

ALMACENAMIENTO TÉRMICO SOLAR EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLES

SOLAR THERMAL STORAGE IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS

(ALTESOMAT)



Proyecto de I+D+i Referencia TED2021-130633B-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/ PRTR.

Resumen:

ALTESOMAT ofrece una novedosa solución tecnológica para el almacenamiento de energía solar térmica, basada en nuevos conceptos de hormigones ecosostenibles, mediante la utilización de residuos para su fabricación.

El desarrollo de materiales cementicios alternativos al cemento Portland, obtenidos mediante procesos que supongan menores emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y ahorro energético, constituye una línea de investigación prioritaria a escala mundial. Entre estos materiales alternativos al cemento tradicional destacan los que proceden de la activación alcalina de subproductos industriales como las escorias de alto horno, los sistemas híbridos de cemento Portland con diferentes subproductos industriales, o los actualmente denominados cementos LC3. Estas tres alternativas serían exploradas en el desarrollo de ALTESOMAT, debido al interés adicional de ser materiales basados en residuos que se reciclan durante su fabricación. El desarrollo de nuevos materiales para el almacenamiento de energía solar basados en el aprovechamiento de residuos de difícil gestión permitirá reducir el consumo de nuevas materias primas y el impacto sobre el medio ambiente, eliminando los residuos que habitualmente se envían a vertedero o a la incineración. Todo ello permitirá el desarrollo de procesos de economía circular que introduzcan de nuevo los residuos en la cadena de valor.

La idea de ALTESOMAT para optimizar la conductividad térmica es la reutilización de virutas metálicas y de caucho procedentes de neumáticos. Estas adiciones reemplazarían en parte los agregados finos en los hormigones de nuevo diseño. De esta forma, no solo se mejorarían las propiedades térmicas de los hormigones, sino que se incrementaría aún más la economía circular de la propuesta.

Dado que la demanda de energía térmica en los países industrializados cubre un rango de alta temperatura, la propuesta de ALTESOMAT pretende desarrollar diseños capaces de ser utilizados desde aplicaciones domésticas de baja temperatura (alrededor de 100-150 °C) hasta generación de energía eléctrica a temperatura media-alta (superior a 300 °C). En base a ellos, el objetivo principal de este proyecto es el diseño de nuevos materiales cementicios alternativos y la validación de su uso y durabilidad para el almacenamiento térmico de energía solar a bajas temperaturas (en fachadas de arquitectura civil, para uso doméstico) o a alta temperatura (para almacenamiento en energía solar). Está claro que la consecución de este objetivo aportaría tres puntos clave en los que debe basarse la transición ecológica: la descarbonización, el desarrollo del almacenamiento de energía y la economía circular. Las actividades del proyecto abordarán varios aspectos relacionados con todo ello. Las tareas involucradas en la propuesta incluyen:

- El diseño de las mezclas, y caracterización de su reología.
- La determinación de las propiedades mecánicas, térmicas y de durabilidad de los nuevos morteros y hormigones.
- La simulación y optimización de la distribución de los tubos metálicos sobre la estructura de hormigón/mortero.
- El análisis del ciclo de vida de los materiales.

La experiencia complementaria de los investigadores implicada en la propuesta sobre formulaciones de morteros y hormigones bajos en clinker, la determinación de sus propiedades y los estudios y simulaciones térmicas garantiza un correcto desarrollo de los trabajos y una alta probabilidad de éxito.

Summary:

ALTESOMAT offers an innovative technological solution for the storage of solar thermal energy, based on new concepts of ecosustainable concrete, through the use of wastes for its manufacture.

The development of alternative cementitious materials to Portland cement, obtained through processes that entail lower emissions of polluting gases into the atmosphere and energy savings, constitutes a priority line of research at world scale. Among these alternative materials to traditional cement, they stand out those that come from the alkaline activation of industrial by-products such as blast furnace slags, hybrid Portland cement systems with different industrial by-products, or the currently called LC3 cements. These three alternatives would be explored in the development of ALTESOMAT, due to the additional interest of being materials based in wastes that are recycled during their manufacturing. The development of new materials for storage of solar energy based on the use of waste that is difficult to manage will make it possible to reduce the consumption of new raw materials and the impact on the environment, eliminating waste that is typically sent to landfill or incineration. All this will allow the development of circular economy processes that introduce waste back into the value chain.

The idea of ALTESOMAT to optimize thermal conductivity is the reuse of metal chips and rubber, both from tires. These additions would partly replace the fine aggregates in the new designed concretes. In this way, not only the thermal properties of the concretes would be improved by the circular economy of the proposal would be even more increased.

Since the demand for thermal energy in industrialized countries covers a high temperature range, the ALTESOMAT proposal pretends to develop designs able to be used from low temperature domestic applications (about 100-150 °C) up to medium-high temperature electric power generation (higher than 300 °C). Based on them, the main objective of this project is the design of new alternative cementitious materials and the validation of their use and durability for thermal storage of solar energy at low temperatures (in civil architecture facades, for domestic use) or at high temperature (for storage in solar energy).

It is clear that the achievement of this objective would contribute three key points in with the ecological transition must be based on: decarbonization, development of energy storage and circular economy. Project activities will address various aspects related to all of this. The tasks involved in the proposal consider:

- The design of the mixes, and characterization of their rheology.
- The determination of the mechanical, thermal and durability properties of the new mortars and concretes.
- The simulation and optimization of the distribution of the metal tubes on the concrete/mortar structure.
- The life cycle analysis of the materials.

The complementary experience of the researchers implied in the proposal about low-clinker mortar and concrete formulations, the determination of their properties and thermal studies and simulations guarantees a correct development of the tasks and a high probability of success.

Comunicación / dissemination:

A) ARTÍCULOS (JCR)

1. I. Ramón-Álvarez, S. Shagñay, D. Serrano, A. Caggiano, M. Torres-Carrasco, S. Sánchez-Delgado. "Manufacturing and performance of eco-efficient cementitious blocks for thermal cycling in thermal energy storage". Case Studies in Thermal Engineering, 61 (2024) 104947. Doi: 10.1016/j.csite.2024.104947
2. I. Ramón-Álvarez, S. Sánchez-Delgado, I. Peralta, A. Caggiano and M. Torres-Carrasco. "Experimental and computational optimization of eco-friendly mortar blocks for high temperature thermal energy storage of concentrated solar power plants". Journal of Energy Storage, 71 (2023) 108076. Doi: 10.1016/j.est.2023.108076
3. I. Ramón-Álvarez, S. Sánchez-Delgado, M. Torres-Carrasco. "Viability of hybrid and alkali-activated slag materials for thermal energy storage: analysis of the evolution of mechanical and thermal properties". Journal of Building Engineering, 95, 110073. Doi: 10.1016/j.jobbe.2024.110073

B) SEMINARIOS

1. M. Torres-Carrasco. "Aplicaciones de los materiales de construcción: almacenamiento térmico solar e inmovilización de residuos radioactivos". Instituto Álvaro Alonso Barba (Univ. Carlos III de Madrid). 21-Dic-2022.

C) CONFERENCIAS INVITADAS

1. M. Torres-Carrasco. "Empleo de los materiales activados alcalinamente y cementos híbridos como sistemas de almacenamiento térmico solar". Workshop - Development of alternative applications for alkali cements within the Circular Economy. Vila-Real (Portugal), 29-Mar-2023. Conferencia invitada.
2. S. Shagñay. "Geopolímeros eco-eficientes alternativos al cemento Portland: Caracterización y propiedades mecánicas". X Congreso Internacional de Investigación "Semana de la Ciencia, Tecnología, Emprendimiento e Innovación" SECTEI (Escuela Politécnica Superior de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador). 25-Oct-2023.
3. A. Bautista. "Corrosión y protección de estructuras de hormigón armado". Jornada de Materiales de Construcción (Univ. Rey Juan Carlos). 3-Nov-2023.

D) ORGANIZACIÓN DE CONGRESOS, JORNADAS Y SEMINARIOS

Simposio "Materiales cementantes para una construcción más sostenible". En el LIX Congreso Nacional de la SECV (Zaragoza, 11/14-Jun-2024).

E) CONGRESOS

1. I. Ramón; S. Sánchez Delgado; M. Torres Carrasco. "Geopolymers and hybrid composites for sustainable solar thermal energy power plants". RILEM Workshop: Net Zero Carbon Buildings: Energy Neutral and Sustainability in Construction and Building Materials. Génova (Italia), 15 Dic 2022. Comunicación oral.
2. I. Ramón, I. Peralta, S. Sánchez-Delgado, M. Torres-Carrasco, A. Caggiano. "FEM-based optimization design of a thermal energy storage (TES) system made of cementitious materials and heat exchangers". 4th International Congress on Materials & Structural Stability (CMSS2023), Rabat (Marruecos), 8-10 Marzo 2023. Comunicación oral.
3. I. Ramón-Álvarez, S. Sánchez-Delgado, I. Peralta, A. Caggiano, M. Torres-Carrasco. "Experimental characterization and modelling of geopolymers and hybrid materials for solar thermal energy". SynerCrete23, Milos (Grecia), 14-17 Junio 2023. Comunicación oral.
4. I. Ramón-Álvarez, S. Sánchez Delgado, Manuel Torres Carrasco. "Materiales alternativos al cemento Portland para almacenamiento de energía térmica solar". XVII Congreso Nacional de Materiales (CNMAT 2024). Málaga, 25-28 Junio 2024. Comunicación oral.
5. A.P. Cruz-Hernández, F. Velasco, M. Torres-Carrasco, S. Shagñay, A. Bautista. "Influencia de la activación de cementos híbridos con Na_2CO_3 y con NaNO_3 en su comportamiento a retracción y reducción de microgrietas". Congreso Nacional de Materiales (CNMAT24). Málaga, 25-28 Junio 2024. Comunicación oral.
6. I. Ramón Álvarez, D. Serrano, A. Caggiano, S. Sánchez Delgado, M. Torres-Carrasco. "Development of eco-friendly thermal energy storage blocks using industrial waste to enhance solar-based renewable energy integration". Circularidad para un Mundo Abierto y Transversal (CIRMAT). Santa Cruz de Tenerife, 17-19 Octubre 2024. Poster y Conferencia seleccionada.

Adquisición de equipamiento:

1. Reómetro.
2. Sistema de regulación y cierre de CO_2 , para realizar ensayos de carbonatación.

