

# Desarrollo de una metodología para la reutilización de residuos de cemento como áridos para mortero y hormigón: Economía Circular en la construcción

Trabajo de Fin de Grado

Svetlana Voronenko  
Grado en Ingeniería Civil 2021

# OBJETIVOS

## Objetivo general:

Determinar la viabilidad del uso de áridos reciclados de residuos de cemento Portland generados en los laboratorios de materiales de la EIG como áridos para mortero y hormigón.



# OBJETIVOS

## Objetivo específico:

- Realizar una completa caracterización físico-química de los distintos tipos de áridos:
  - ✓ AN: normalizado
  - ✓ AC: comercial
  - ✓ AR: reciclado en el laboratorio
- Analizar el comportamiento de los morteros fabricados con diferentes áridos reciclados.



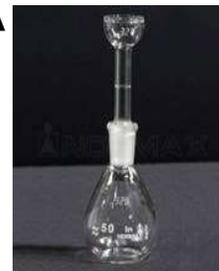


# METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

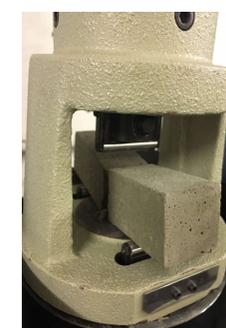
➔ **OBTENCIÓN DE AR**



➔ **CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA**

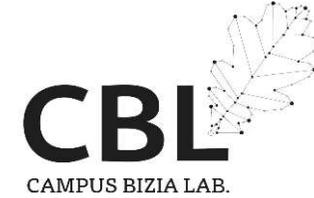


➔ **FABRICACIÓN DE MORTEROS**



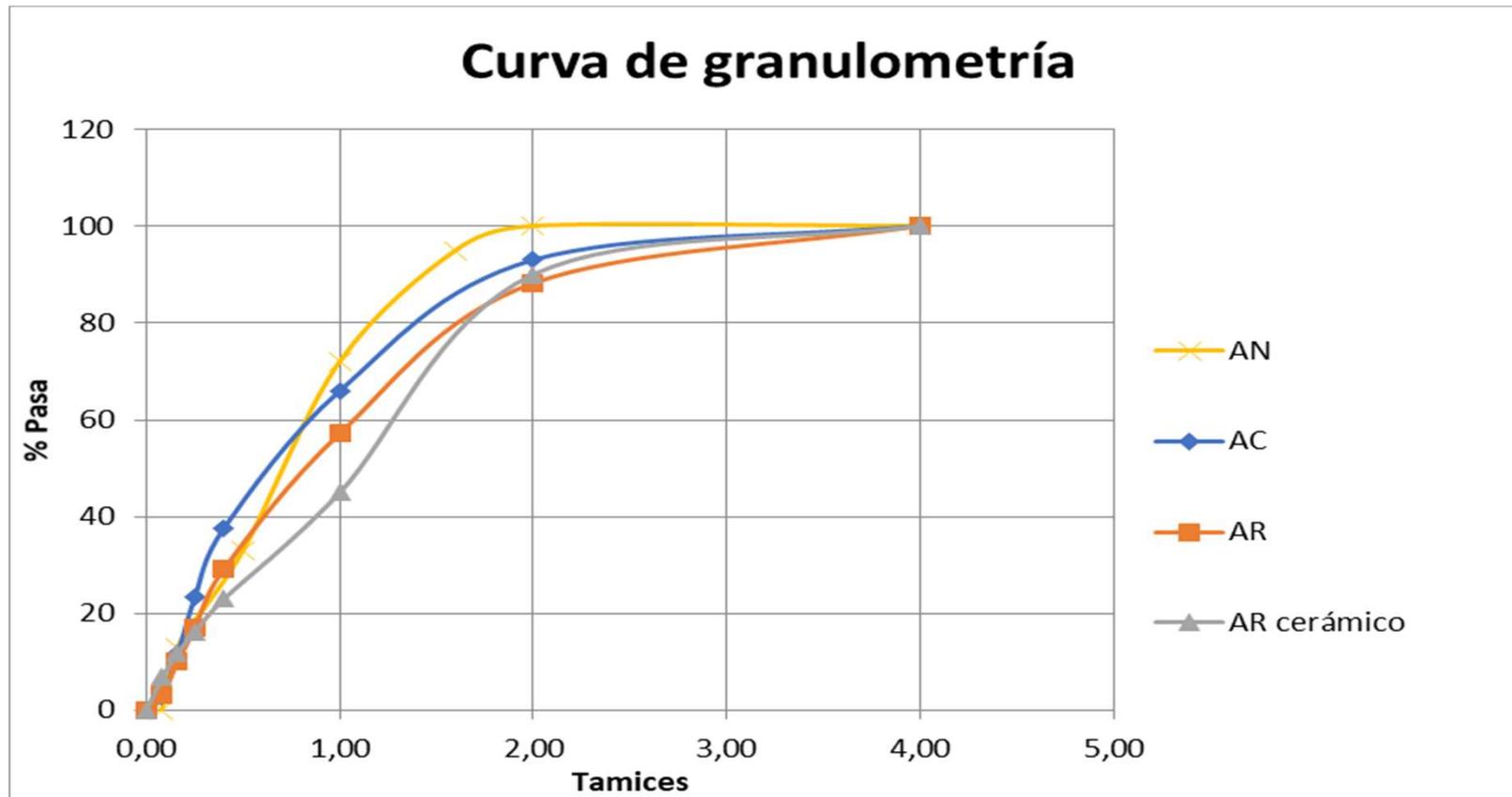
➔ **ENSAYOS MECÁNICOS DE MORTEROS**

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## CARACTERIZACIÓN FÍSICA:

- Granulometría de áridos



La línea granulométrica es continua para los cuatro tipos de arenas e indica una distribución uniforme en los diferentes tamaños.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA:

- Porcentaje de finos

Árido	Masa (g)	Contenido de finos %
AN	0	0
AC	14,00	2,80
AR cemento	16,00	3,20
AR cerámico	27,00	6,75

AN no contiene finos y para el resto de áridos es un resultado válido para la elaboración de morteros ya que la norma considera aceptable hasta un 8% de material más fino que el tamiz 0.08mm.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA:

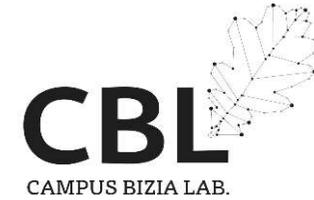
- Módulo de finura

Árido	MF
AN	3,70
AC	3,65
AR cemento	3,95
AR cerámico	4,07

Para el módulo de finura, se observa cómo no hay diferencias significativas entre todas las mezclas de áridos empleados.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## CARACTERIZACIÓN FÍSICA:

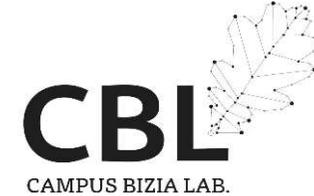
- Porcentaje de finos

Áridos	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)
AN	200,90	199,70	0,60
AC	200,40	198,70	0,86
AR	199,90	186,90	6,96



- Se observa que existe una gran diferencia entre los áridos naturales y los reciclados.
- El contenido de humedad del AR con un 6,96% está al límite de los parámetros de la normativa (máximo normativa 7%), este parámetro tiene influencia sobre la trabajabilidad, es decir que, a la hora de fabricar el mortero reciclado, puede alterar la relación agua/cemento prevista.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## CARACTERIZACIÓN FÍSICA:

- Densidad de los áridos

- Densidad aparente

Áridos	Peso seco (g)	Volumen aparente (ml)	Densidad seca aparente (g/ml)
AN	16,00	10,00	1,60
AC	15,60	10,00	1,56
AR	11,30	10,00	1,13

- Densidad real

Áridos	Peso seco (g)	P <sub>pic</sub> con agua (g)	P <sub>pic</sub> con agua+muestra (g)	Densidad real (g/ml)
AN	1	50,00	50,512	2,05
AC	1	50,00	50,451	1,82
AR	1	50,00	50,398	1,66

Los áridos reciclados tienen una densidad menor que los áridos comerciales y naturales, lo que nos permite deducir que los morteros fabricados con áridos reciclados son más ligeros que los morteros tradicionales. Esto se atribuye a una mayor posible porosidad de AR.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA:

### Compacidad

Áridos	Densidad aparente (g/ml)	Densidad real (g/ml)	Compacidad (%)
AN	1,60	2,05	78,05
AC	1,56	1,82	85,71
AR	1,13	1,66	68,07

- Compacidad de AR es más baja, debido a que AR tiene muchos poros.

### Porosidad absoluta

Áridos	Compacidad (%)	Porosidad (%)
AN	78,05	21,95
AC	85,71	14,29
AR	68,07	31,93



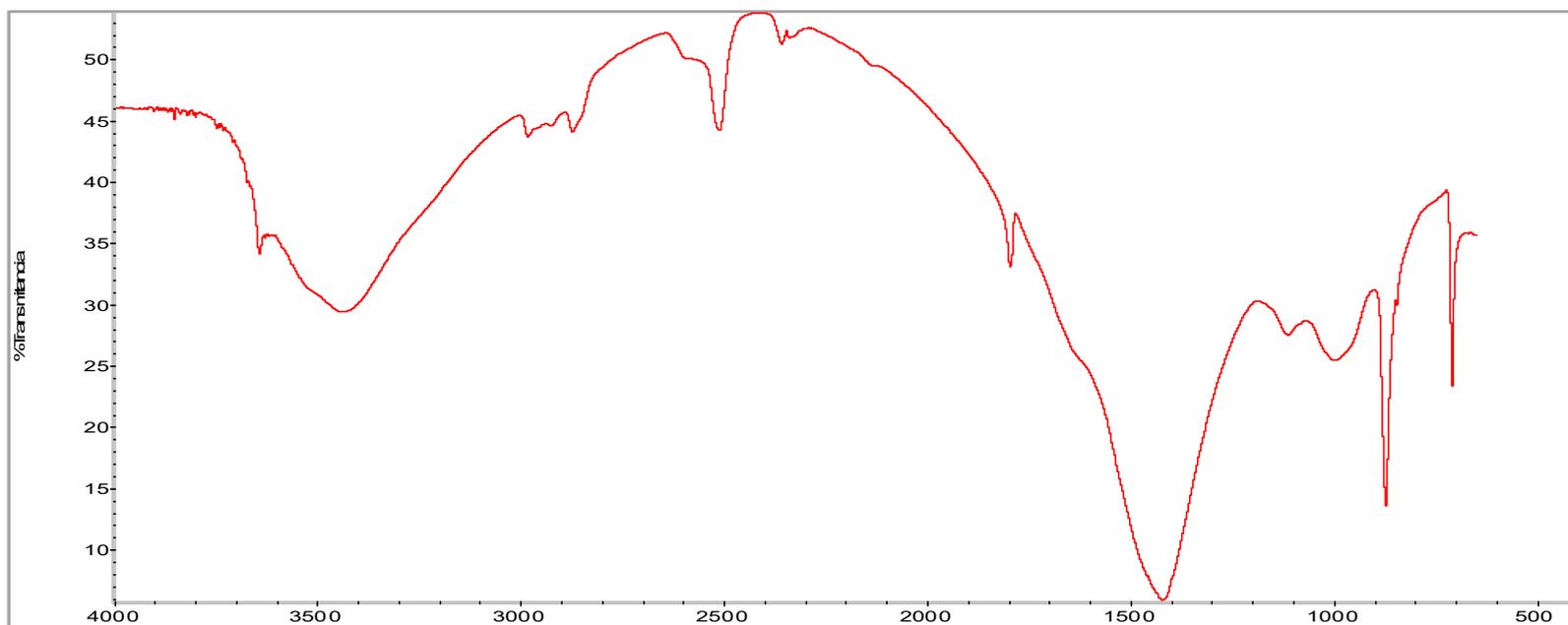
- Elevada porosidad del AR exige que las dosificaciones se realicen teniendo en cuenta las pérdidas de agua debidas a la absorción de los mismos, que reduce la cantidad de agua disponible para el amasado.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA:



– Espectrometría FTIR de AR de cemento



Longitud de onda (cm<sup>-1</sup>)

Asignación

3650 cm<sup>-1</sup> y 3450 cm<sup>-1</sup>

Ca(OH)<sub>2</sub>.

2850 cm<sup>-1</sup> y 2500 cm<sup>-1</sup>

H<sub>2</sub>O.

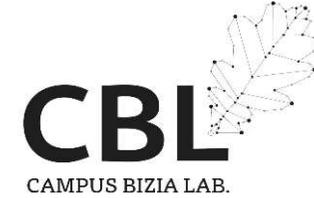
1800 cm<sup>-1</sup> y 1420 cm<sup>-1</sup>

CaCO<sub>3</sub>.

900 cm<sup>-1</sup> y 700 cm<sup>-1</sup>

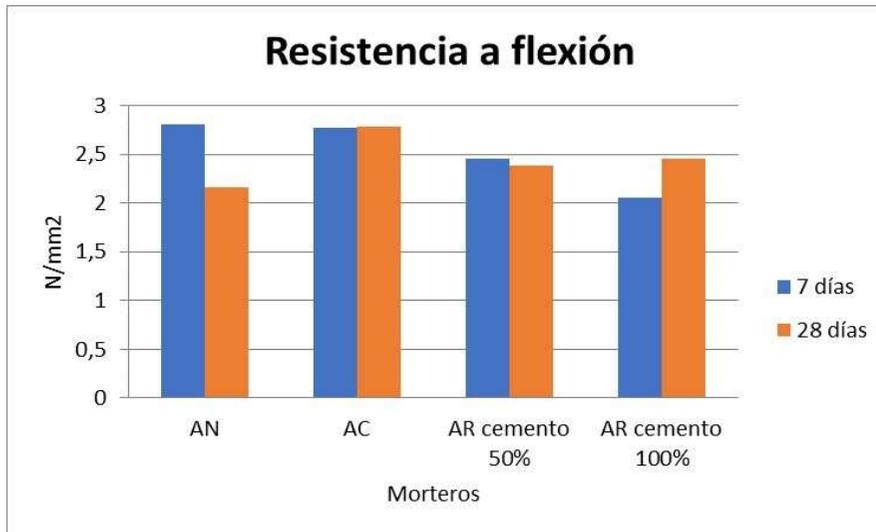
SiO<sub>2</sub>.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## ENSAYOS MECÁNICOS DE MORTEROS:

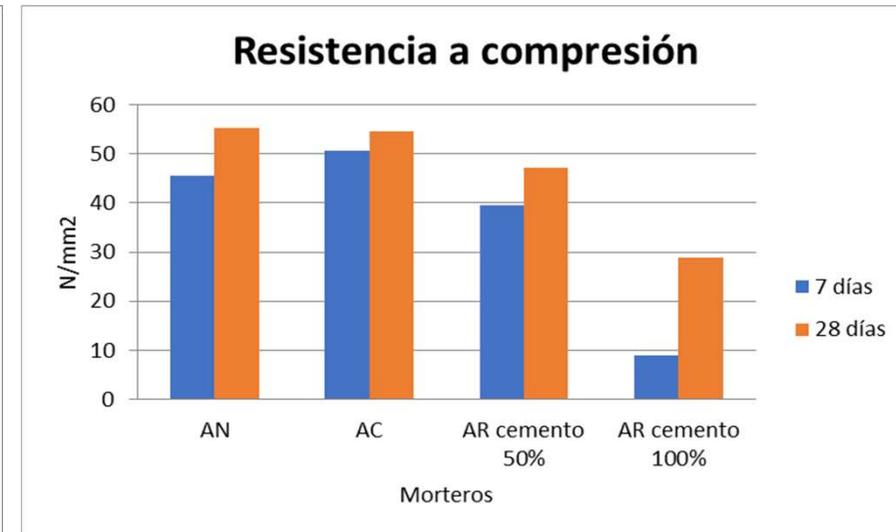
### – Resistencia a flexión



El mortero de AC ha obtenido el mejor resultado, debido a que existe una mayor adherencia entre las partículas de arena y la pasta de cemento.

La resistencia a flexión de morteros reciclados presenta el valor similar a la de los morteros convencionales, por lo tanto, podrían considerarse como adecuados.

### – Resistencia a compresión



La resistencia a compresión del mortero con AR 100%, desciende hasta un 80% en ensayos de 7 días, y hasta un 47% en ensayos de 28 días. En el caso de sustitución 50% de AN por AR los descensos se sitúan en torno al 20% para las 2 edades de curado, respecto al mortero convencional. En todos morteros la resistencia a compresión aumenta con el aumento del tiempo de curado.

# CONCLUSIONES FINALES



## Respecto a las propiedades de los AR podemos afirmar que:

- La textura de los AR es rugosa y porosa, debido a la presencia del mortero de cemento que queda adherido a los AR.
- La granulometría de AR es continua y adecuada para la fabricación de morteros de albañilería, cumple la limitación de contenido de finos y no presenta parámetros críticos.
- Las características físicas de AR son:
  - Áridos reciclados presentan un valor de la humedad elevado, que afecta el proceso de amasado reteniendo de una cierta cantidad de agua en los granos, y generando una reducción de la relación agua/cemento. Y además, no cumple la relación de componentes según la norma de 0,5:1.
  - Áridos reciclados tienen una densidad menor en comparación con árido natural, debido a la pasta de cemento que queda adherida a los granos.

# CONCLUSIONES FINALES



**Respecto a las propiedades de los morteros reciclados podemos afirmar que:**

- Se detecta una caída de resistencia a compresión significativa del mortero fabricado con 100% de sustitución del árido natural. En el caso de sustitución 50% de AN por AR, podría ser válido para conseguir morteros de categoría menos resistente.
- En cuanto a la resistencia a flexión, se observó, que los resultados obtenidos en morteros fabricados con 50% y 100% de árido reciclado tienen un comportamiento prácticamente similar a los resultados de morteros de referencia.

**Como conclusión general, se puede decir que la incorporación de AR tiene influencia sobre la trabajabilidad, así como en las prestaciones mecánicas de los morteros, pueden admitirse los valores de sustitución de hasta un 50% de AN por AR en morteros de albañilería sin que sus propiedades puedan verse afectadas significativamente.**

# CONCLUSIONES FINALES



**El presente TFG ha sido desarrollado dentro del programa Campus Bizia Lab:**

- 🌍 En este trabajo hemos pretendido promover la reutilización y el reciclado de residuos de material de construcción, en línea con el reto de Economía Circular.
- 🌍 Y además, de las investigaciones derivadas del TFG, se ha desarrollado una práctica de laboratorio donde se va a realizar la preparación de árido reciclado y analizar su influencia en las propiedades mecánicas de morteros, trabajando así también, competencias transversales en sostenibilidad.