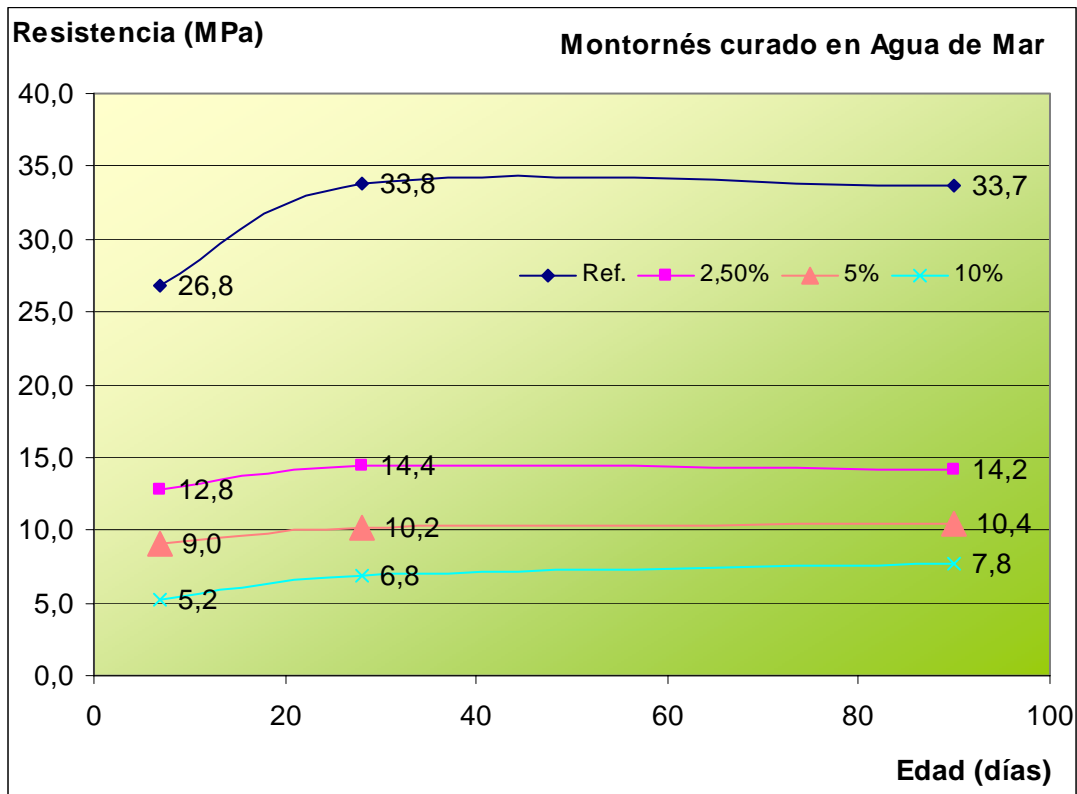
#### 5.4.7 Curado en agua dulce con adición de Montornés



En esta gráfica vemos las resistencias conseguidas por los morteros con adición de Montornés curados en agua dulce.

Observamos rápidamente la disminución de resistencia producida en el mortero con adición de lodo, simplemente con una adición del 2.5%, ésta se va a menos de la mitad de la resistencia a compresión conseguida por el mortero de referencia. Después se producen sendas disminuciones de la resistencia para las adiciones del 5 y el 10% que son proporcionales al porcentaje de adición, y proporcionales respecto a la resistencia para todas las edades ensayadas.

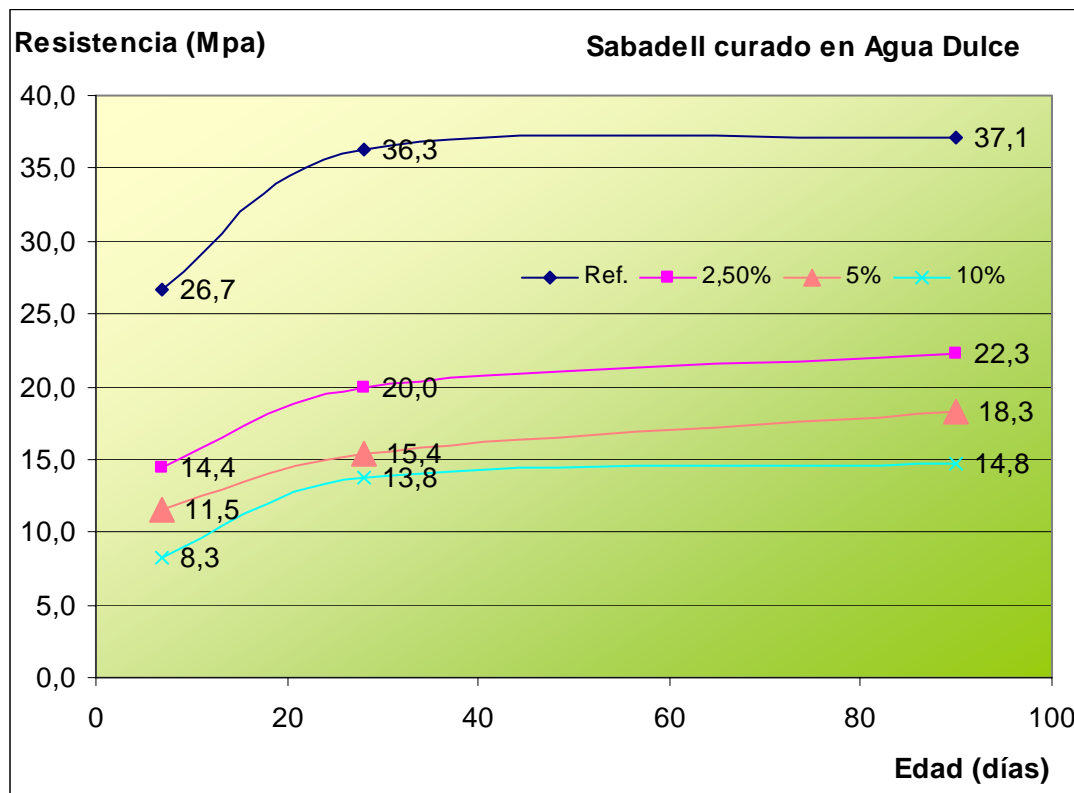
### 5.4.8 Curado en agua de mar con lodos de Montornés



Para los lodos de Montornés curados en agua de mar también tienen el comportamiento que esperábamos antes de realizar los ensayos, una sustancial disminución de la resistencia, ya con la adición del 2,5%, que llega al 65%. Cuando le añadimos un 5% de lodos, aún disminuye un 50% de media, y otro 35% al llegar al 10% de adición para situarse en una resistencia del 20% respecto la de referencia.

Otra cosa que deducimos de la observación del gráfico, es que las curvas de resistencia con la edad son prácticamente paralelas. En especial a grandes edades, la mayor pérdida se concentra a edades tempranas.

### 5.4.9 Curado en agua dulce con lodos de Sabadell



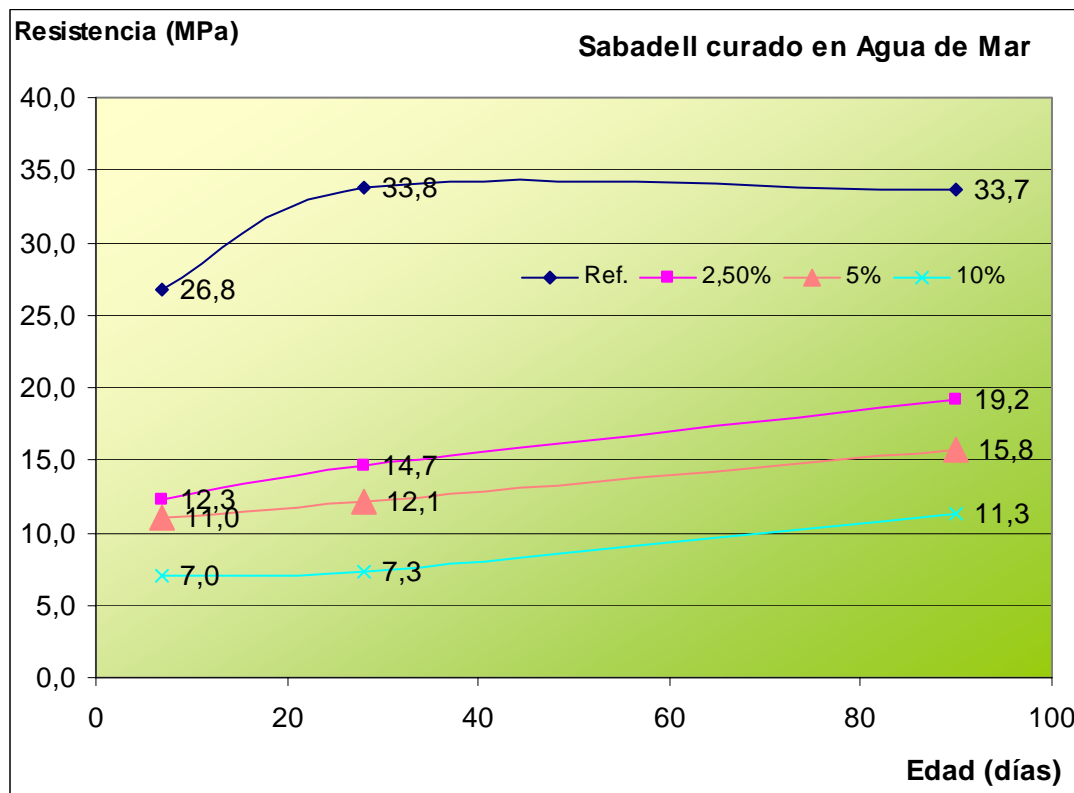
En este caso, como es todos los otros, la resistencia de los morteros con adición de lodos disminuye mucho respecto la de los morteros de referencia.

Se ve claramente que la resistencia disminuye conforme se aumenta la concentración de lodos adicionados. Para la adición del 2.5% la resistencia media, para las tres edades ensayadas se queda en el 60% respecto la de referencia. La resistencia de la adición del 5% está en el 45% y la resistencia del mortero con el 10% de adición baja hasta el 37% de la de referencia.

La disminución de resistencia es muy notable por poca adición que hayamos puesto en los morteros, para el 2.5% hay una bajada de la resistencia alarmante, aún sigue bajando cuando la adición llega al 5% y de menor manera para el mortero con el 10% de adición.



### 5.4.10 Curado en agua de mar con lodos de Sabadell



Aquí la disminución de resistencia de los morteros con adición de lodos de Sabadell curados en agua de mar, es tan notable como en todos los casos anteriores.

Para la edad de 7 días, la resistencia del mortero con la adición del 2.5% se queda en el 46% de la resistencia de referencia, la del mortero con adición del 5% en el 43%, y la del mortero con 10% de adición en el 26%.

A la edad de 28 días la resistencia del mortero con adición del 2.5% es del 44% respecto la del mortero de referencia, para la adición del 5% es del 36% y para la adición del 10% es del 22%.

Para la mayor edad ensayada, los 90 días, la adición del 2.5% se queda en el 55%, la del 5% en 47% y la del 10% en 33%.

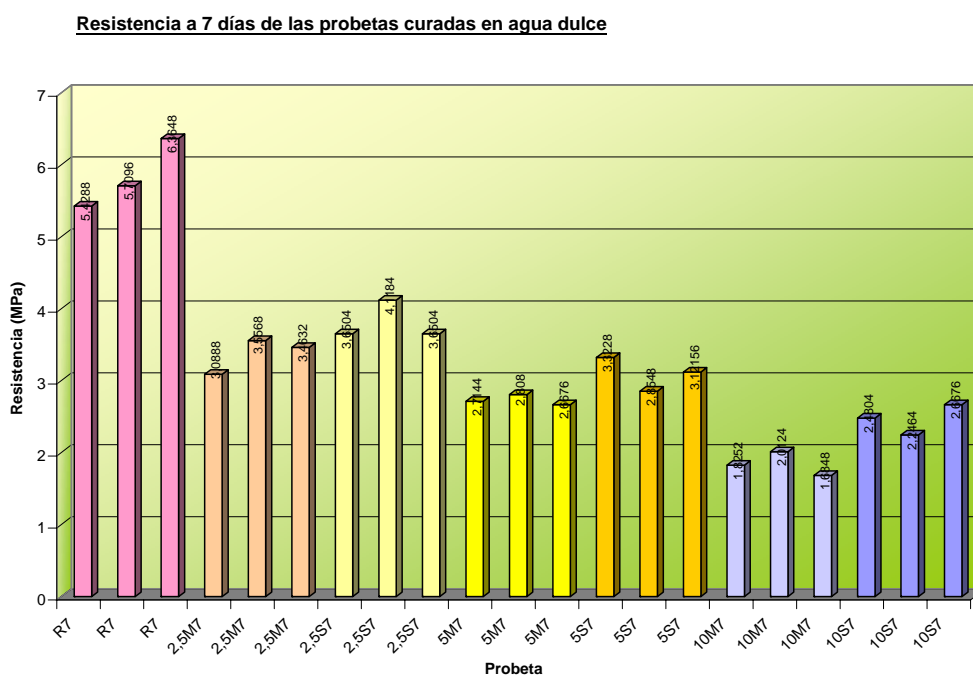
### 5.5 Resultados de los ensayos a flexotracción

El estudio de los resultados obtenidos en los ensayos a flexotracción se ha realizado de una manera mucho superficial, sin entrar tanto en los detalles de todos los casos y todas las comparaciones posibles.

Se ha de tener en cuenta que los resultados a flexotracción son mucho más dispersos y por tanto menos fiables que los de compresión, por otro lado los resultados obtenidos tendrían que ser los mismos que los obtenidos a compresión, puesto que las probetas ensayadas fueron las mismas, que como ya se ha explicado anteriormente en esta misma tesina, primero se partieron por la mitad en los ensayos de flexotracción y posteriormente se ensayaron todas esas mitades a compresión.

En las páginas siguientes se muestran los resultados obtenidos en gráficos que agrupan los resultados según el tipo de curado y la edad de las mismas. En estos gráficos se muestran barras con los valores de resistencia de todas y cada una de las probetas ensayadas diferenciadas por colores según el tipo de adición.

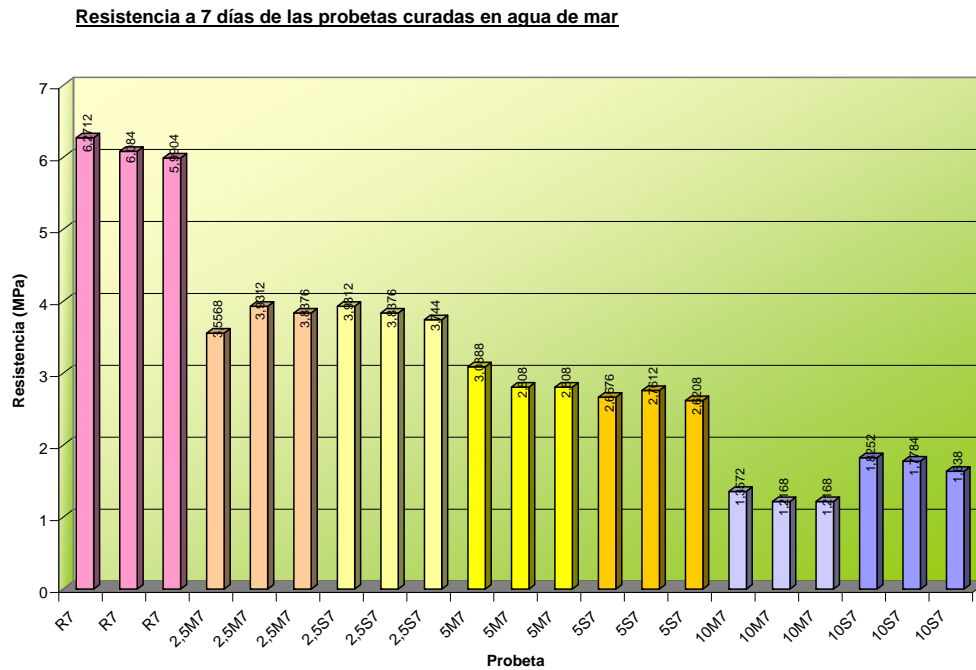
#### 5.5.1 Resistencia a 7 días de las probetas curadas en agua dulce



Es notable la disminución de resistencia que se produce ya con una mínima adición de lodos del 2.5%, a partir de ahí sigue disminuyendo la resistencia al aumentar la adición pero de manera menor.

Otro detalle importante que se observa es el hecho de que todas las probetas con adición de lodos de Sabadell dan mayor resistencia que las que tienen la adición de lodos de Montornés. Esto mismo pasaba con la resistencia a compresión.

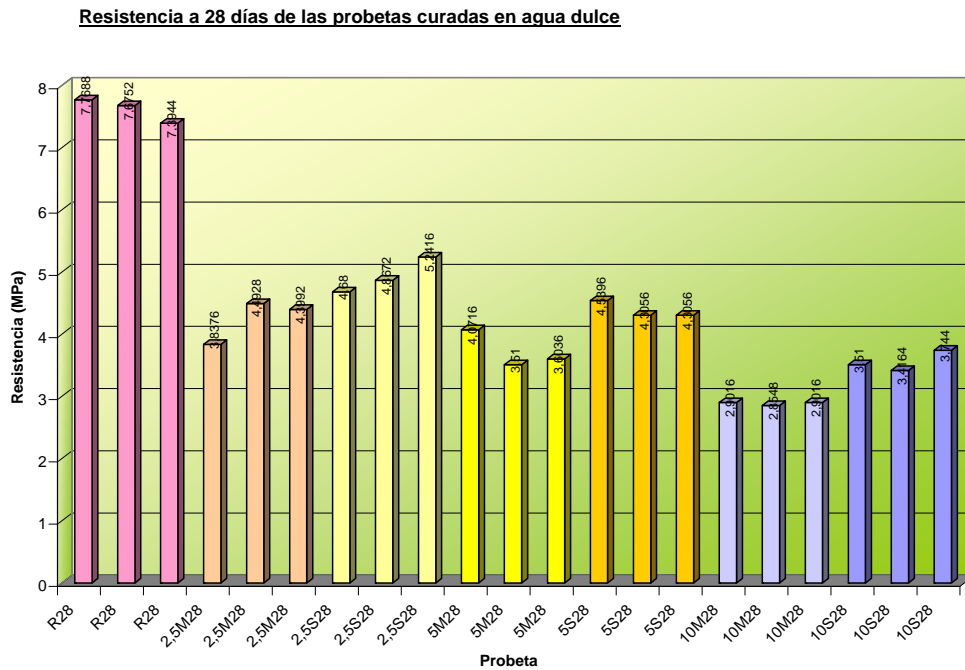
### 5.5.2 Resistencia a 7 días de las probetas curadas en agua de mar



En este caso la disminución de resistencia es también notable por pequeña que sea la adición de lodos. La resistencia a flexotracción de las probetas con un 2.5% de adición se queda en el 62% respecto la resistencia conseguida por las probetas de referencia, y sigue bajando hasta el 46% para la adición del 5% y al 26% solamente para la adición del 10%.

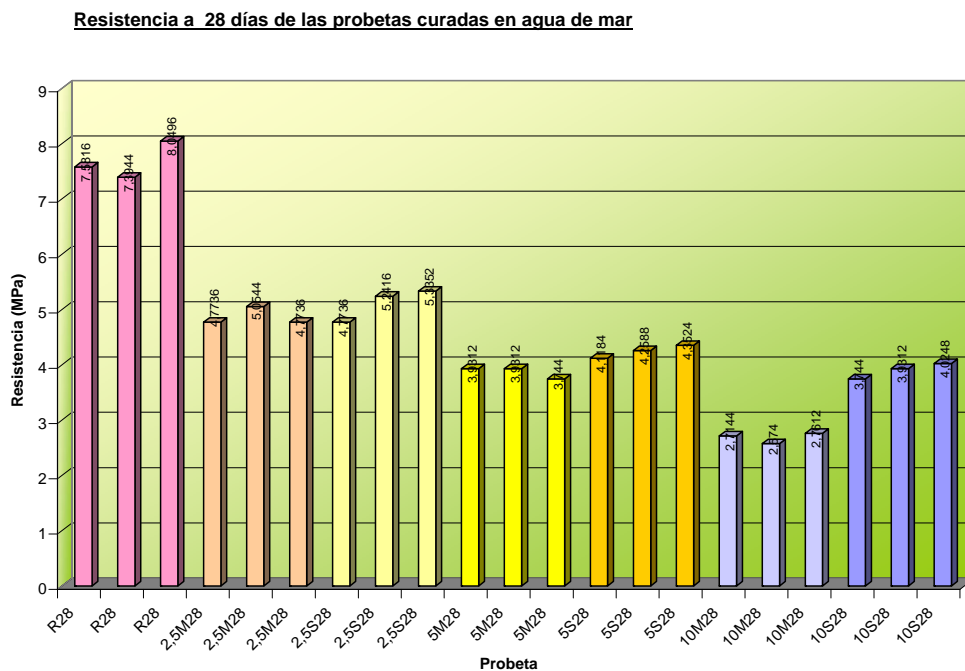
En este caso no es tan notable la diferencia de resistencia entre las probetas con adición de lodos procedentes de Montornés y los procedentes de Sabadell. Para estos ensayos solo en la adición del 10% de lodos destaca la mayor resistencia conseguida por los lodos secos de Sabadell.

### 5.5.3 Resistencia a 28 días de las probetas curadas en agua dulce



Vuelve a pasar como en la resistencia a 7 días con el mismo tipo de curado, que disminuye mucho la resistencia de las probetas ensayadas, por poco adición que tengan, ya con el 2.5% la resistencia se queda en el 60% de la resistencia de las probetas sin adición. Con esta misma cantidad de adición las probetas con la adición de lodos de Montornés se queda en el 80% de las probetas con adición de lodos secos de Sabadell. Ésta misma relación se mantiene para las adiciones del 5% y del 10% de lodos secos.

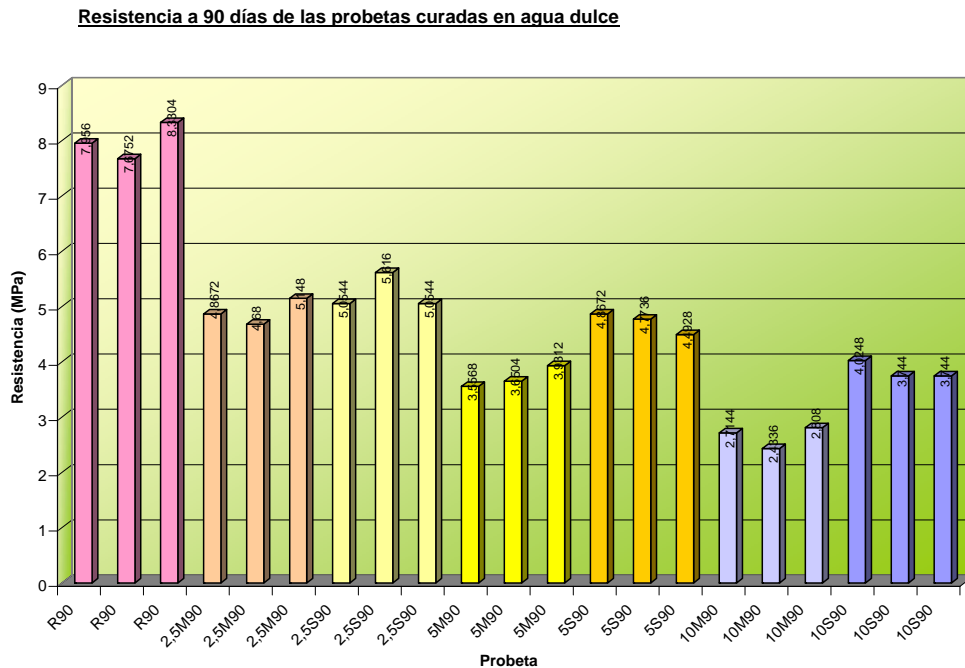
### 5.5.4 Resistencia a 28 días de las probetas curadas en agua de mar



Como en todos los casos la disminución de resistencia al hacer la adición de lodos se acerca a la mitad. Vemos que la tendencia observada en la resistencia a 7 días sigue a los 28 días, pues ya no se ve la diferencia entre las probetas con adiciones de diferentes procedencias, excepto para el 10% de adición donde vuelve a ser notablemente mayor la resistencia de las probetas con la adición de Sabadell.

La disminución de resistencia para las probetas con adición del 2.5% respecto a las de referencia se acerca ya al 45%, las que tienen la adición del 5% se quedan en el 50% de la resistencia de las probetas sin adición, mientras que para las probetas con adición del 10% la resistencia disminuye un 65%. En este último caso los lodos de Sabadell dan una resistencia un 25% mayor que las probetas con lodos de Montornés.

### 5.5.5 Resistencia a 90 días de las probetas curadas en agua dulce



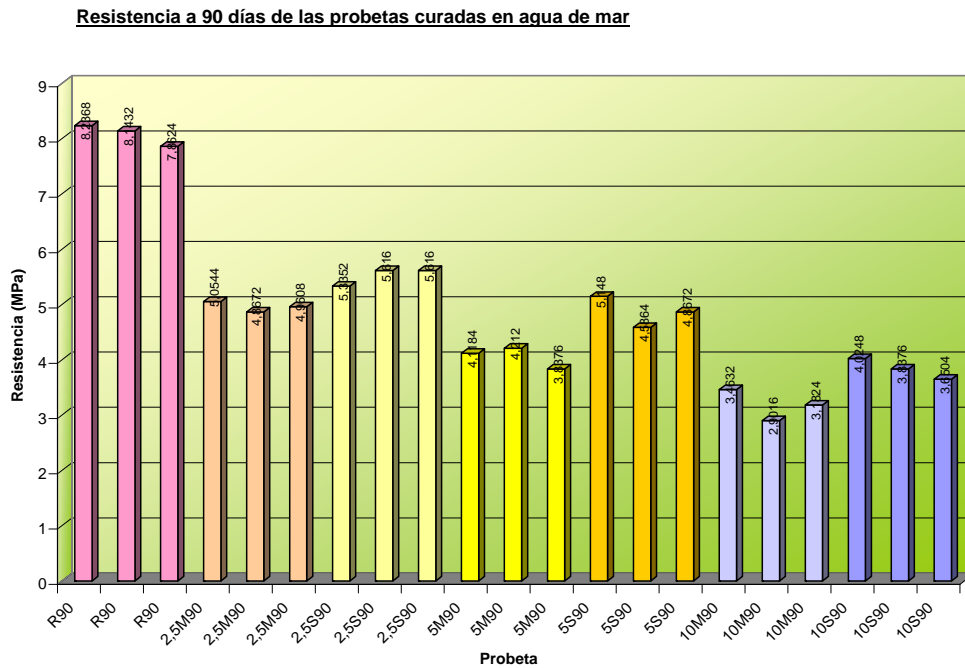
Los ensayos a 90 días vuelven a dar los mismos resultados que teníamos a 7 y 28 días en las probetas curadas en agua dulce.

La disminución de resistencia inicial, con la adición del 2.5%, se sitúa entorno al 40%. Cuando las probetas de referencia tienen una resistencia media de 8 Mpa de resistencia a flexotracción, las probetas con el 2.5% de adición tienen esta resistencia media entorno a 5 Mpa. Ya con este porcentaje de adición se nota la mayor resistencia conseguida por las que tienen la adición de lodos de Sabadell, contra la menor que logran las probetas con adición de lodos de Montornés.

Para los ensayos con adición del 5% la resistencia vuelve a disminuir para situarse entorno a los 3.5 Mpa para la adición de Montornés y a los 4.5% para la adición de Sabadell. Aquí la diferencia según la procedencia se hace bastante más notable que antes, llegando a una diferencia de prácticamente el 30%.

Aún vamos más allá cuando la concentración de lodos llega al 10% respecto al peso de cemento. Aquí la resistencia media cuando la adición procede de Montornés es de solamente 2.5 Mpa, mientras que cuando ésta procede de Sabadell la resistencia llega a los 3.75 Mpa, un 50% más. Esto, es a su vez menos del 40% de la resistencia conseguida por las probetas de referencia.

### 5.5.6 Resistencia a 90 días de las probetas curadas en agua de mar



Con el curado de 90 días de las probetas sumergidas en agua de mar también se produce una substancial diferencia entre las probetas con adición de lodos secos de Sabadell o de Montornés.

Para las diferentes concentraciones de la adición se produce entre un 10% y un 20% de diferencia a favor de la resistencia de las probetas con adición de Sabadell.

La resistencia decrece de una manera muy parecida a como lo ha hecho en todos los otros casos, pero con la edad se ha detectado de mayor manera esa diferencia ya comentada según la procedencia de la adición.