

ANÁLISIS Y MONITORIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLES A TRAVÉS DE TÉCNICAS ÓPTICAS DE CAMPO COMPLETO

Curso:

Tecnologías Digitales Avanzadas: Aplicación en la Ingeniería Civil



VNiVERSiDAD D SALAMANCA

Escuela **Politécnica Superior**
de Ávila

Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno

Jorge López Rebollo



CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

- Materiales de construcción
- Correlación digital de imágenes
- Termografía infrarroja activa

CAPÍTULO II - CARACTERIZACIÓN MECÁNICA A TRAVÉS DE CORRELACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES

- Artículo I: Improvement of mechanical properties of compressed earth blocks with stabilising additives for self-build of sustainable housing
- Artículo II: Compression and strain predictive models in non-structural recycled concretes made from construction and demolition wastes

CAPÍTULO III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA USANDO TERMOGRAFÍA ACTIVA

- Artículo III: Monitoring the thermal contribution of certain mortar additives as a way to optimize the energy performance of buildings
- Artículo IV: Experimental study on the thermal properties of pigmented mortars for use in energy efficiency applications

CAPÍTULO IV - HORMIGÓN RECICLADO ESTRUCTURAL CON CAPACIDAD TÉRMICA

- Artículo V: Enhancing thermal efficiency in water storage tanks using pigmented recycled concrete

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS



TIERRA

La arquitectura de tierra es el sistema constructivo natural más empleado, y se estima que un tercio de la población mundial vive en edificios construidos mediante este material.

HORMIGÓN

El hormigón es el material artificial más utilizado en el mundo.

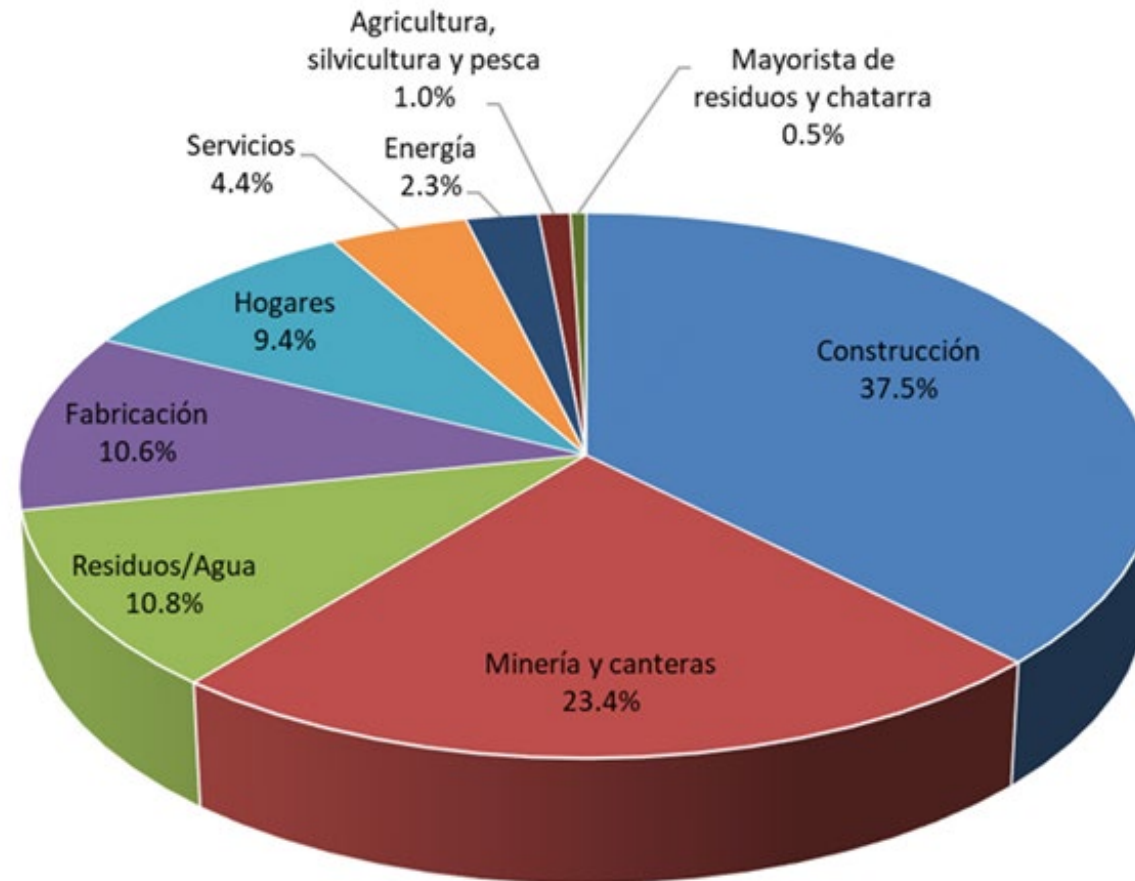
I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS



Generación de residuos por actividades económicas en Europa, 2020

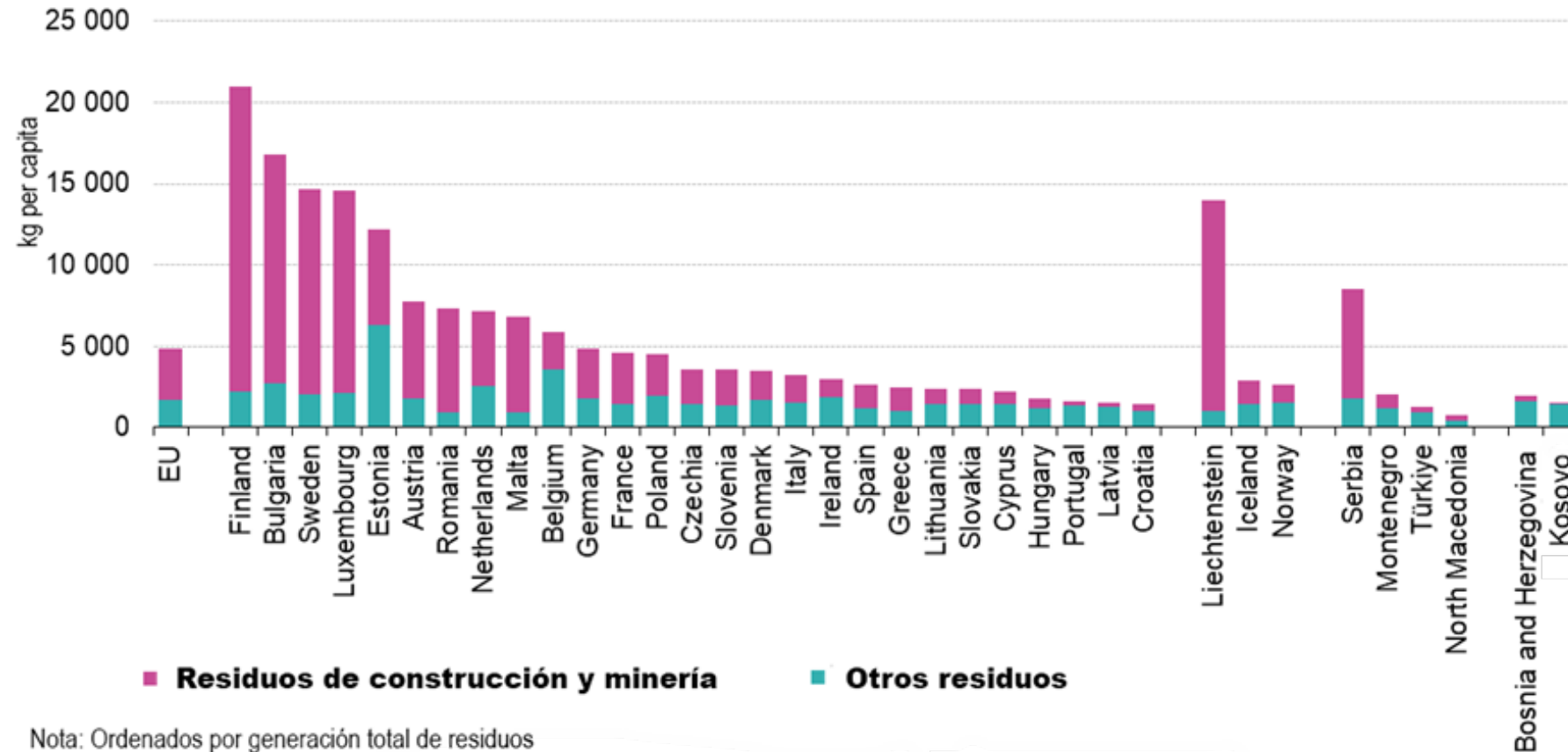
I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS



Generación de residuos per cápita por países en Europa, 2023

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS



12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS



7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



SOLUCIONES

MECÁNICA - ESTRUCTURAL

Mejora de las propiedades mecánicas para la fabricación de elementos constructivos bajo los principios de sostenibilidad y economía circular.

TÉRMICO - ENERGÉTICA

Mejora de las propiedades térmicas para la fabricación de infraestructuras eficientes bajo los principios de sostenibilidad y eficiencia energética.

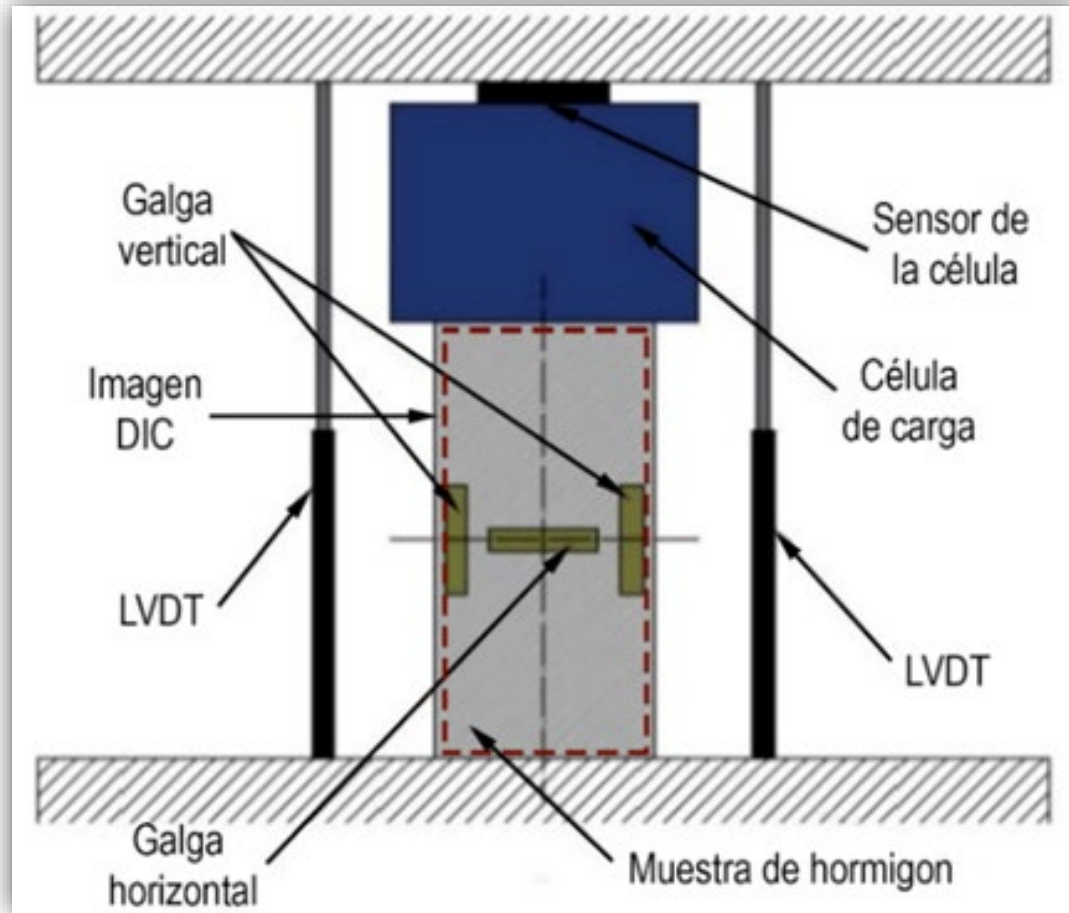
I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS



MÉTODOS CONVENCIONALES

NUEVAS TÉCNICAS

Extensómetro

LVDT

Galga extensiométrica

Interferometría de Moiré

Fotoelasticidad

Velocimetría

Correlación digital de imágenes

I - INTRODUCCIÓN

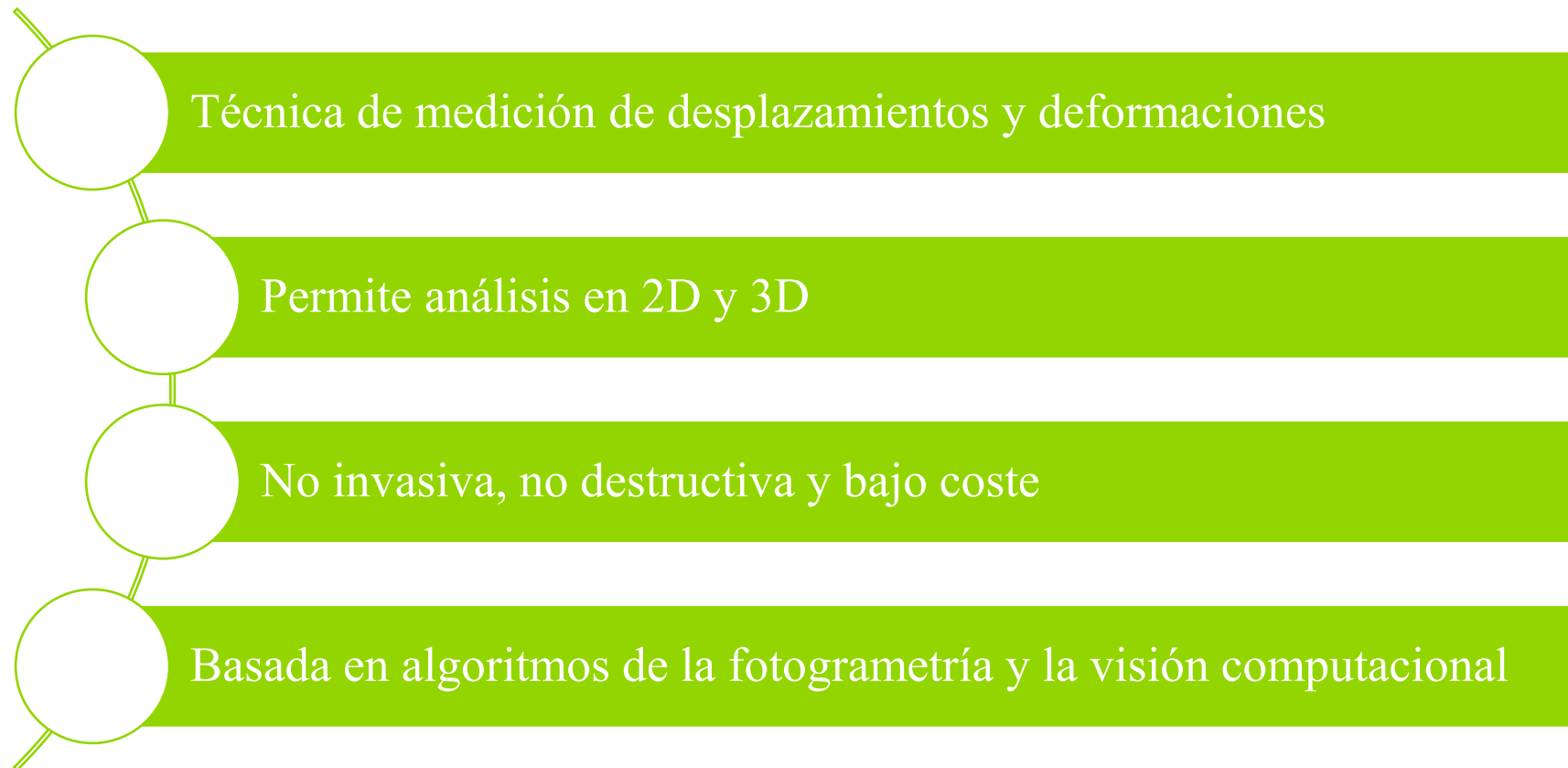
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

¿QUÉ ES LA CORRELACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES?



I - INTRODUCCIÓN

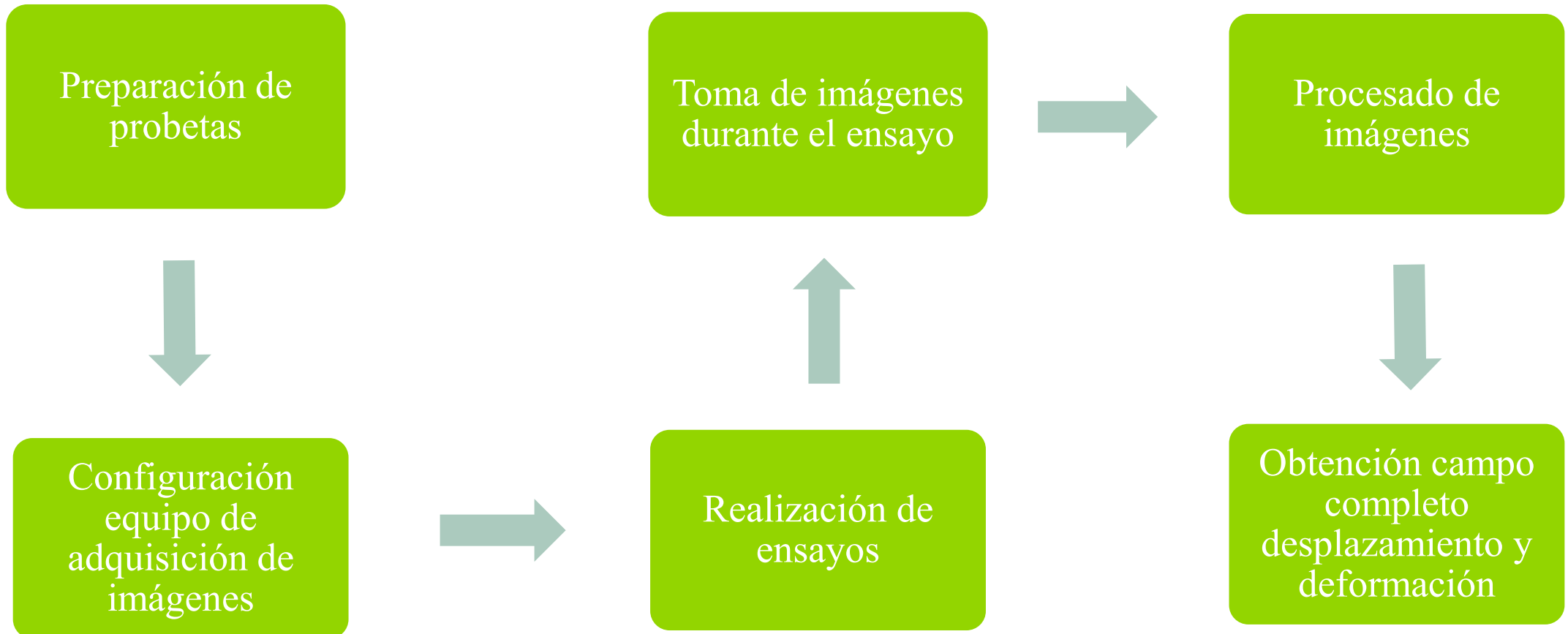
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

¿CÓMO SE APLICA LA CORRELACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES?



I - INTRODUCCIÓN

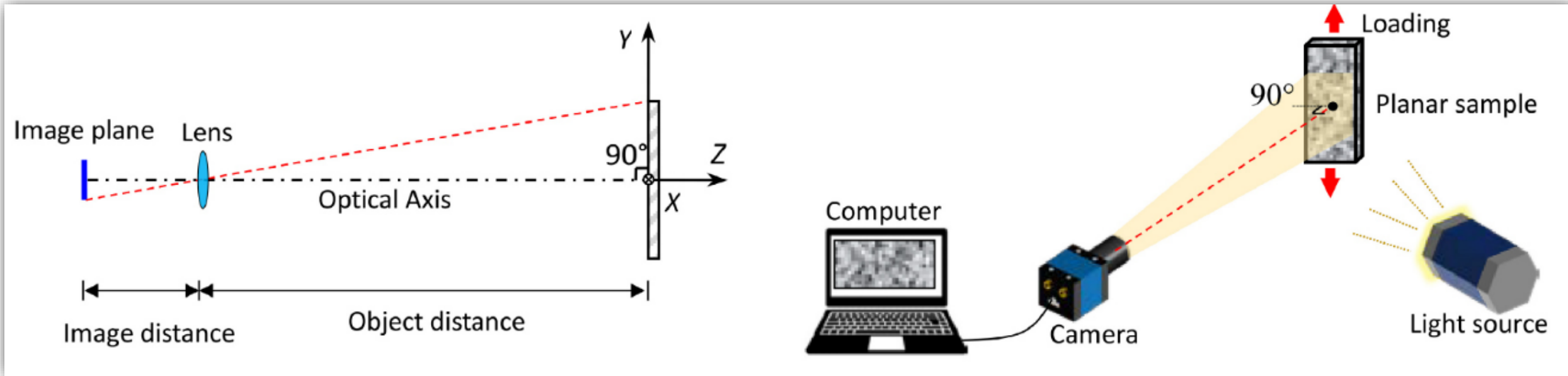
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

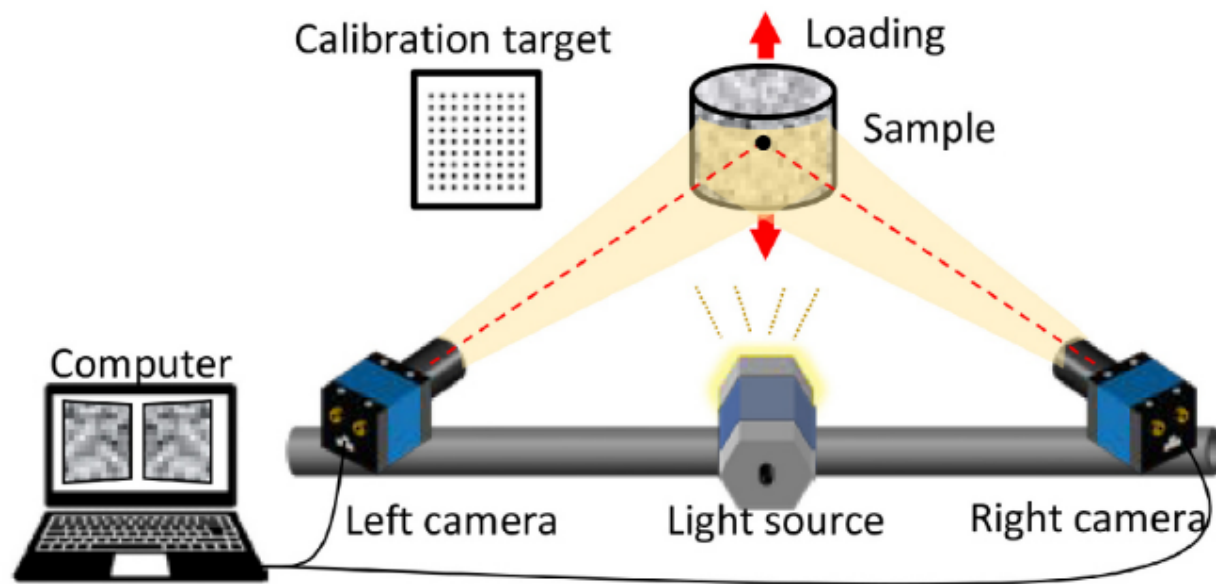
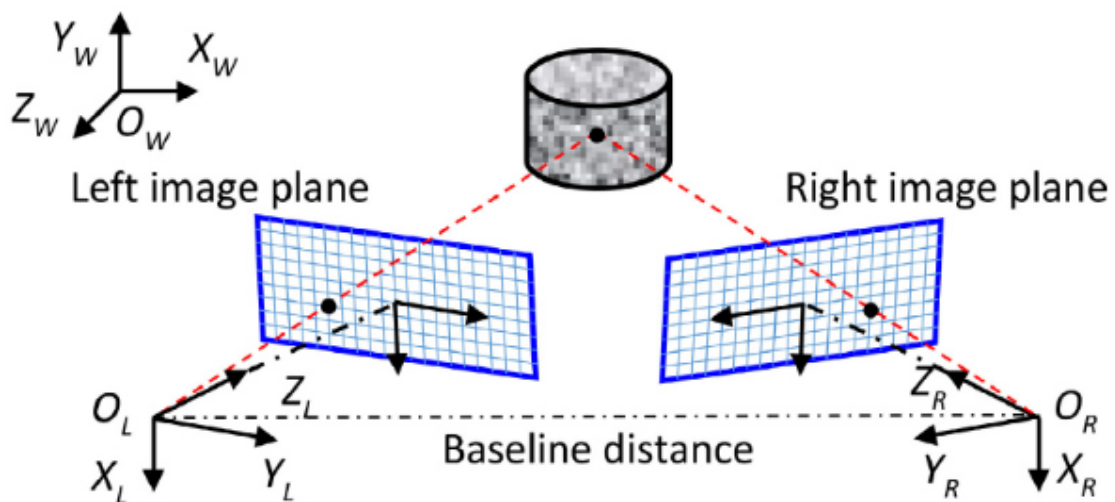
IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

CONFIGURACIÓN BIDIMENSIONAL



CONFIGURACIÓN TRIDIMENSIONAL



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS



Conductividad



Reflectividad



Termografía

I - INTRODUCCIÓN

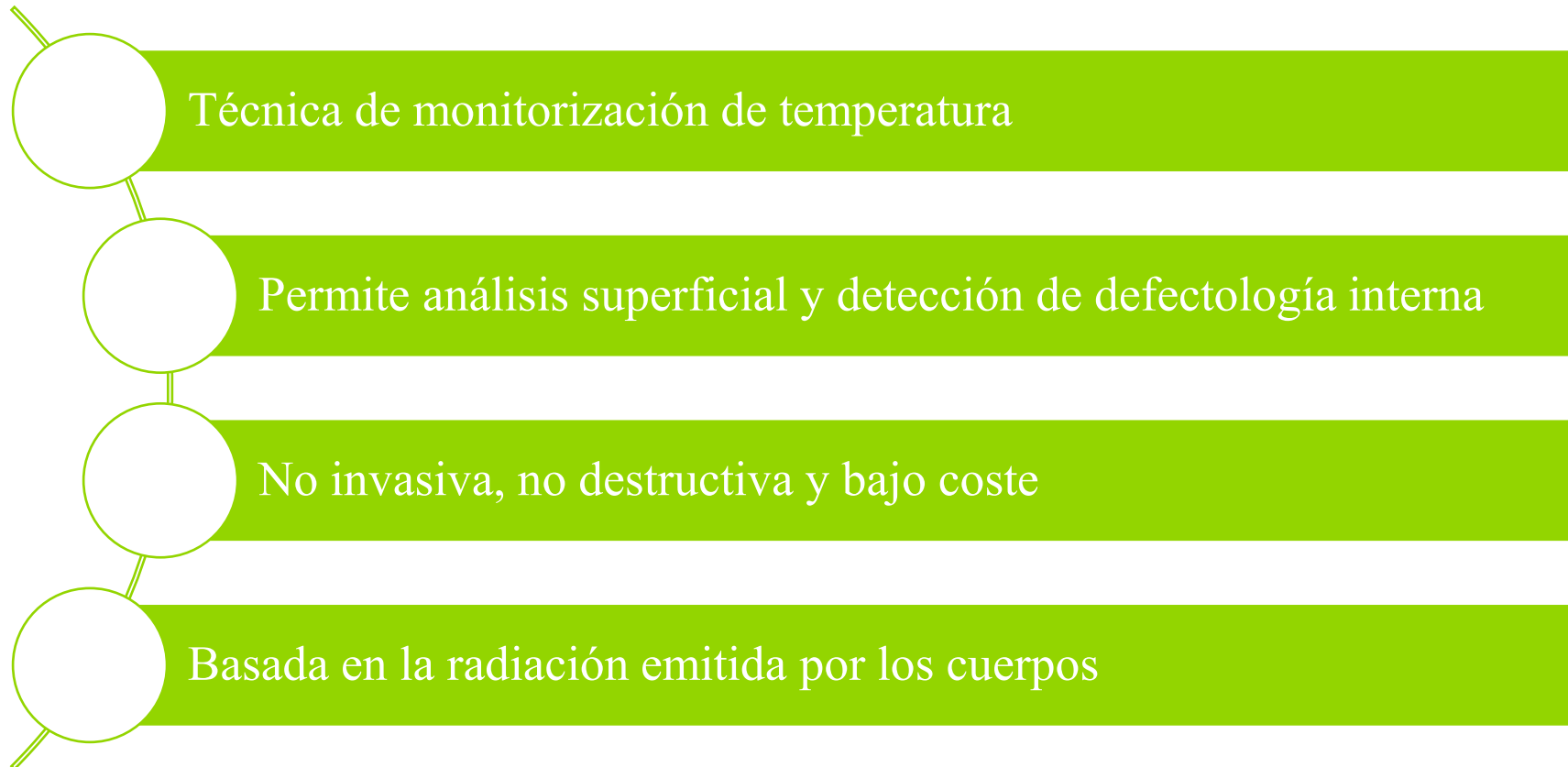
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

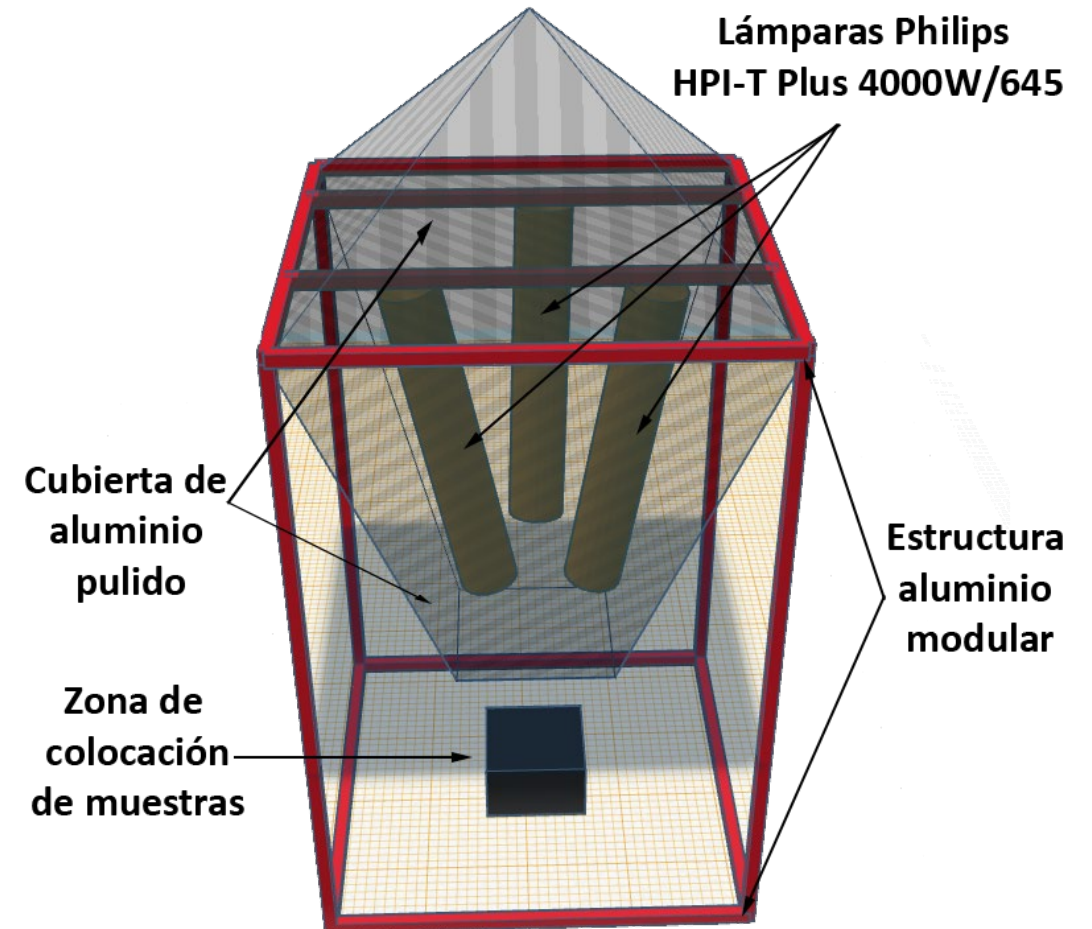
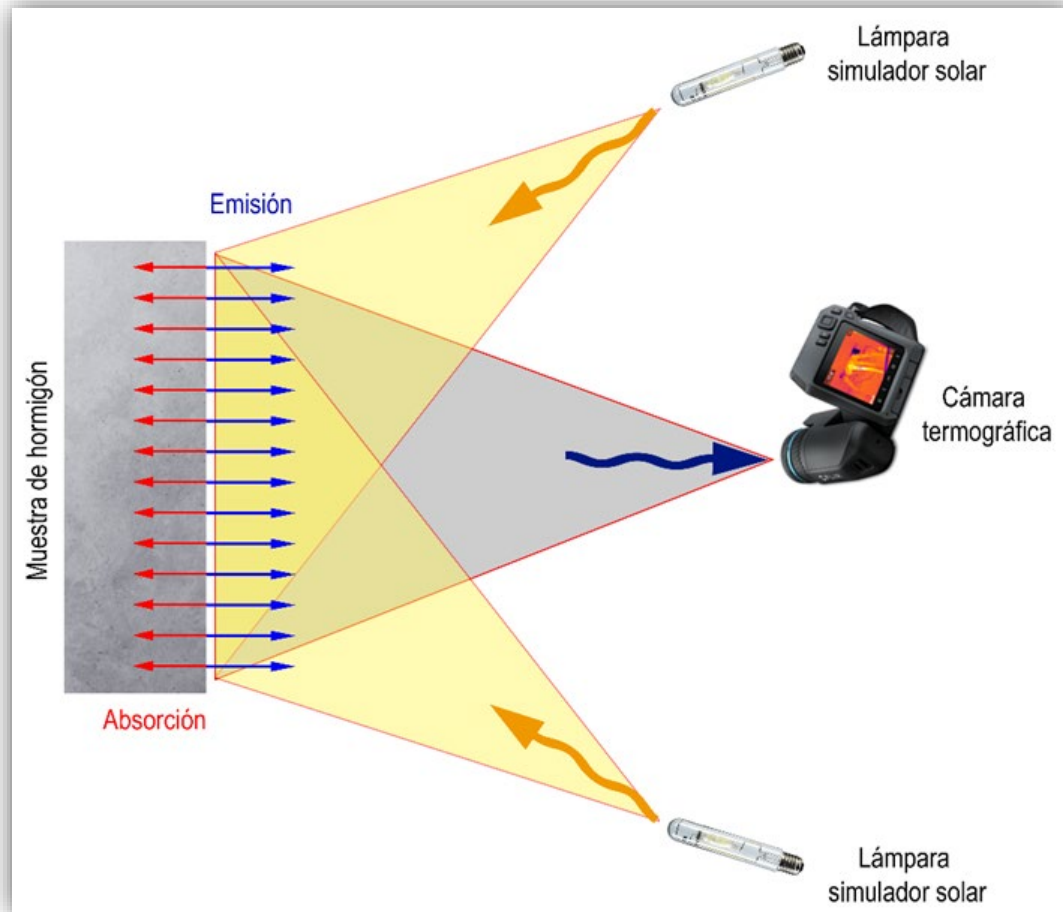
¿QUÉ ES LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA?



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

¿CÓMO SE APLICA TERMOGRAFÍA INFRARROJA ACTIVA?



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

OBJETIVO PRINCIPAL

Avanzar en el desarrollo e integración de **técnicas ópticas de campo completo** como la correlación digital de imágenes y la termografía, para el **análisis y caracterización de nuevos materiales** que contribuyan a una construcción más sostenible y energéticamente más eficiente.

OBJETIVOS **ESPECÍFICOS**

- ❖ Desarrollar nuevos materiales con propiedades mecánicas aptas para su empleo en la construcción bajo los principios de economía circular y sostenibilidad.
- ❖ Implementar la técnica DIC-2D Y DIC-3D para obtener desplazamientos y deformaciones de campo completo tanto en muestras planas como en muestras con curvatura.
- ❖ Diseñar y fabricar un prototipo para realizar ensayos de caracterización mecánica en materiales a partir de DIC y reconstrucción tridimensional.
- ❖ Explotar los datos proporcionados por la técnica DIC para realizar análisis exhaustivos del comportamiento espacial de los nuevos materiales.

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROSOBJETIVOS **ESPECÍFICOS**

- ❖ Desarrollar nuevos materiales con propiedades térmicas mejoradas para su empleo en la construcción bajo los principios de sostenibilidad y eficiencia energética.
- ❖ Diseñar, fabricar y caracterizar un simulador solar low-cost para realizar ensayos de caracterización térmica de materiales.
- ❖ Implementar la técnica de termografía infrarroja activa para analizar el comportamiento térmico de nuevos materiales de construcción sometidos a excitación bajo condiciones solares simuladas.
- ❖ Integrar los avances mecánicos y térmicos bajo un mismo material y validar su aplicabilidad en un prototipo con aplicación industrial.




CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA A TRAVÉS DE CORRELACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROSIMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSINGCOMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES*buildings**Article*

Improvement of Mechanical Properties of Compressed Earth Blocks with Stabilising Additives for Self-Build of Sustainable Housing

Jorge López-Rebollo ^{1,*} , Xavier Cárdenas-Haro ^{2,3} , Juan Pablo Parra-Vargas ² , Kevin Narváez-Berrezueta ² and Julver Pino ³

¹ Department of Cartographic and Land Engineering, Higher Polytechnic School of Ávila, University of Salamanca, Hornos Caleros, 50, 05003 Ávila, Spain

² Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Virtual Tech, Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril s/n y Av. Loja, Cuenca 010201, Ecuador

³ Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril s/n y Av. Loja, Cuenca 010201, Ecuador

* Correspondence: jorge_lopez@usal.es

I - INTRODUCCIÓN

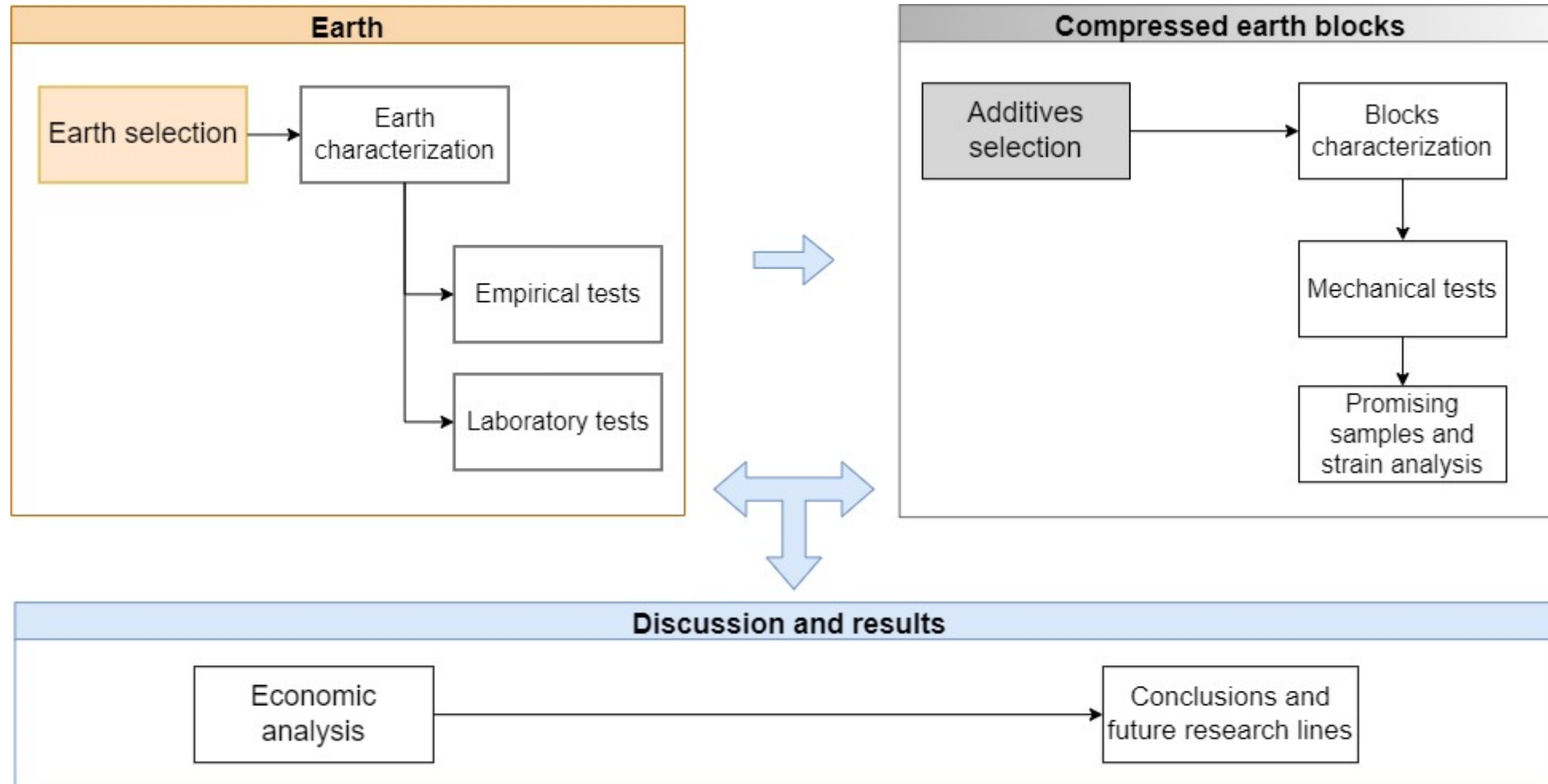
**II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC**

 III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

 IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

 V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

**IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING**

 COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES


I - INTRODUCCIÓN

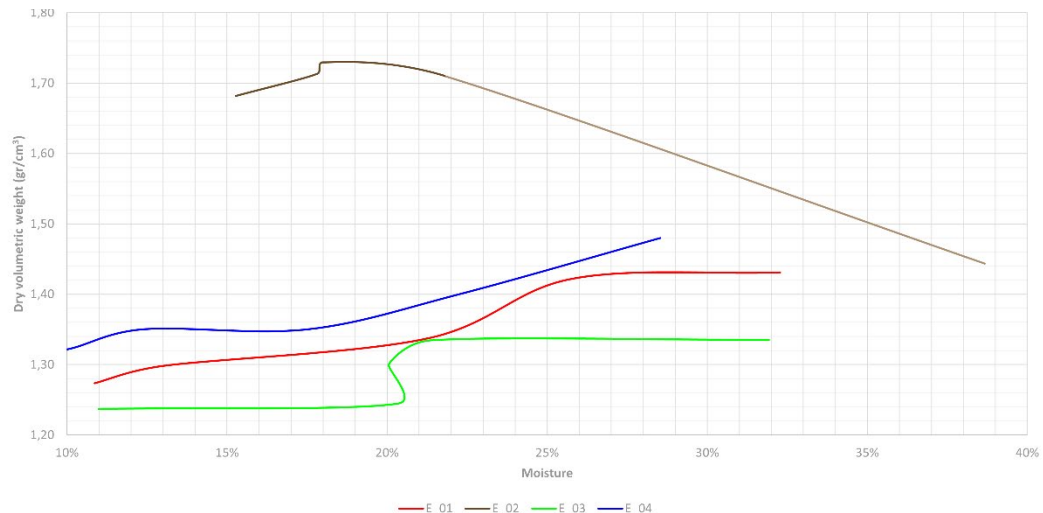
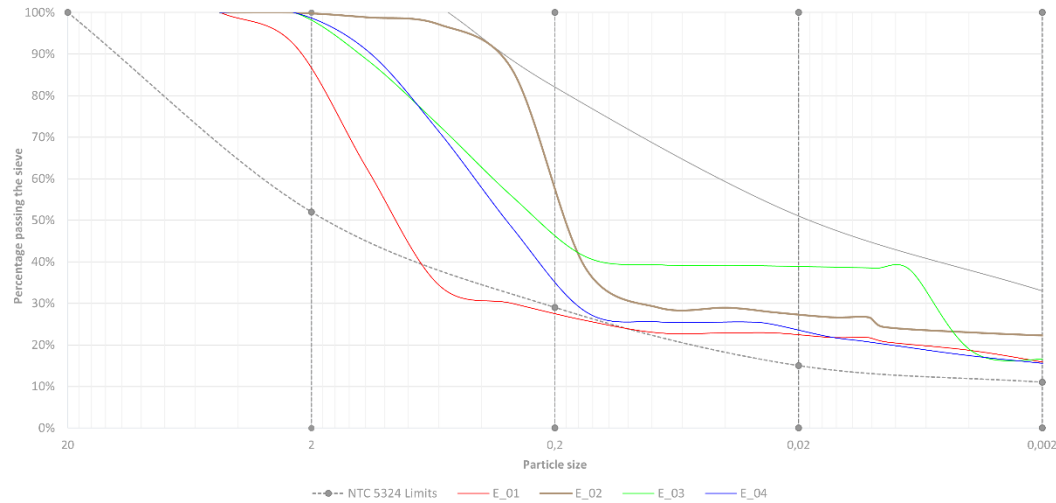
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

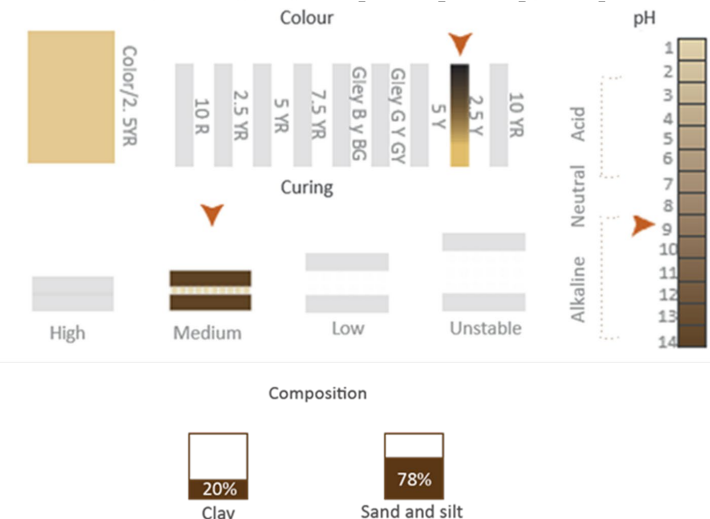
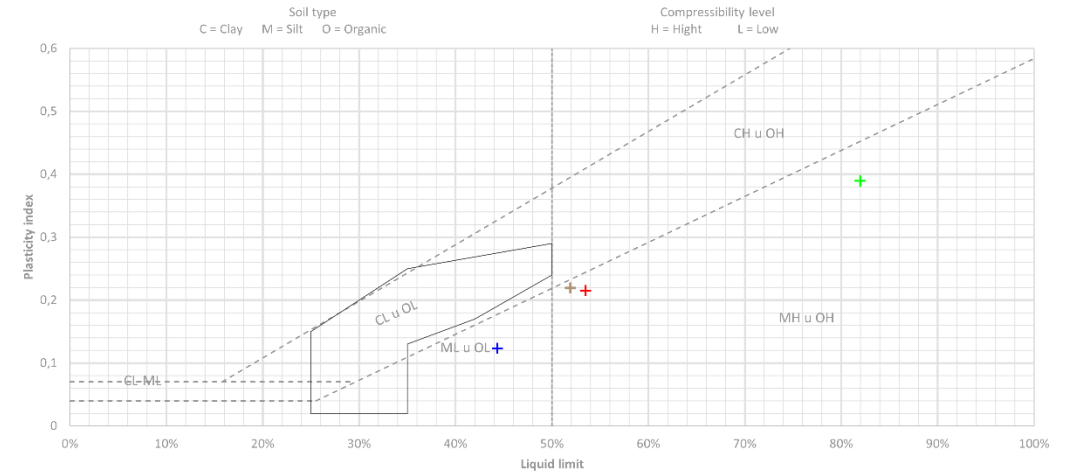
IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING



COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



Serrín



Cabuya



Cal



Carrizo



Totora



Cemento

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



Cilindro cernidor



Prensa hidráulica



Bloques de tierra comprimida

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

Nomenclatura	Promedio (MPa)	Límite inferior(MPa)	Límite superior (MPa)	CoV (%)
PB_01	-	-	-	-
PB_02	-	-	-	-
PF_01	0,19	0,18	0,19	3,43
PF_02	0,27	0,15	0,41	48,8
PF_03	0,65	0,41	0,94	40,9
PF_04	-	-	-	-
PF_05	0,07	0,07	0,08	9,8
PC_01	0,36	0,30	0,45	20,7
PC_02	0,75	0,49	1,02	35,5
PC_03	1,61	1,41	1,78	11,7
PC_04	2,02	1,90	2,10	5,3
PC_05	2,43	1,63	3,98	42,4
PC_06	3,28	2,84	3,59	12,5
PO_01	-	-	-	-

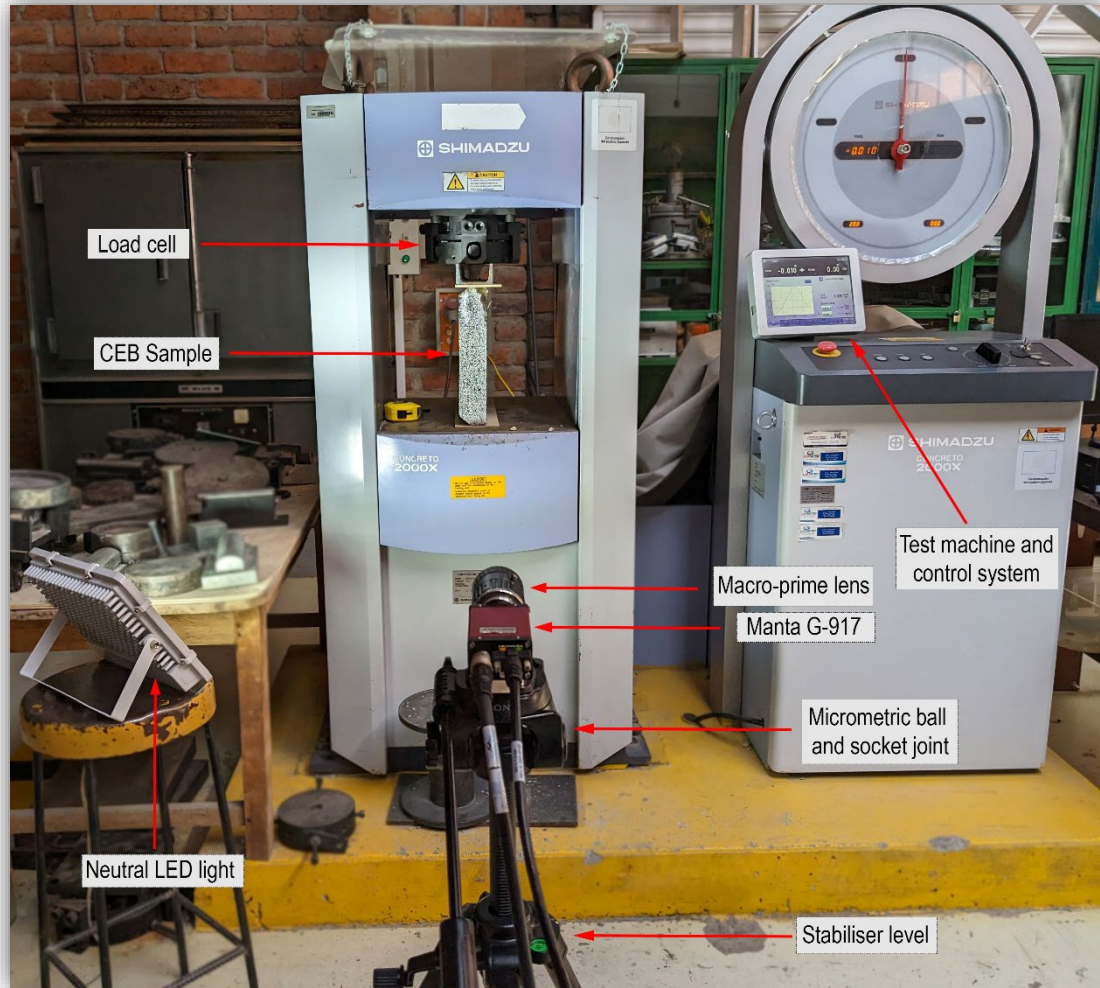
- ❖ Las muestras sin aditivos se fisuraron previo a los ensayos mecánicos.
- ❖ Las fibras vegetales mejoraron la estabilidad y aumentaron su resistencia.
- ❖ La adicción de un mayor porcentaje de cemento aumentó la resistencia.
- ❖ La incorporación de emulsión asfáltica no aportó estabilidad a la tierra.

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



Cámara Manta G-917B con sensor CCD Sony ICX814 Monocromo de resolución 3.384 x 2.710 px.

Lente macro con distancia focal fija de 50 mm.

Trípode con rótula micrométrica para ajuste angular y perpendicularidad.

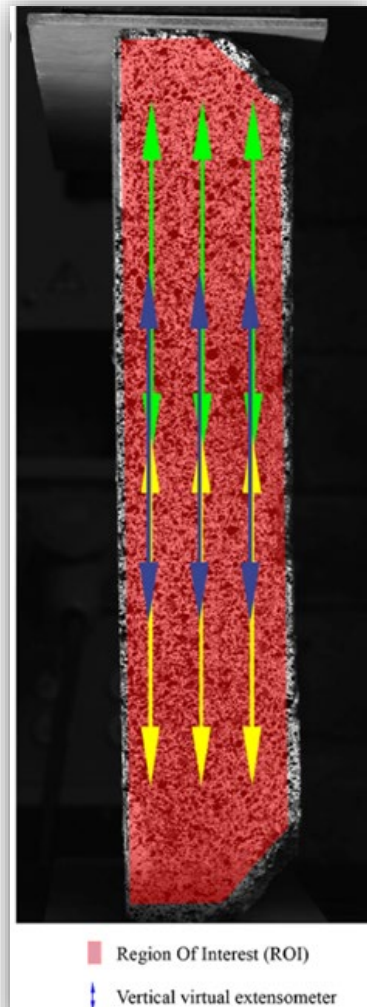
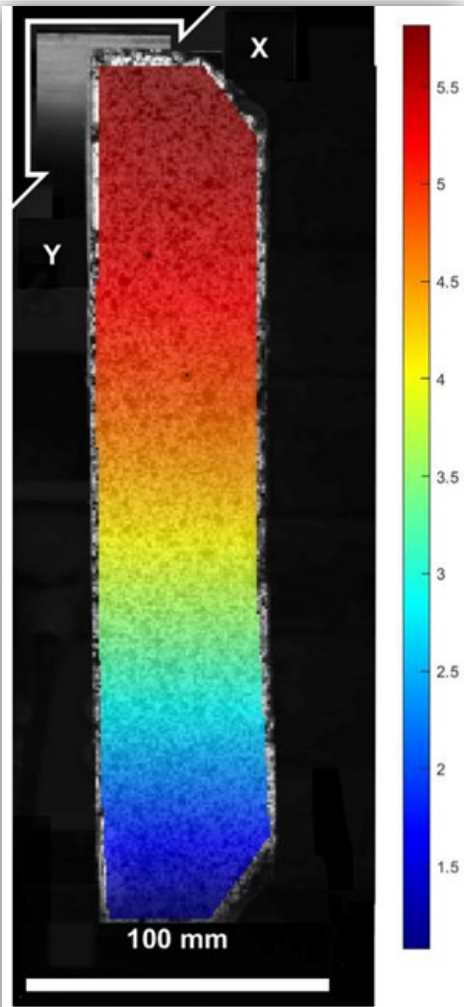
Sistema de adquisición para control de cámara y sincronización con máquina de ensayo

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



Área	Promedio (mm/mm)	Límite inferior (mm/mm)	Límite superior (mm/mm)	CoV (%)
Área de Carga	0,0054	0,0033	0,0081	30,4
Superior	0,0052	0,0033	0,0074	32,2
Medio	0,0055	0,0040	0,0072	32,3
Inferior	0,0055	0,0035	0,0081	35,7
Fuera de carga	0,0015	0,0010	0,0024	33,9

Carrizo

Área	Promedio (mm/mm)	Límite inferior (mm/mm)	Límite superior (mm/mm)	CoV (%)
Área de Carga	0,0030	0,0022	0,0046	23,1
Superior	0,0035	0,0029	0,0046	22,8
Medio	0,0030	0,0023	0,0035	17,3
Inferior	0,0025	0,0022	0,0032	18,9
Fuera de carga	0,0013	0,0010	0,0017	21,4

25%
Cemento

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

ANÁLISIS **ECONÓMICO**

Material	PC_04	Ladrillo	Bloque	Adobe
Imagen				
Precio (€/m ²)	7.75	15.06	10.21	10.72
Ratio	1	1.94	1.32	1.38

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

- ❖ Los bloques de tierra comprimida son una solución económica para el aprovechamiento de los recursos locales y la autoconstrucción en zonas con recursos limitados.
- ❖ Los bloques estabilizados con cemento tienen un mejor rendimiento desde el punto de vista estructural.
- ❖ Los bloques estabilizados con fibra de carrizo mostraron los resultados más prometedores siendo un material más sostenible.

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



materials



Article

Compression and Strain Predictive Models in Non-Structural Recycled Concretes Made from Construction and Demolition Wastes

Evelio Teijón-López-Zuazo ¹, Jorge López-Rebollo ^{2,*}, Luis Javier Sánchez-Aparicio ³, Roberto Garcia-Martín ⁴
and Diego Gonzalez-Aguilera ²

¹ Department of Construction and Agronomy, Higher Polytechnic School of Zamora, Campus Viriato, University of Salamanca, Avenida Requejo, 33, 49022 Zamora, Spain; etejon@usal.es

² Department of Cartographic and Land Engineering, Higher Polytechnic School of Ávila, University of Salamanca, Hornos Caleros, 50, 05003 Ávila, Spain; daguilera@usal.es

³ Department of Construction and Technology in Architecture (DCTA), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM), Universidad Politécnica de Madrid, Av. Juan de Herrera 4, 28040 Madrid, Spain; lj.sanchez@upm.es

⁴ Department of Mechanical Engineering, Higher Polytechnic School of Zamora, Campus Viriato, University of Salamanca, Avenida Requejo, 33, 49022 Zamora, Spain; toles@usal.es

* Correspondence: jorge_lopez@usal.es; Tel.: +34-920-353-500 (ext. 3820)

I - INTRODUCCIÓN

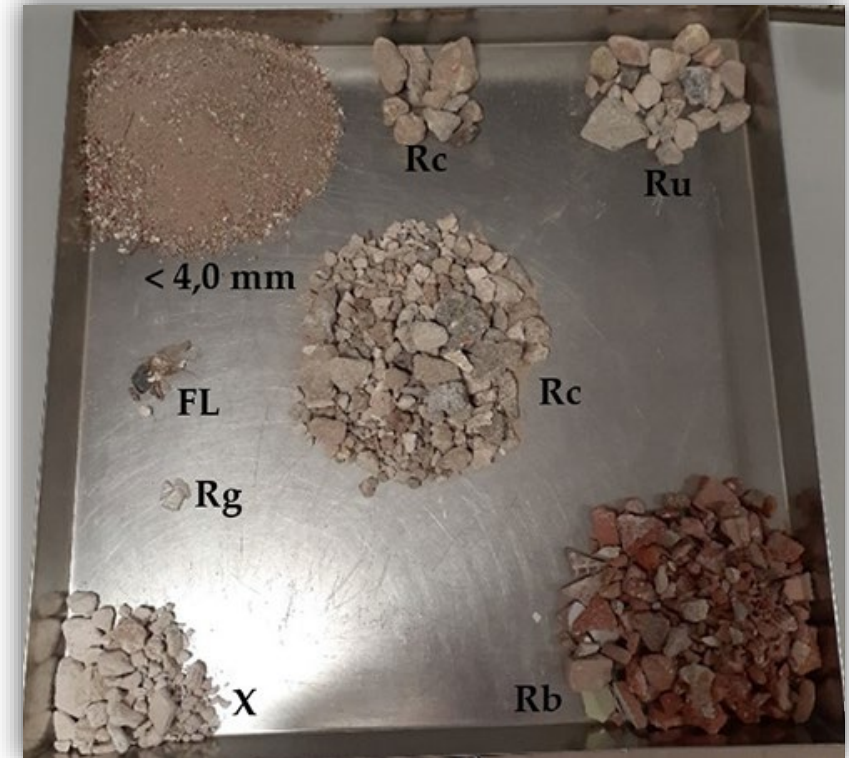
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



Residuos de hormigón



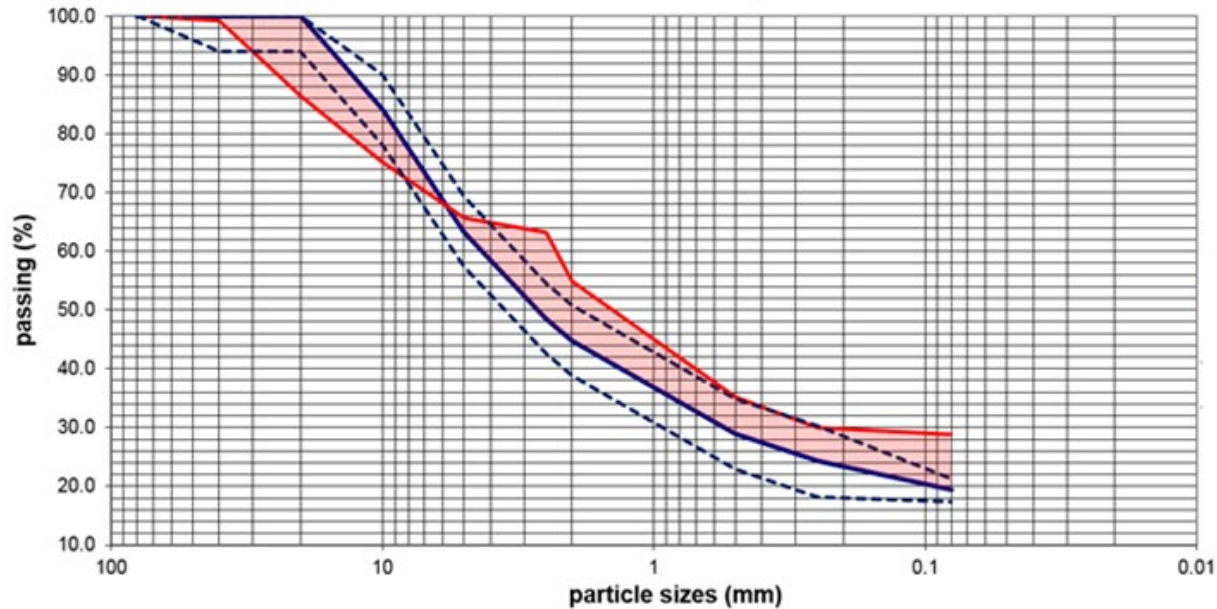
Residuos cerámicos

I - INTRODUCCIÓN

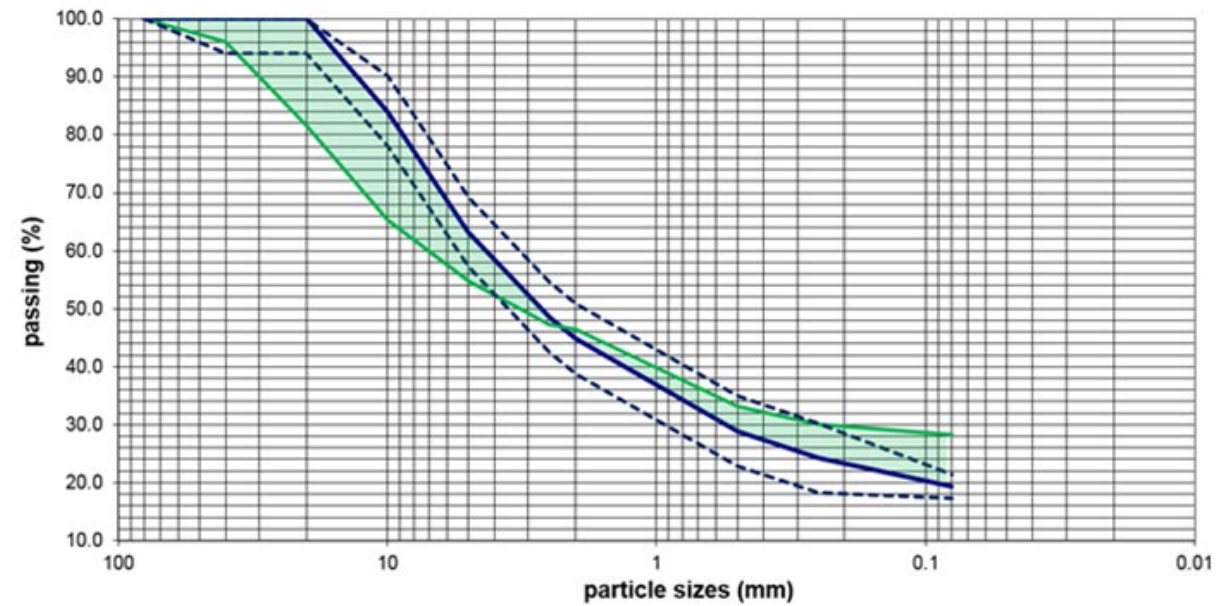
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



Residuos de hormigón



Residuos cerámicos

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

Dosificación	Muestra	Ratio a/c	Días Curado
CDWRCon 1	CDWRCon 1-1	1.38	7
	CDWRCon 1-2		7
	CDWRCon 1-3		28
	CDWRCon 1-4		28
CDWRCon 2	CDWRCon 2-1	0.67	8
	CDWRCon 2-2		8
	CDWRCon 2-3		29
	CDWRCon 2-4		29
	CDWRCon 2-5		90
CDWRCon 3	CDWRCon 3-1	0.67	12
	CDWRCon 3-2		12
	CDWRCon 3-3		28
	CDWRCon 3-4		28
	CDWRCon 3-5		90
CDWRCon 4	CDWRCon 4-1	0.60	21
	CDWRCon 4-2		21
	CDWRCon 4-3		28
	CDWRCon 4-4		28
	CDWRCon 4-5		90

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

Dosificación	Muestra	Ratio a/c	Días Curado
CDWRCer 1	CDWRCer 1-1	1.38	7
	CDWRCer 1-2		7
	CDWRCer 1-3		28
	CDWRCer 1-4		28
CDWRCer 2	CDWRCer 2-1	0.60	7
	CDWRCer 2-2		7
	CDWRCer 2-3		28
	CDWRCer 2-4		28
	CDWRCer 2-5		90
CDWRCer 3	CDWRCer 3-1	0.67	14
	CDWRCer 3-2		14
	CDWRCer 3-3		28
	CDWRCer 3-4		28
	CDWRCer 3-5		90
CDWRCer 4	CDWRCer 4-1	0.67	21
	CDWRCer 4-2		21
	CDWRCer 4-3		28
	CDWRCer 4-4		28
	CDWRCer 4-5		90

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

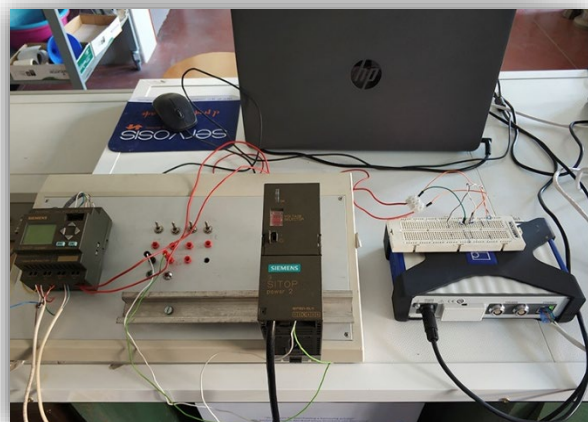
III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

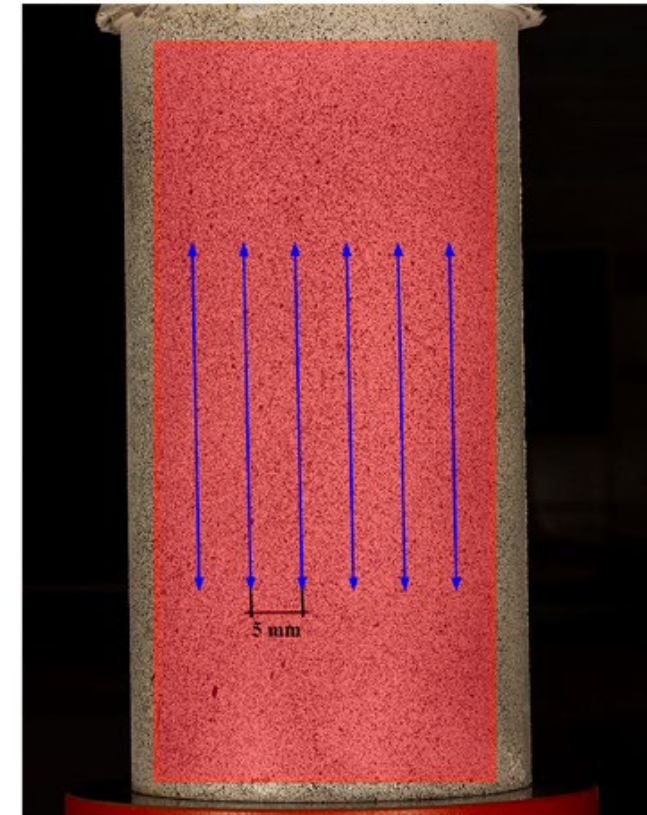
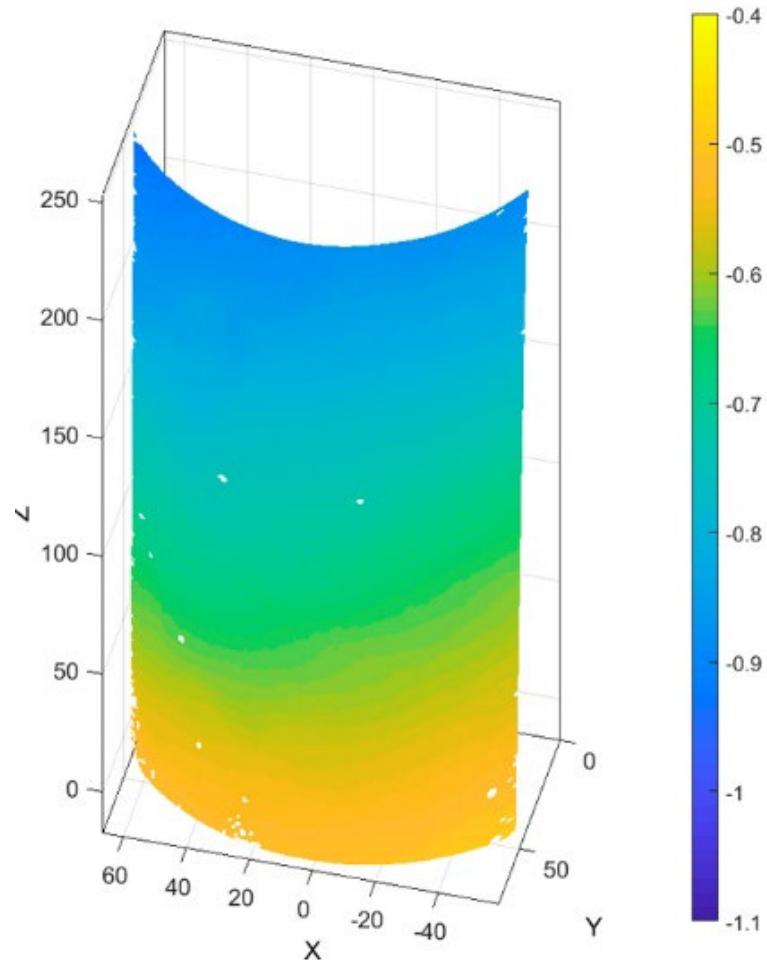


I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES



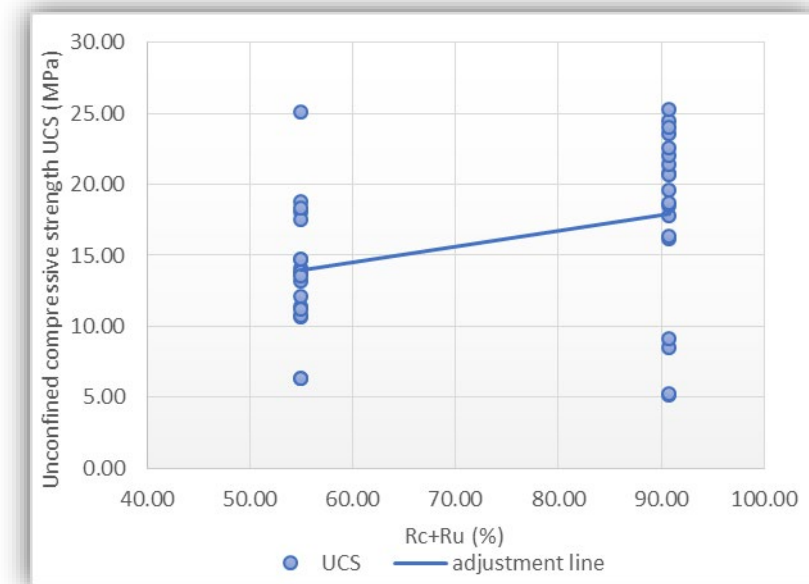
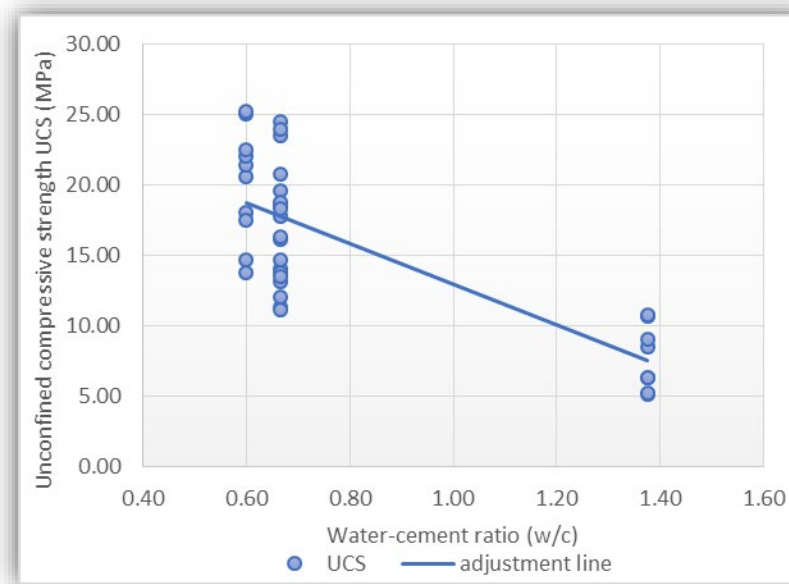
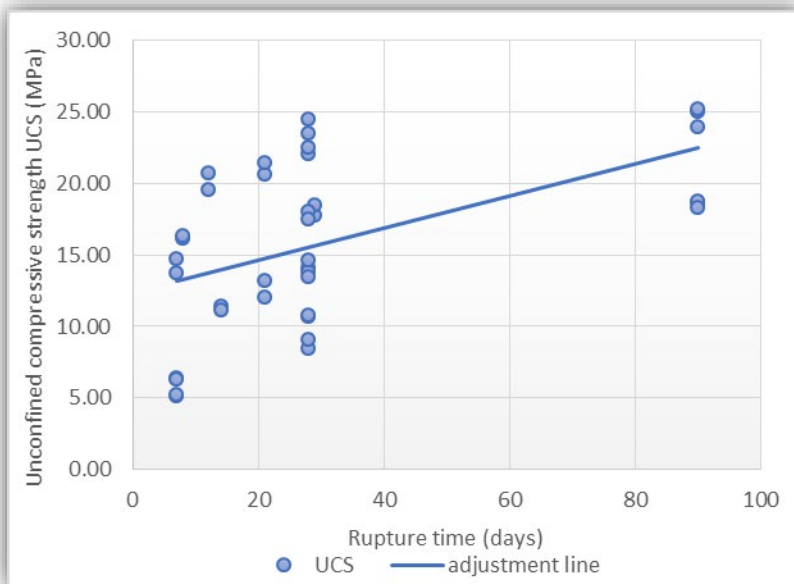
Region Of Interest (ROI)

Vertical virtual extensometer

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS
 IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
 STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

 COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
 CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

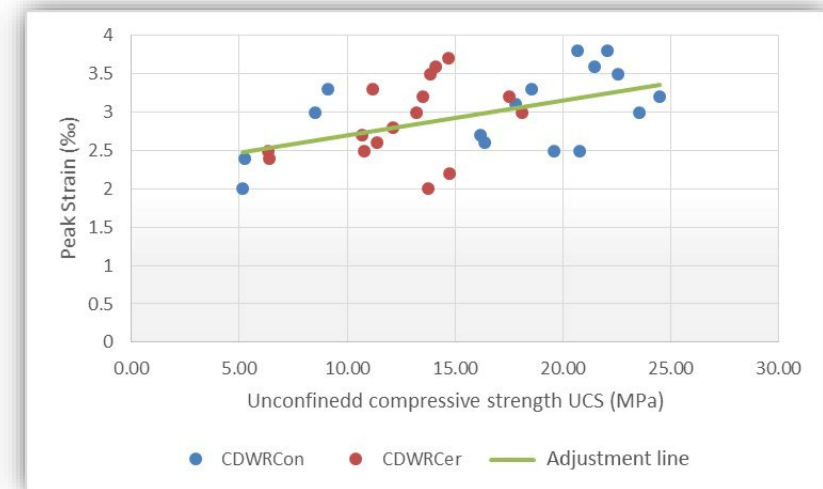
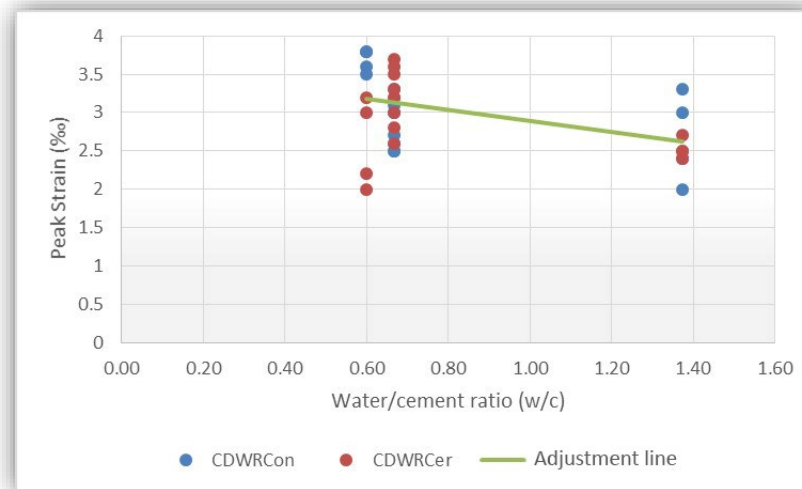
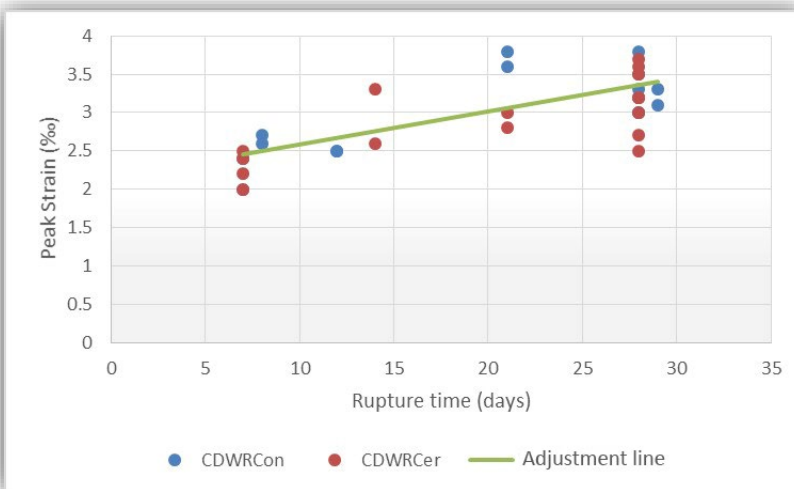
 MODELO **PREDICCIÓN DE RESISTENCIA**


$$\sqrt[3]{\text{UCS}} = 0.385 \times \sqrt[5]{t} - 0.774 \times w/c + 0.005 \times RcRu + 1.983$$

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS
 IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
 STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

 COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
 CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

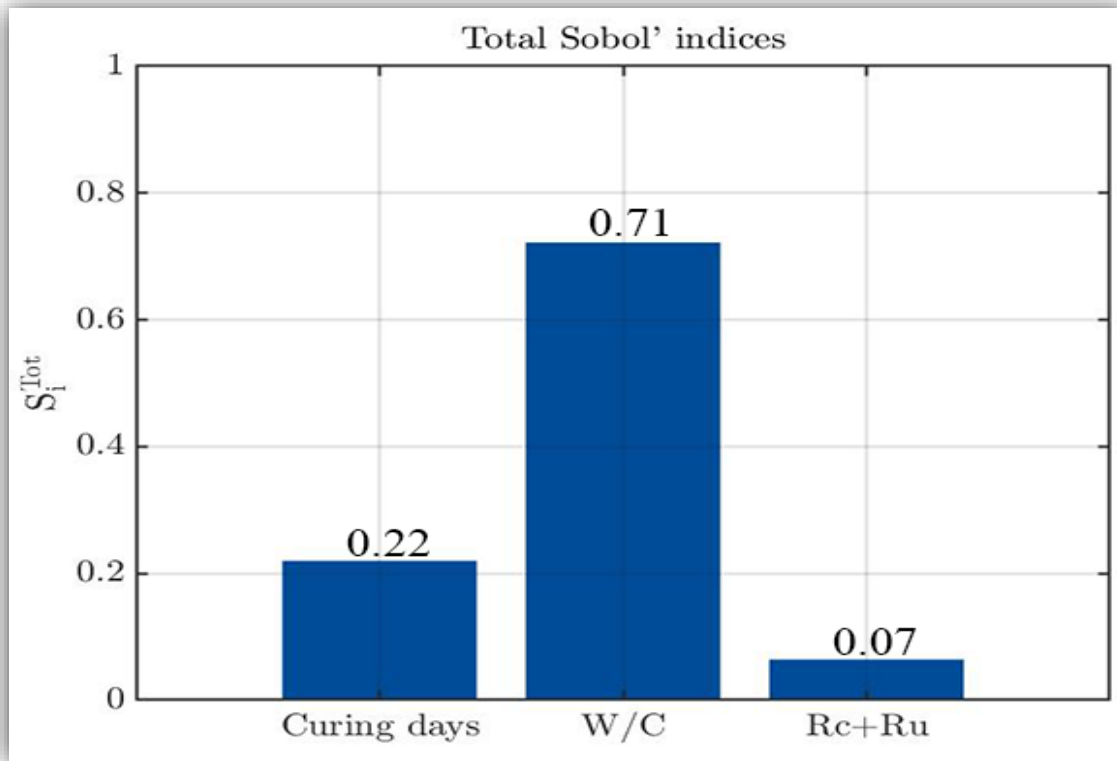
 MODELO **PREDICCIÓN DE DEFORMACIÓN**


$$\sqrt{\varepsilon_p} = 1.963 + 0.740 \cdot \sqrt[5]{t} - 0.550 \cdot \sqrt[3]{UCS} - 0.386 \cdot w/c$$

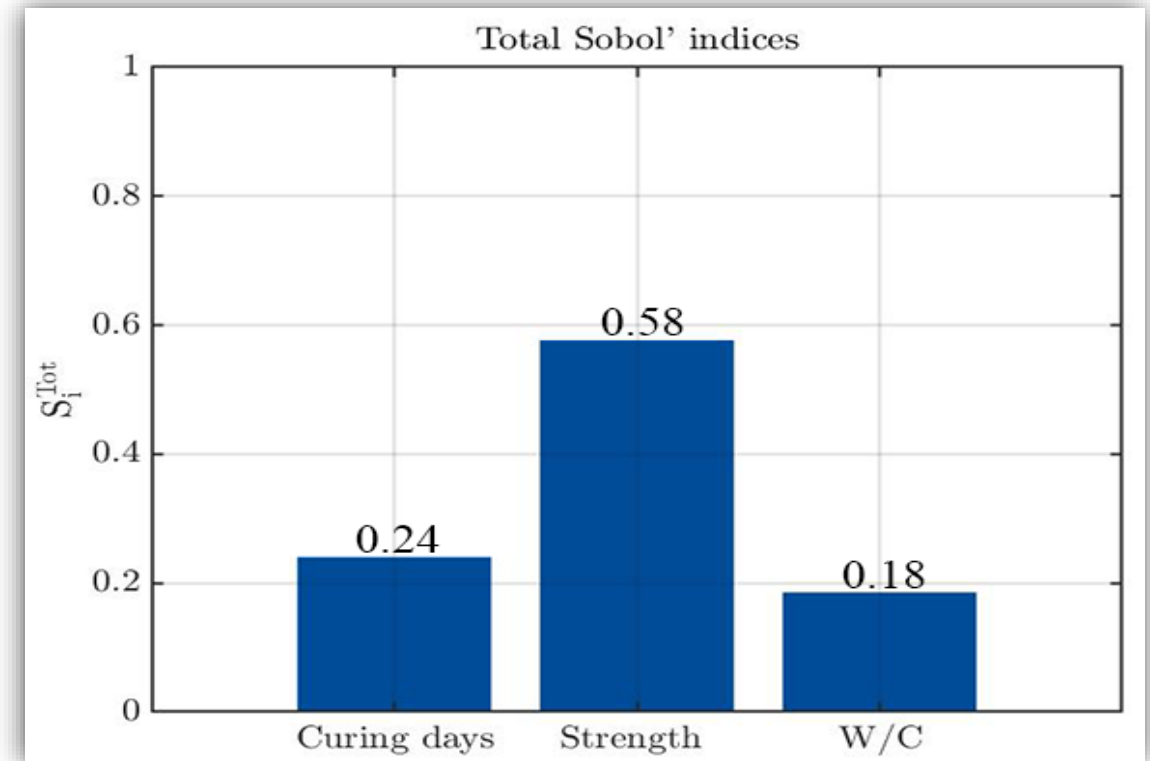
I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROSIMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH
STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSINGCOMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED
CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD



Predicción de resistencia



Predicción de deformación

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS WITH STABILISING ADDITIVES FOR SELF-BUILD OF SUSTAINABLE HOUSING

COMPRESSION AND STRAIN PREDICTIVE MODELS IN NON-STRUCTURAL RECYCLED CONCRETES MADE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES

- ❖ Se han desarrollado modelos predictivos de hormigones reciclados para obtener la resistencia a compresión y deformación última en función de variables de entrada como la edad de curado, la relación agua-cemento y la composición de los áridos.
- ❖ La técnica DIC junto con las técnicas basadas en confiabilidad se presentan como la mejor opción para diseñar y optimizar nuevos materiales con un comportamiento heterogéneo.
- ❖ Los análisis de sensibilidad permiten comprender y mejorar el funcionamiento de los modelos.

CAPÍTULO III

OPTIMIZACIÓN TÉRMICA USANDO TERMOGRAFÍA ACTIVA

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS
 MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A
 WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

 EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR
 USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

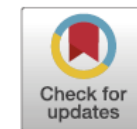
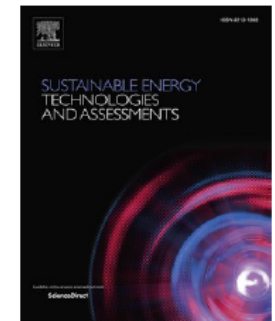
Sustainable Energy Technologies and Assessments 57 (2023) 103268



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Sustainable Energy Technologies and Assessments

journal homepage: www.elsevier.com/locate/seta

Monitoring the thermal contribution of certain mortar additives as a way to optimize the energy performance of buildings

Jorge López-Rebollo^{a,*}, Natalia Nuño Villanueva^a, Ignacio Martín Nieto^a, Cristina Sáez Blázquez^a, Susana Del Pozo^a, Diego González-Aguilera^a

^a Department of Cartographic and Land Engineering. University of Salamanca, Higher Polytechnic School of Ávila, Hornos Caleros, 50, 05003 Ávila, Spain

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

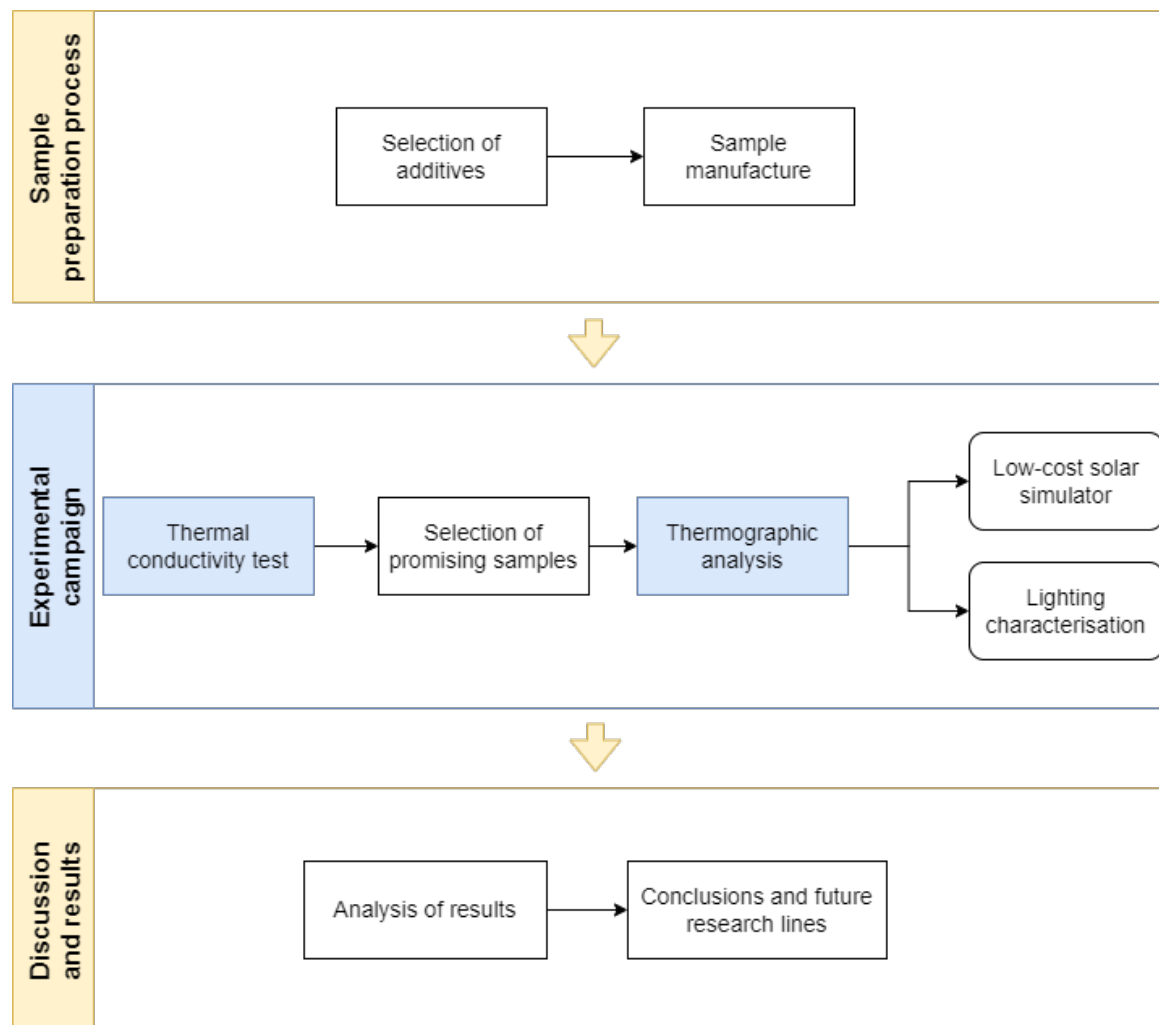
III – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

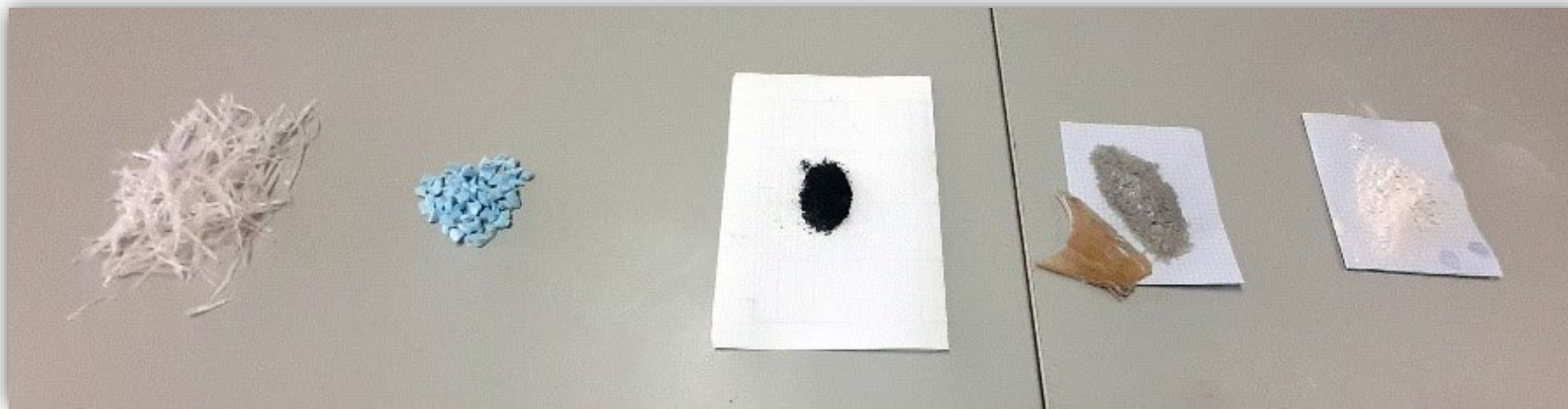
III – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A
WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR
USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS



Fibras
Poliéster

Poliestireno

Grafito

Yeso
cristalizado

Yeso polvo

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A
WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

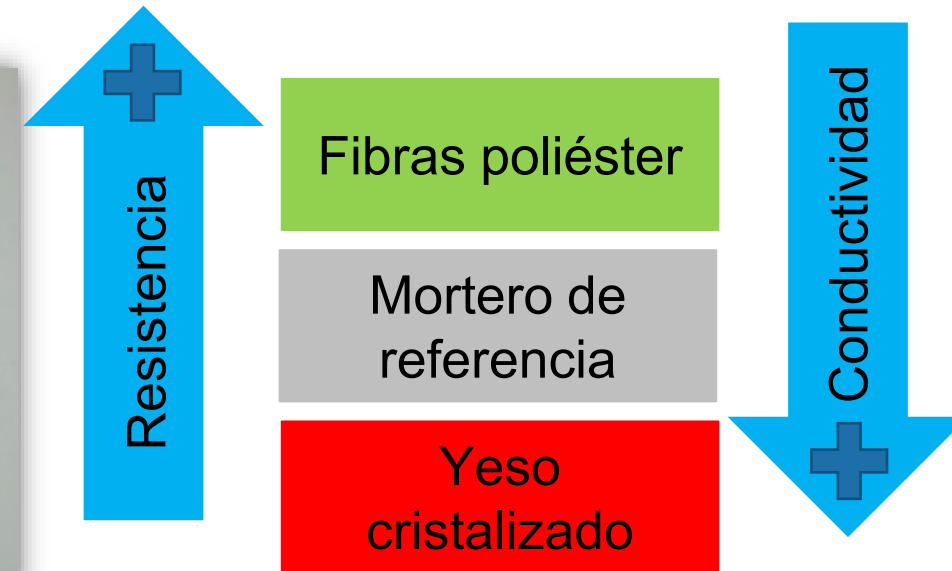
EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR
USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

CONDUCTIVIDAD **TÉRMICA**

Muestra	Conductividad ($W/m \cdot K$)	Resistencia ($^{\circ}C \cdot cm/W$)
Mortero	0,58	171.67
Poliéster	0,39	260.33
Poliestireno	0,91	109.67
Grafito	0,86	117
Yeso (C)	1,06	95.93
Yeso (P)	0,45	225.67



RK-3 needle - TEMPOS

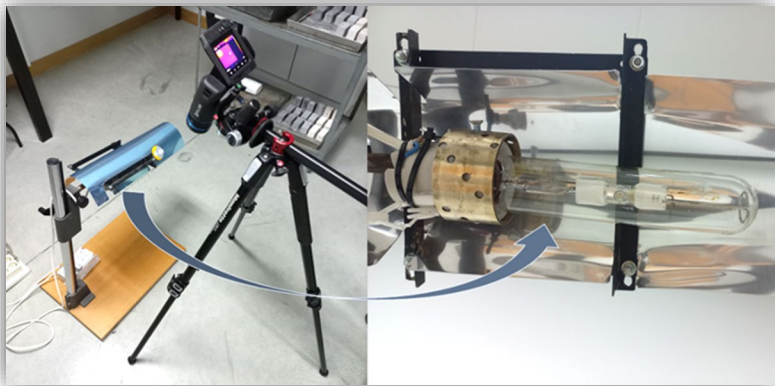


I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS
 MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A
 WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

 EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR
 USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

TERMOGRAFÍA **ACTIVA**



Cámara termográfica

FLIR T540 con lente 42° (FOV de 42° x 32°).

Resolución: 464 x 348 píxeles.

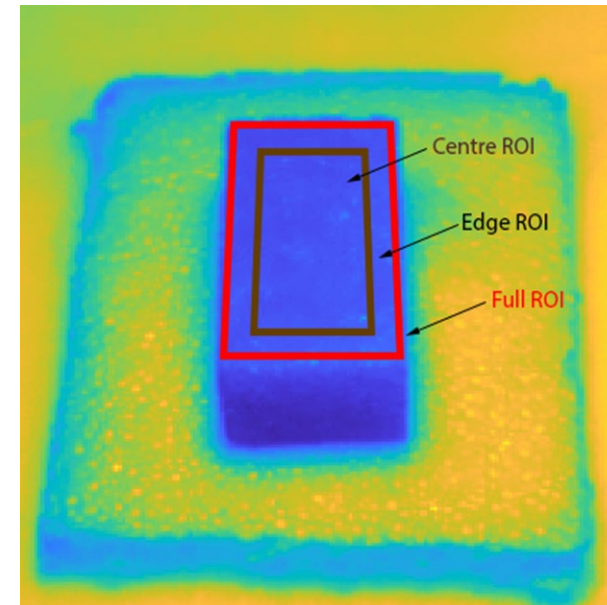
Rango Temperatura: -20 120°C.

Sensibilidad térmica: <30 mK a 30°C.

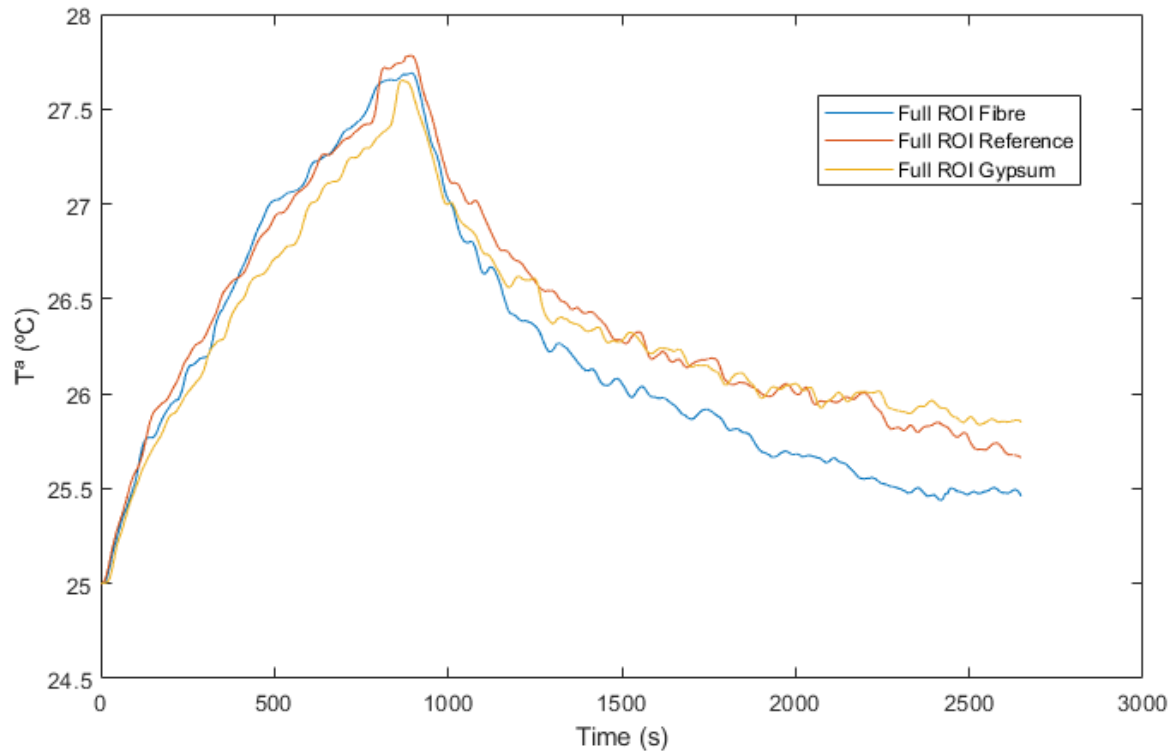
Encendido **Calentamiento** Enfriamiento



Adquisición de imágenes



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROSMONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A
WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGSEXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR
USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONSTERMOGRAFÍA **ACTIVA**

Muestra	Máximo incremento temperatura (°C)	Variación temperatura final (°C)
Fibra	2.69	0.46
Referencia	2.78	0.66
Yeso	2.65	0.85

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

- ❖ Los aditivos permiten modificar las propiedades térmicas de materiales de construcción básicos como los morteros. Además del ahorro energético por su implementación, el empleo de estos materiales promueve la sostenibilidad y economía circular en la construcción.
- ❖ El enfoque de termografía activa adoptado permite una monitorización completa y precisa del comportamiento térmico, analizando tanto la evolución temporal como la distribución espacial de las temperaturas.
- ❖ El empleo de simuladores solares low-cost permite además optimizar las propiedades térmicas de estos materiales garantizando la reproducibilidad y repetitividad de los ensayos en laboratorio simulando condiciones ambientales similares a las reales.

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROSMONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A
WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGSEXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR
USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

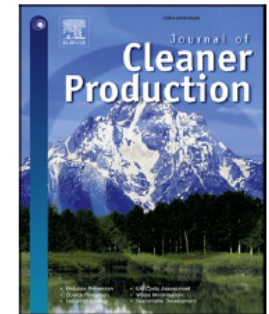
Journal of Cleaner Production 382 (2023) 135280



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro

Experimental study on the thermal properties of pigmented mortars for use in energy efficiency applications

Jorge López-Rebollo^{a,*}, Susana Del Pozo^a, Ignacio Martín Nieto^a, Cristina Sáez Blázquez^{a,b},
Diego González-Aguilera^a

^a Department of Cartographic and Land Engineering, University of Salamanca, Higher Polytechnic School of Ávila, Hornos Caleros, 50, 05003, Ávila, Spain

^b Department of Electric, System and Automatic Engineering, Universidad de León, León, Spain



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

Manufacture
of the mortar
samples



Test procedure



Analysis of results and conclusions

I - INTRODUCCIÓN

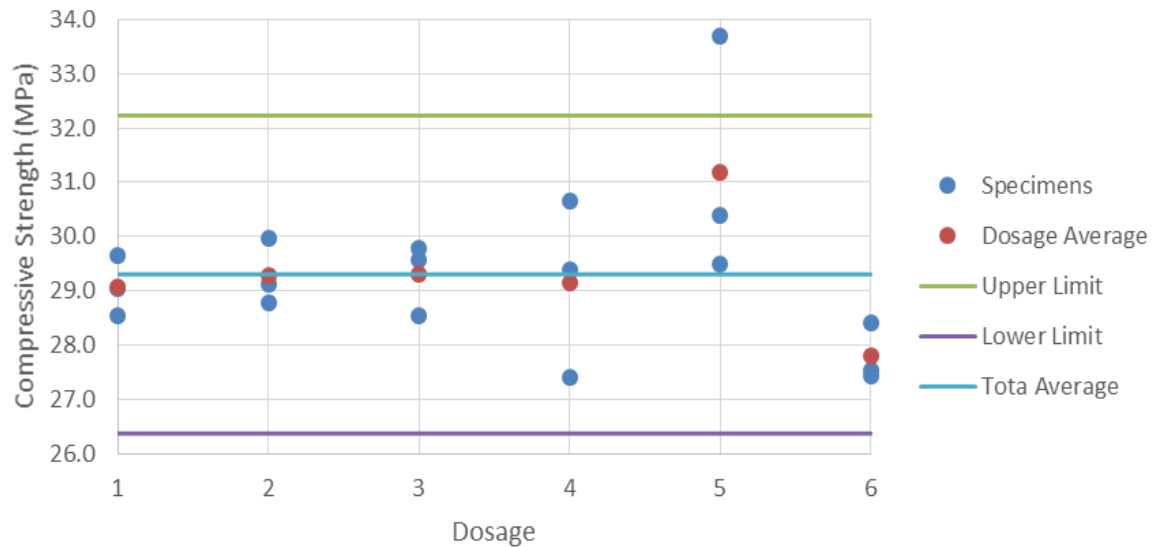
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

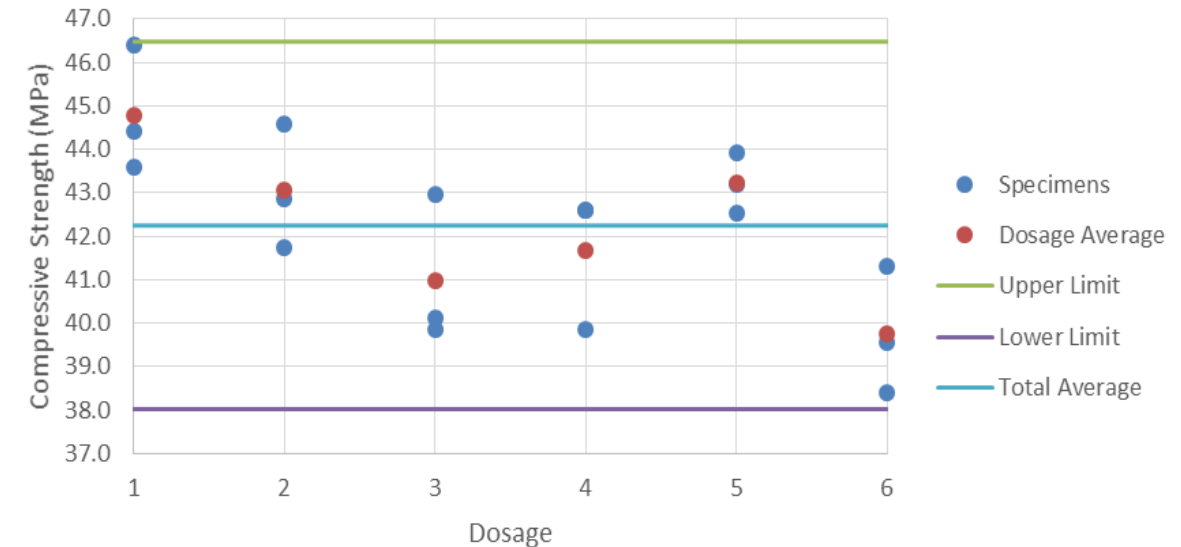
EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

RESISTENCIA COMPRESIÓN

GREY CEMENT



WHITE CEMENT



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

CONDUCTIVIDAD **TÉRMICA**

Nomenclatura	Conductividad térmica (W/m·K)	Desviación
G1	1.041	0.0031
G2	1.273	0.0003
G3	1.884	0.0004
G4	1.363	0.022
G5-Ref	2.063	0.009
G6	1.626	0.0002

Nomenclatura	Conductividad térmica (W/m·K)	Desviación
W1	1.596	0.003
W2	1.621	0.0009
W3	1.918	0.0002
W4	1.725	0.0007
W5-Ref	1.774	0.009
W6	2.103	0.001

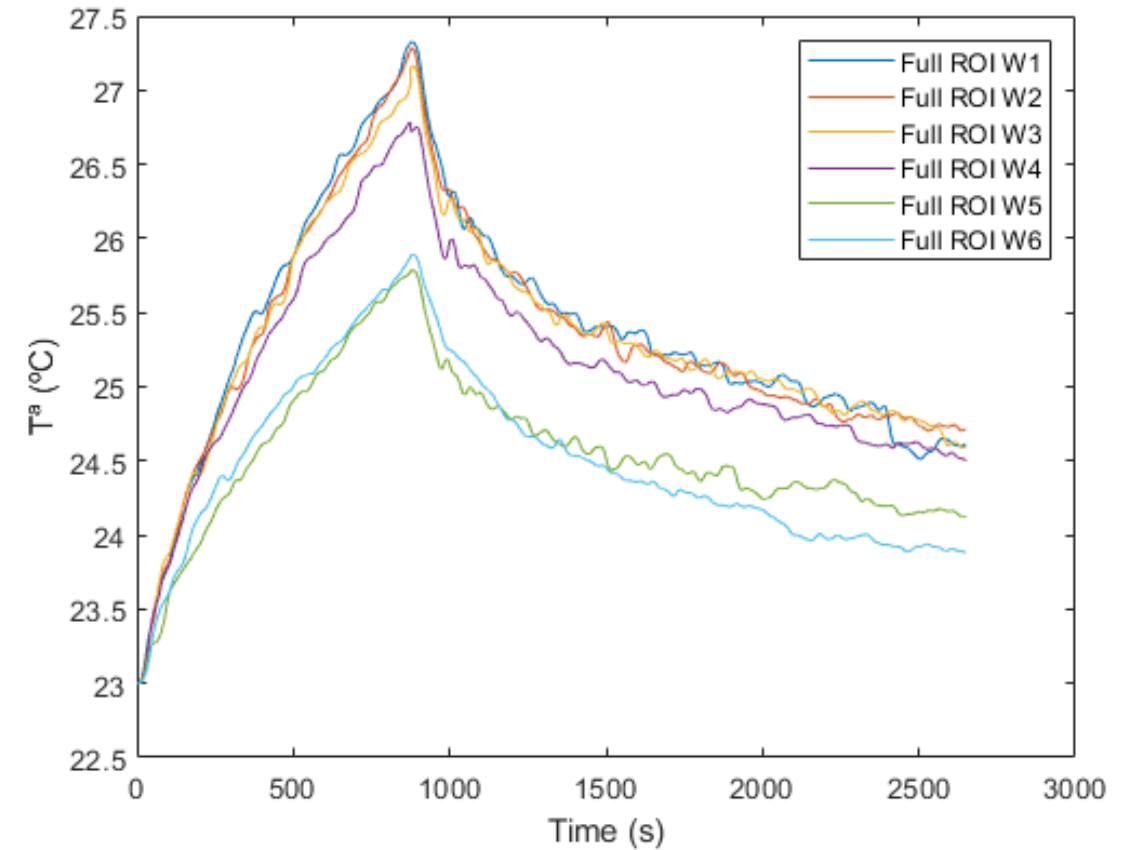
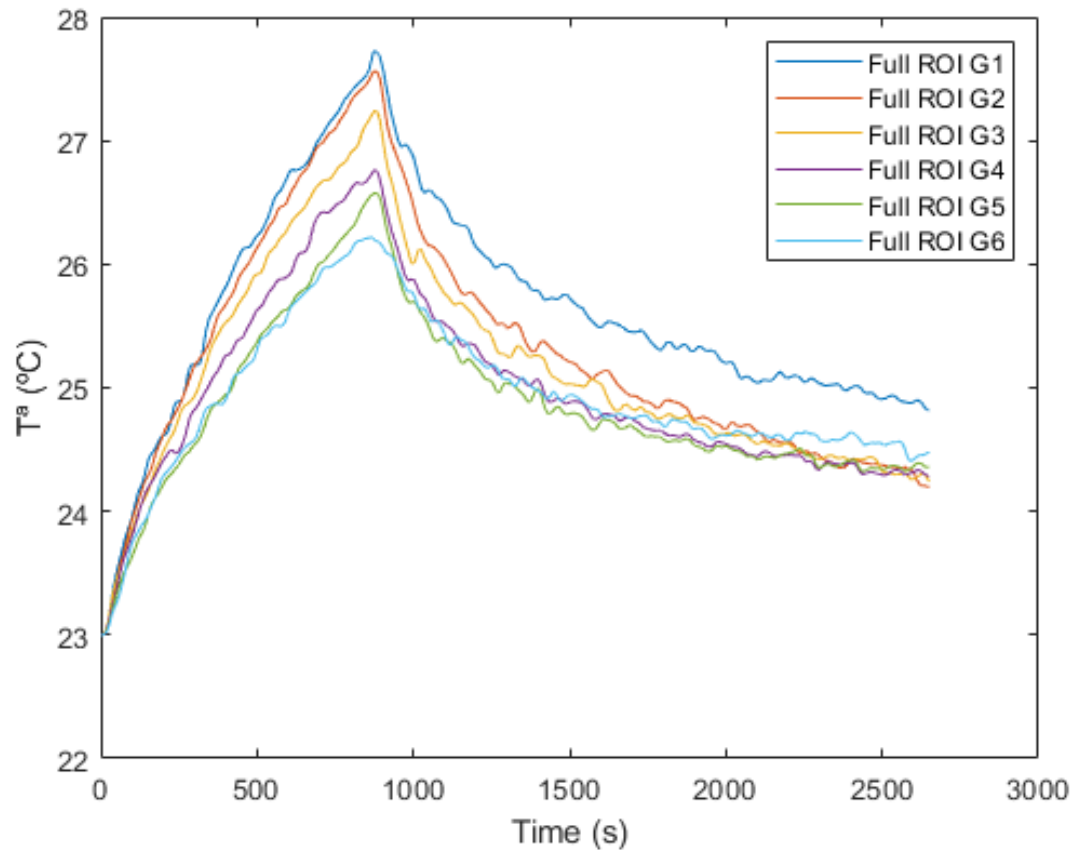
I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

TERMOGRAFÍA **ACTIVA**



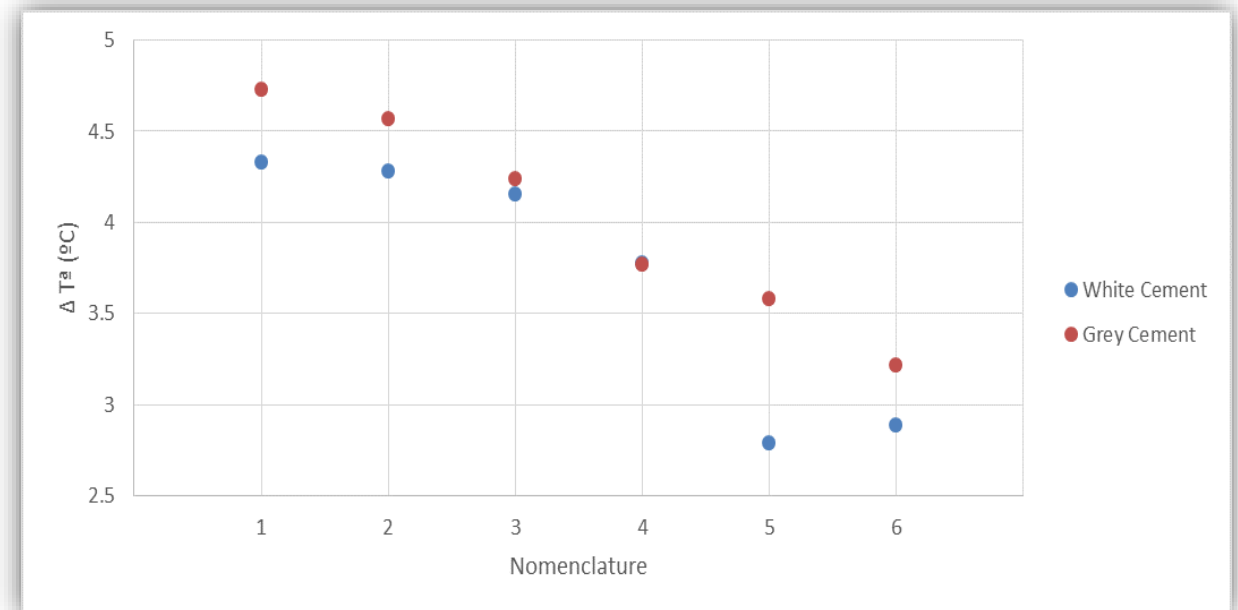
I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

Nomenclatura	Color Cemento	BlPig (g)	WhPig (g)
G1	Grey	50	0
G2	Grey	37.5	12.5
G3	Grey	25	25
G4	Grey	12.5	37.5
G5-Ref	Grey	0	0
G6	Grey	0	50
W1	White	50	0
W2	White	37.5	12.5
W3	White	25	25
W4	White	12.5	37.5
W5-Ref	White	0	0
W6	White	0	50



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

REFLECTIVIDAD ÓPTICA

Faro Focus-3D 120



Atributo	Valor
Principio físico	Cambio de fase
Longitud de onda (nm)	905 – infrarrojo cercano
Rango de medición(m)	0.6 – 120
Field of view (grados)	360 H × 320 V
Precisión nominal a 25m (mm)	2
Divergencia del haz (mrad)	0.19
Ratio de captura (puntos/s)	122,000/976,000
Resolución radiométrica (bits)	11

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

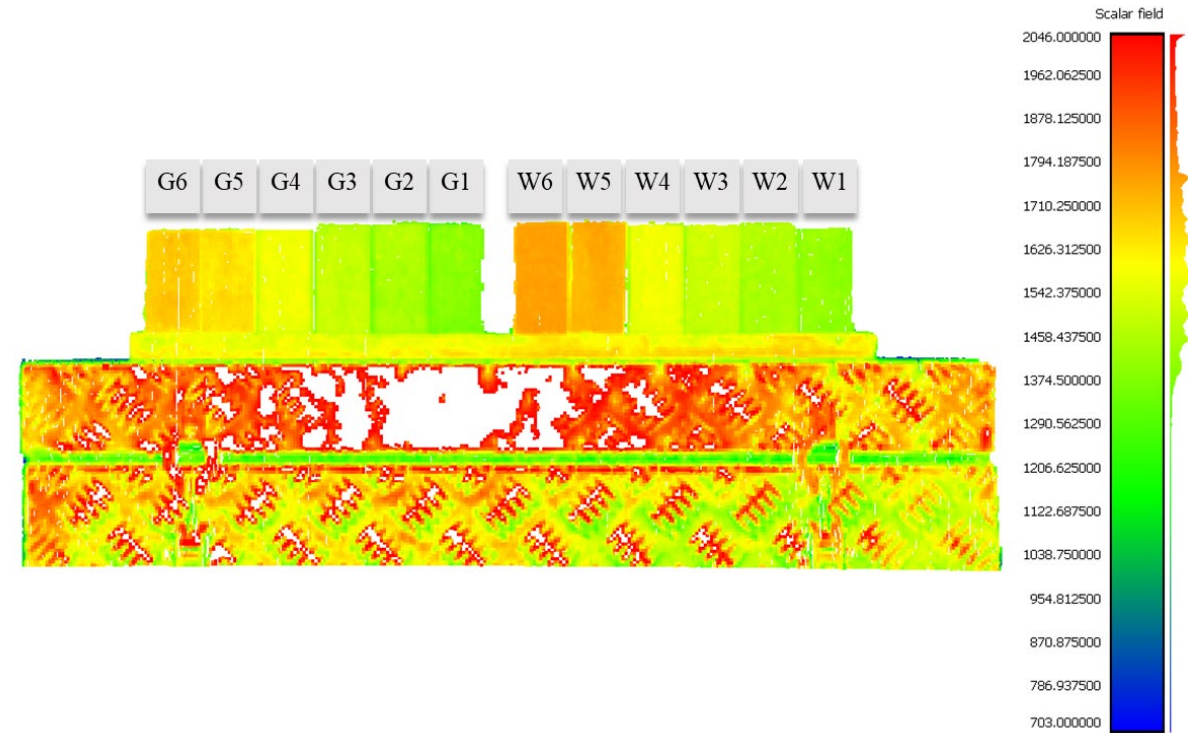
III – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII – OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

MONITORING THE THERMAL CONTRIBUTION OF CERTAIN MORTAR ADDITIVES AS A WAY TO OPTIMIZE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMAL PROPERTIES OF PIGMENTED MORTARS FOR USE IN ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS

- ❖ La adición de pigmentos permite mejorar las propiedades térmicas sin alterar la capacidad mecánica, desde el punto de vista de la absorción de radiación solar.
- ❖ La técnica de termografía activa aplicada con simulador solar ha sido validada por medio de análisis ópticos, que han ratificado la contribución de los aditivos a una mayor absorción de radiación solar.
- ❖ Este enfoque ha permitido cuantificar la ganancia térmica, lo que resulta de gran utilidad para estudios de optimización de estos materiales en cuanto a mejora térmica y eficiencia energética.

CAPÍTULO IV

HORMIGÓN RECICLADO ESTRUCTURAL CON CAPACIDAD TÉRMICA

*Article*

Enhancing Thermal Efficiency in Water Storage Tanks Using Pigmented Recycled Concrete

Jorge López-Rebollo *^{ID}, Ignacio Martín Nieto ^{ID}, Cristina Sáez Blázquez ^{ID}, Susana Del Pozo ^{ID}
and Diego González Aguilera *^{ID}

Department of Cartographic and Land Engineering, Higher Polytechnic School of Ávila, University of Salamanca,
Hornos Caleros, 50, 05003 Ávila, Spain

* Correspondence: jorge_lopez@usal.es (J.L.-R.); daguilera@usal.es (D.G.A.)

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE

Evaluación de las propiedades mecánicas del hormigón reciclado

Muestras de hormigón reciclado con diferentes porcentajes de pigmento

Evaluación de la conductividad térmica de las muestras de hormigón pigmentado

Maximización de la ganancia térmica a través de la optimización del porcentaje de pigmento

Fabricación de un tanque de agua de referencia y otro con la solución de pigmento optimizada

Monitorización de la temperatura exterior del tanque y del agua interior

Análisis del impacto económico y medioambiental de la solución adoptada

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE

ÁRIDOS **RECICLADOS**



CARACTERIZACIÓN **MECÁNICA**

Propiedad	Promedio	STD	CoV (%)
f_c	38.5	3.87	10.0
f_{ti}	2.8	0.3	11.2
E	27,615.5	4,562.0	16.5

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

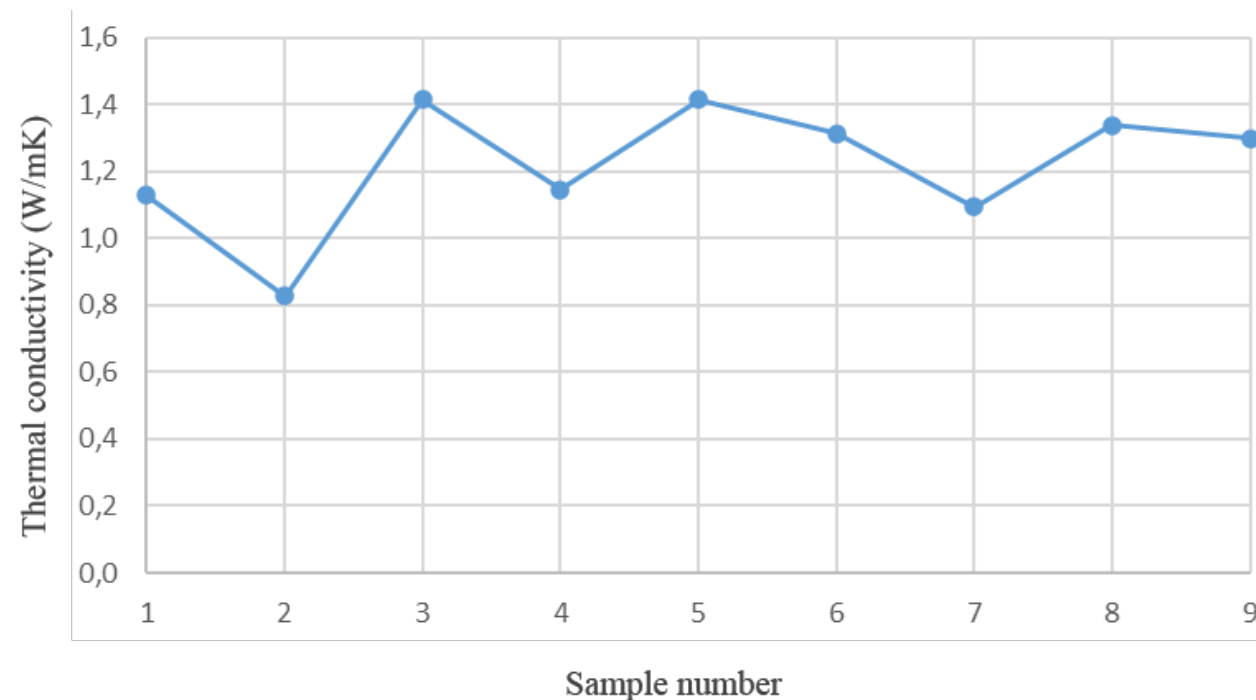
V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE

HORMIGÓN RECICLADO PIGMENTADO



CONDUCTIVIDAD TÉRMICA



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

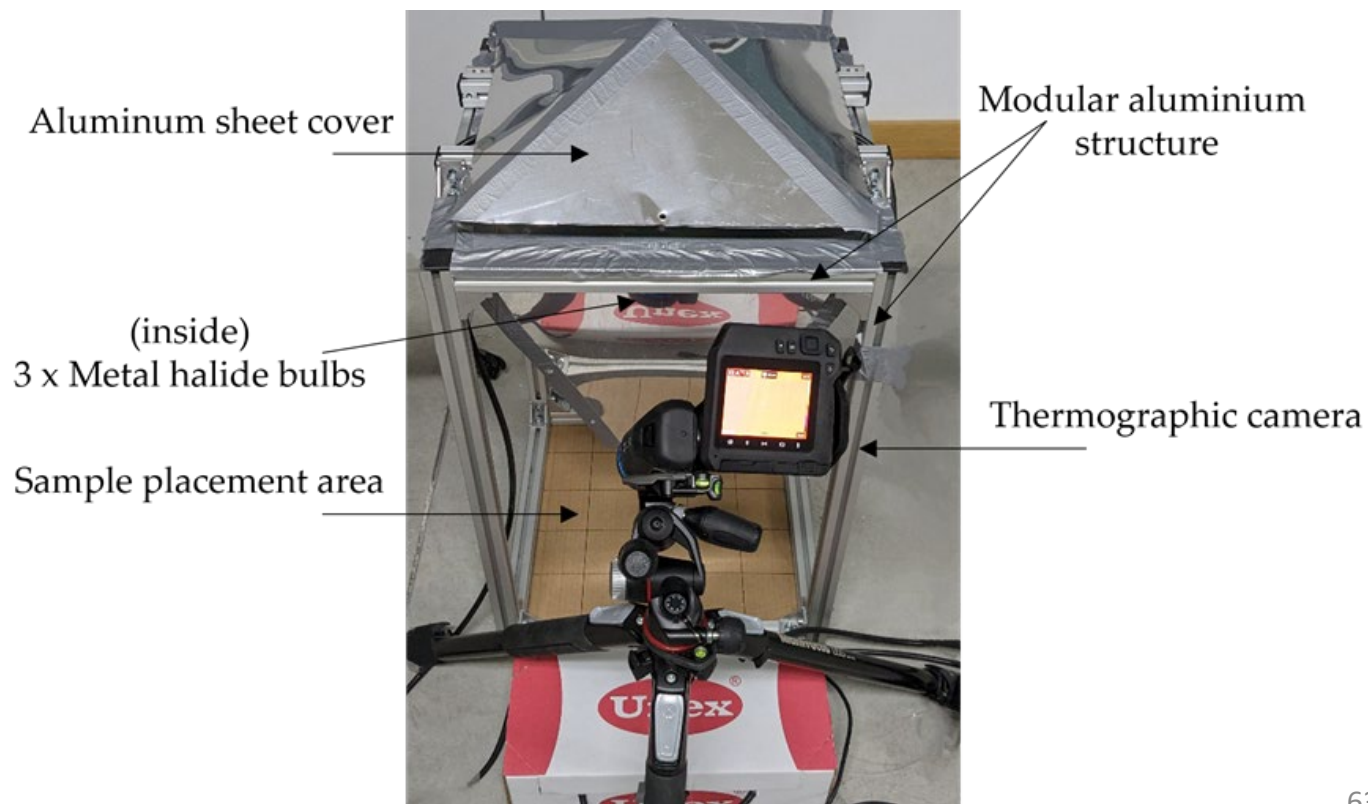
V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE

HORMIGÓN RECICLADO PIGMENTADO



SIMULADOR SOLAR

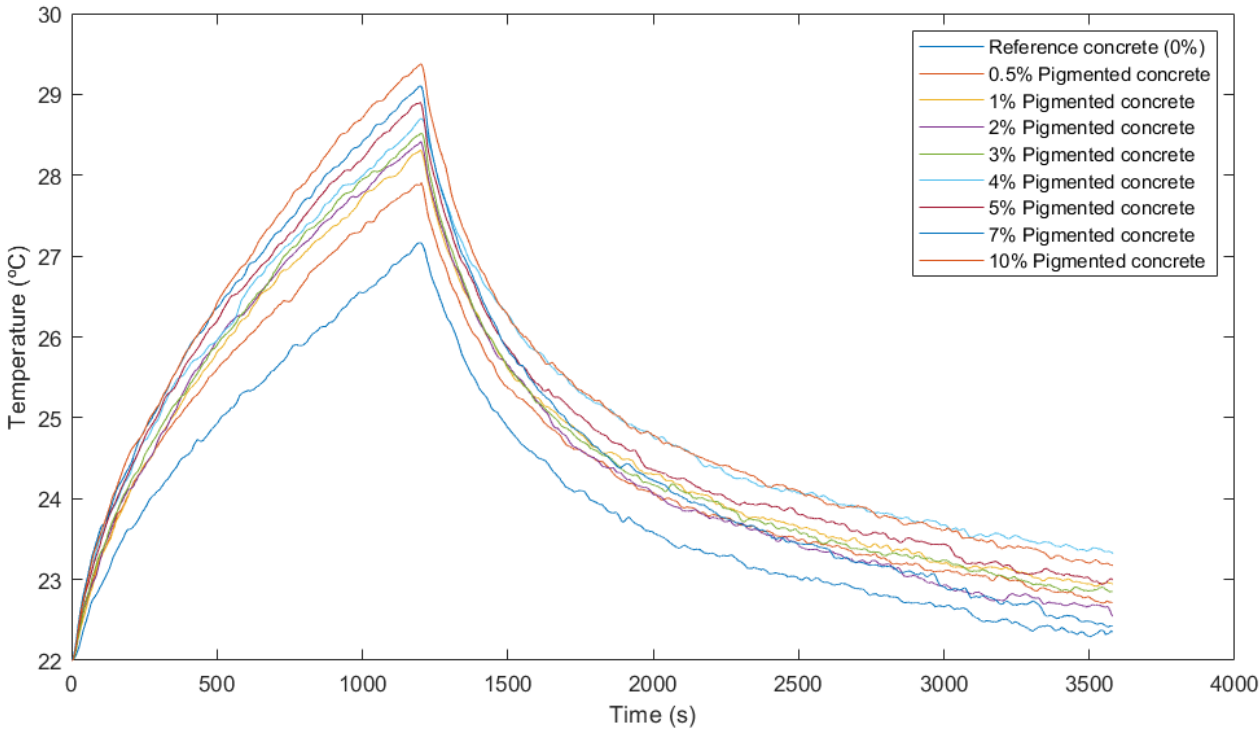


I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA



Muestra	Tª Máxima	Máximo incremento de Tª	Incremento relativo
Ref	27.16	5.16	-
0.5%	27.91	5.91	0.74
1%	28.31	6.31	0.41
2%	28.41	6.41	0.10
3%	28.52	6.52	0.10
4%	28.70	6.70	0.19
5%	28.90	6.90	0.20
7%	29.11	7.11	0.20
10%	29.38	7.38	0.27

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

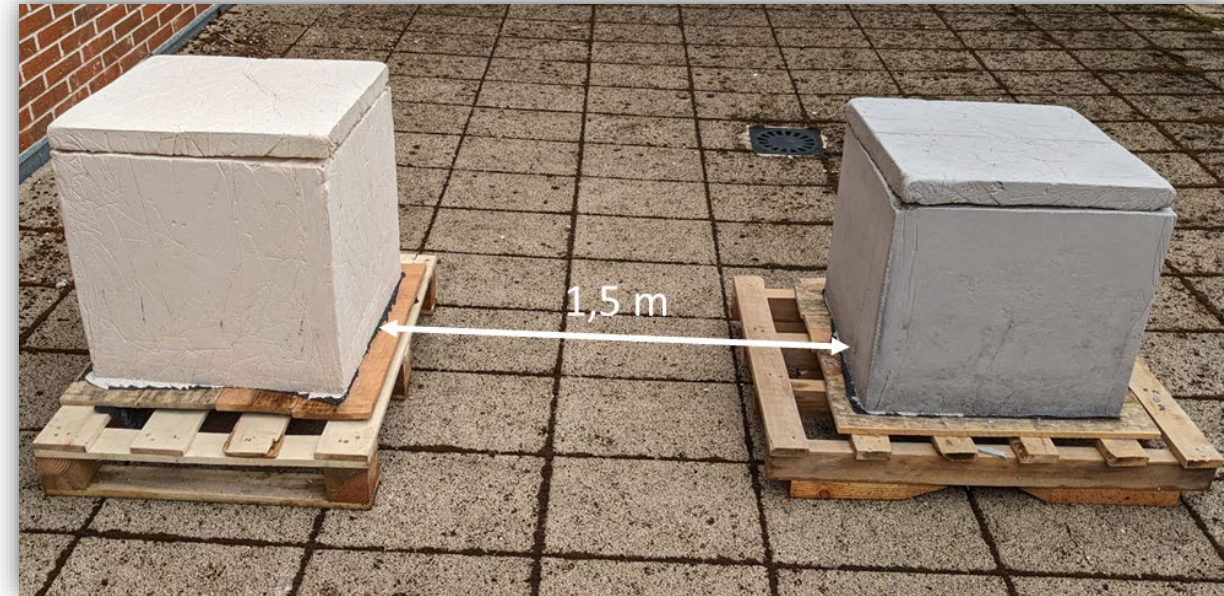
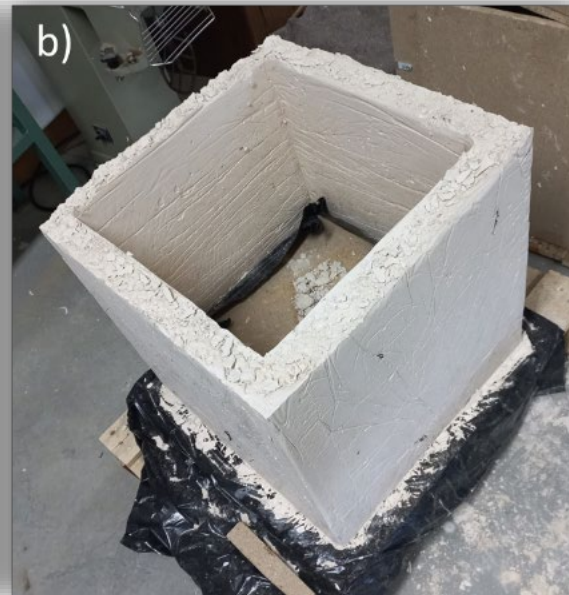
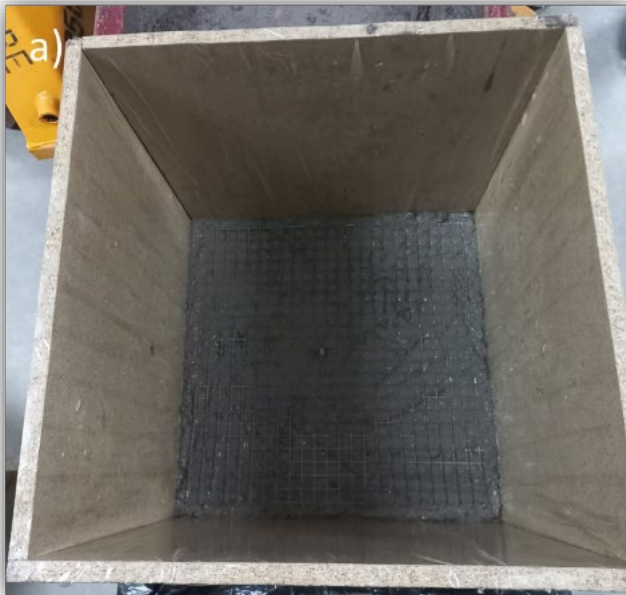
III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE

FABRICACIÓN PROTOTIPOS



I - INTRODUCCIÓN

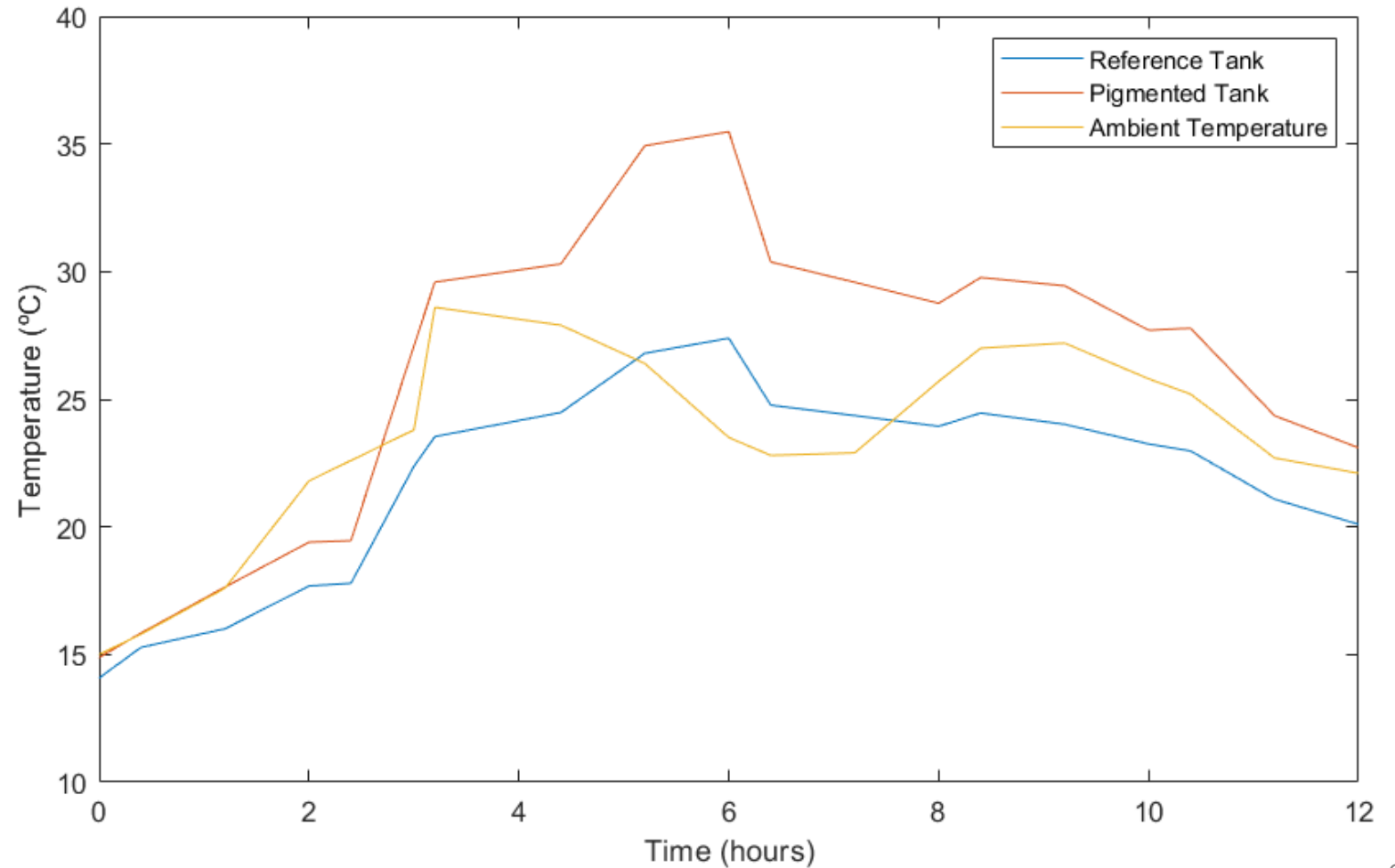
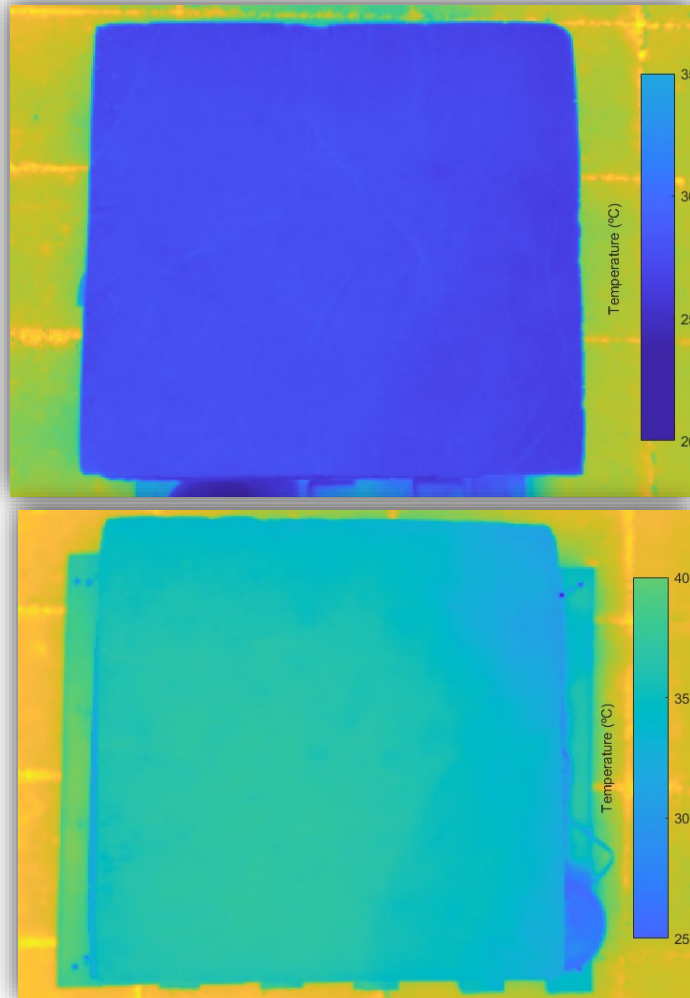
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

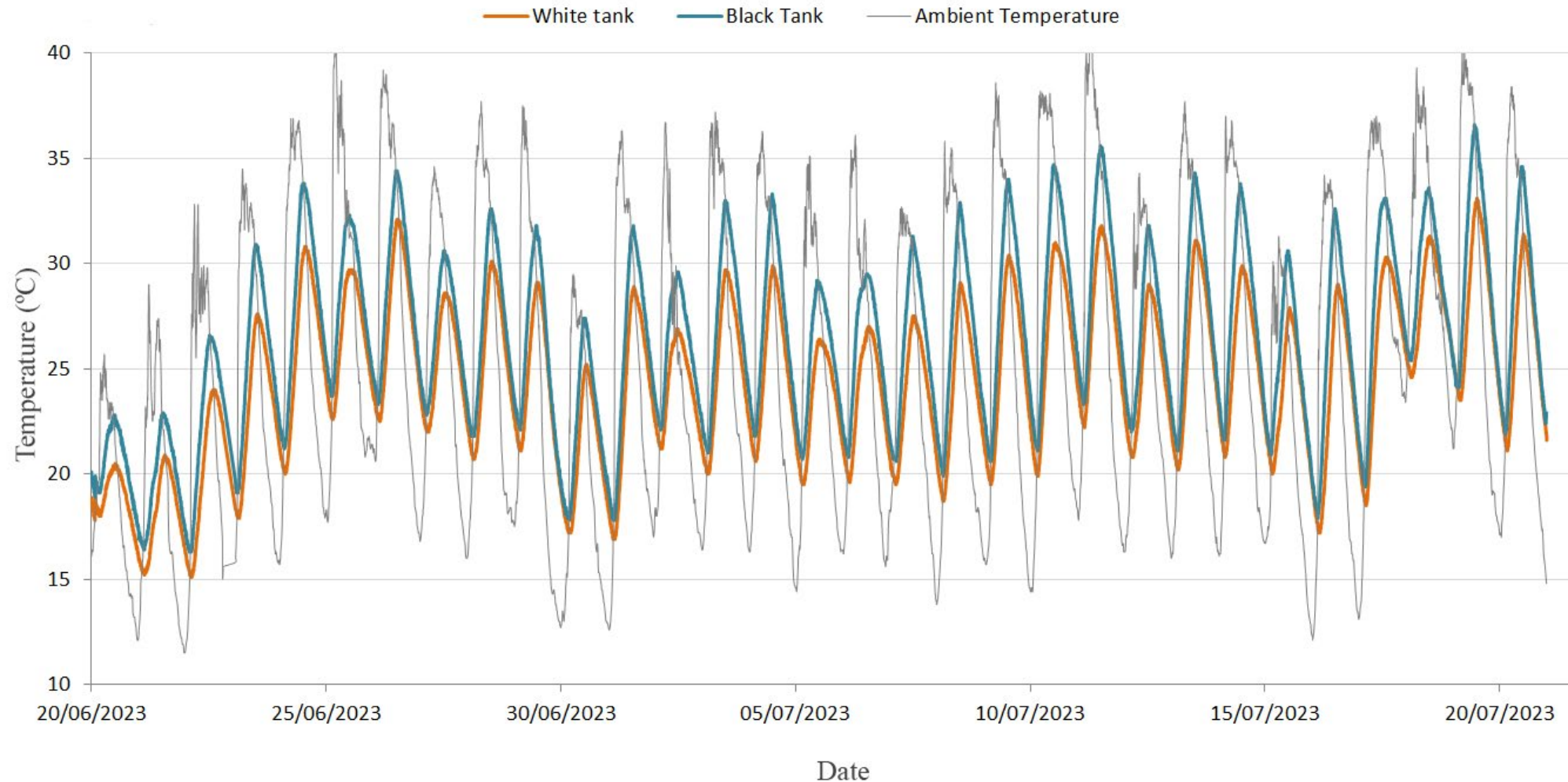
ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE



I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE



I - INTRODUCCIÓN

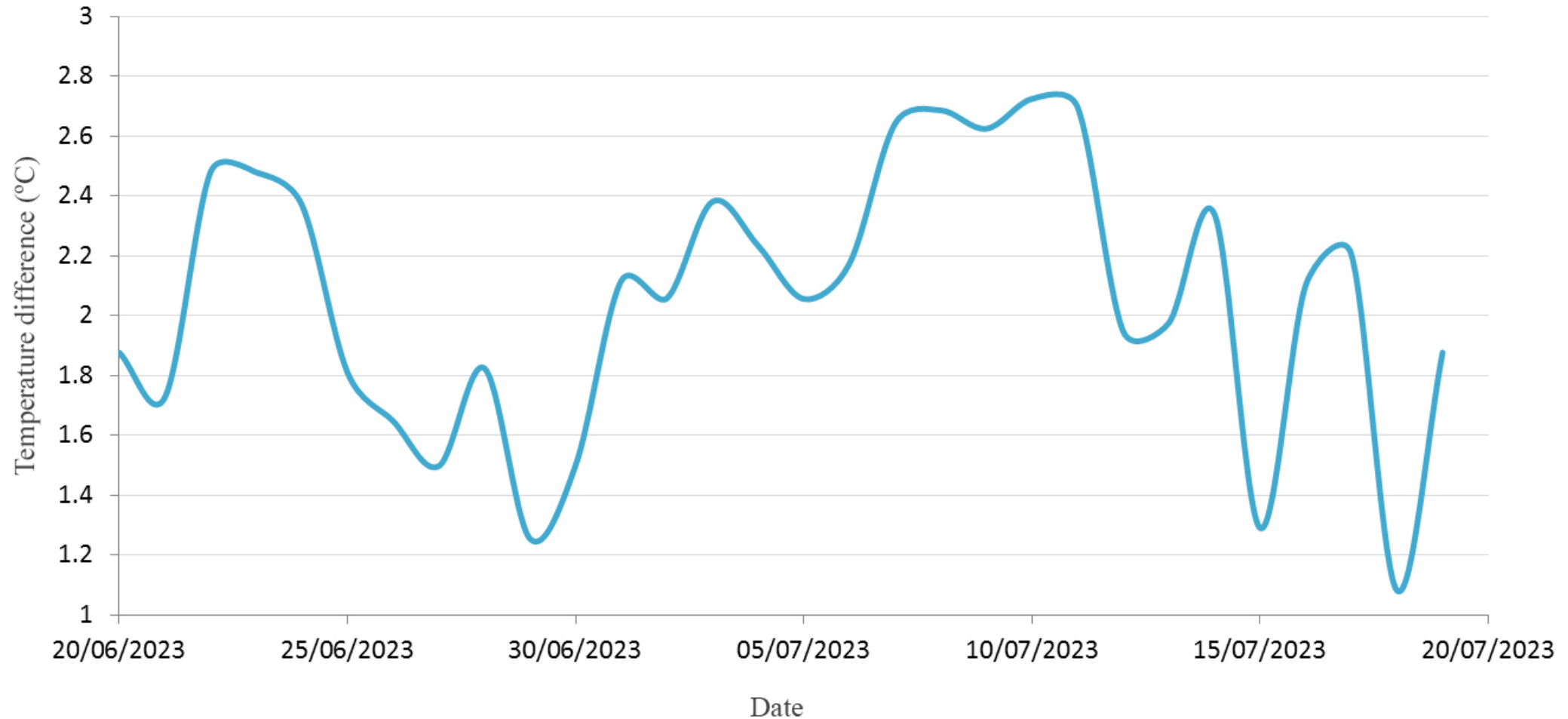
II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE



ANÁLISIS **ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL**

Industria agroalimentaria con un consumo de 3,750 m³ de agua al mes.

Incremento de temperatura de 1,98°C en tanques de hormigón reciclado pigmentado.

Fuente de energía	Precio (€/kWh)	Ahorro mensual (€)	Ahorro emisiones de CO ₂ (kg)
Electricidad	0.18	1552.5	2854.9
Gas natural	0.07	603.8	2173.5
Gasoil	0.09	776.3	2682.3
GLP	0.08	690.0	2190.6

Los agregados naturales suponen una emisión de 54 kg de CO₂ por cada m³ frente a los 30 kg de los agregados reciclados.

Ahorro de 1,100 kg/m³ de recursos naturales.

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

ENHANCING THERMAL EFFICIENCY IN WATER STORAGE TANKS USING PIGMENTED RECYCLED CONCRETE

- ❖ Ventaja de fabricar hormigones reciclados a partir de rechazos de prefabricados de hormigón, así como de emplear pigmentos para mejorar el rendimiento térmico de los mismos.
- ❖ Reducción de residuos en la industria de la construcción a través del fomento del uso de materiales reciclados.
- ❖ Aumento de la competitividad de estos materiales gracias a la mejora de sus propiedades térmicas que permiten ahorros económicos y ambientales para las industrias que dependen de procesos de calentamiento de agua.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

Las investigaciones han confirmado la viabilidad y eficacia de desarrollar **nuevos materiales de construcción alineados con los conceptos de sostenibilidad y economía circular.**

Los cinco artículos mostraron la **integración de técnicas ópticas de campo completo para el análisis y caracterización de nuevos materiales** que contribuyan a la construcción sostenible.

- ❖ La **correlación digital de imágenes** ha permitido llevar a cabo la medición de desplazamientos y deformaciones con el fin de **caracterizar mecánicamente** los materiales.
- ❖ La **termografía infrarroja** ha permitido su **optimización térmica** a través de la monitorización de la temperatura superficial.

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

A pesar de su menor capacidad estructural, la **construcción con materiales de tierra supone una alternativa medioambientalmente adecuada.**

Los áridos procedentes de **RCD** pueden ser empleados para la fabricación de **hormigones sostenibles de carácter no estructural.**

Los áridos procedentes de **rechazos de prefabricados** pueden ser empleados para la fabricación de **hormigón estructural.**

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

La incorporación de **aditivos** en los materiales de construcción puede **mejorar significativamente sus propiedades térmicas** desde el punto de vista de la conductividad térmica.

La inclusión de **pigmentos** altera la **absorción de radiación solar** y, por lo tanto, supone una alternativa para mejorar el rendimiento en términos de **eficiencia energética y aprovechamiento de la energía solar**.

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DIC

III - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍA

IV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICO

V - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

El trabajo final respalda la idea de que es posible desarrollar y utilizar **materiales de construcción sostenibles con propiedades mecánicas y térmicas mejoradas** para obtener beneficios en el sector de la ingeniería civil e industrial.

La integración de **enfoques multidisciplinarios** puede ser clave para abordar los **desafíos ambientales y sociales** asociados con la construcción y el desarrollo urbano.

I - INTRODUCCIÓN

II - CARACTERIZACIÓN
MECÁNICA CON DICIII - OPTIMIZACIÓN TÉRMICA
CON TERMOGRAFÍAIV - HORMIGÓN RECICLADO
ESTRUCTURAL TÉRMICOV - CONCLUSIONES Y
TRABAJOS FUTUROS

- ❖ Explorar nuevas combinaciones de materiales y aditivos que puedan ofrecer un rendimiento aún mayor. El mayor reto está en sustituir el cemento como aglomerante. Posible solución mediante la sustitución parcial por cenizas volcánicas.
- ❖ Maximización de las capacidades térmicas. Combinación con materiales de cambio de fase o mejora de la conductividad térmica.
- ❖ Combinación de los datos de técnicas de campo completo con métodos de ingeniería robusta y análisis estocástico para diseñar y optimizar infraestructuras.

ANÁLISIS Y MONITORIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLES A TRAVÉS DE TÉCNICAS ÓPTICAS DE CAMPO COMPLETO

Curso:

Tecnologías Digitales Avanzadas: Aplicación en la Ingeniería Civil



VNiVERSiDAD D SALAMANCA

Escuela **Politécnica Superior**
de Ávila

Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno

Jorge López Rebollo

