

ACI Committee on Lunar Concrete Launched Following Recent Advancements from International Space Station Experiments

by Peter J. Collins, Aleksandra Radlińska, Bernd Rattenbacher, Martina Schnellenbach-Held, and Matthias Sperl

The use of concrete materials has reached new heights and taken a leap off the surface of the Earth. ACI Committee 565, Lunar Concrete, was recently launched to support efforts within the National Aeronautics and Space Administration (NASA) to maintain a human presence on the lunar surface. The mission of ACI Committee 565 is to develop and report information on lunar concrete materials and supporting technology with a focus on in-situ resource utilization (ISRU). This action follows the advancements from concrete experiments conducted on the International Space Station (ISS) in a collaborative effort between The Pennsylvania State University (Penn State), NASA, and the German Aerospace Center (DLR). These experiments were aimed at grasping gravity's influence on the solidification of cementitious composites and understanding the durability of an in-place lunar concrete material.

While these experiments are a step forward, work is still needed to make the goal of human habitation on the lunar surface feasible, and all are encouraged to contribute to the work of ACI Committee 565.

Boots on the Moon

Over 50 years ago, 12 men walked on the Moon as part of NASA's Apollo program. These missions played a key role in our understanding of the lunar surface and environment. Since the Apollo missions, no human has been back to the Moon, but that is set to change in the current decade. NASA's

Artemis program is the next venture in human space exploration that seeks to eventually maintain a human presence on the lunar surface and take people to Mars. Artemis 1, an uncrewed mission, was recently completed, but Artemis 3 is expected to carry humans to the lunar surface as soon as 2025.

Constructing various types of infrastructure will be a necessity for maintaining a human presence on the lunar surface for extended periods of time. This includes habitats to protect crew, equipment shelters, roads, blast shields, and landing pads. Concrete materials are a plausible option for construction, but alleviating reliance on supplies from Earth is critical to minimizing risk and cost.¹ ISRU is the act of collecting, storing, and using resources found on other planetary bodies and is a significant area of focus for technology development.² ISRU covers a wide range of applications, such as creating products for life support, rocket propellant, and construction materials.

Active Work at NASA

The Lunar Surface Innovation Initiative (LSII) at NASA was started in 2019 to develop and advance technologies for the lunar surface.³ Figure 1 shows that there are five key areas within the LSII, including sustainable power and surface utilities, ISRU, survival in extreme environments, autonomous excavation and construction, and advanced robotics and autonomy. Multiple efforts within NASA are ongoing to

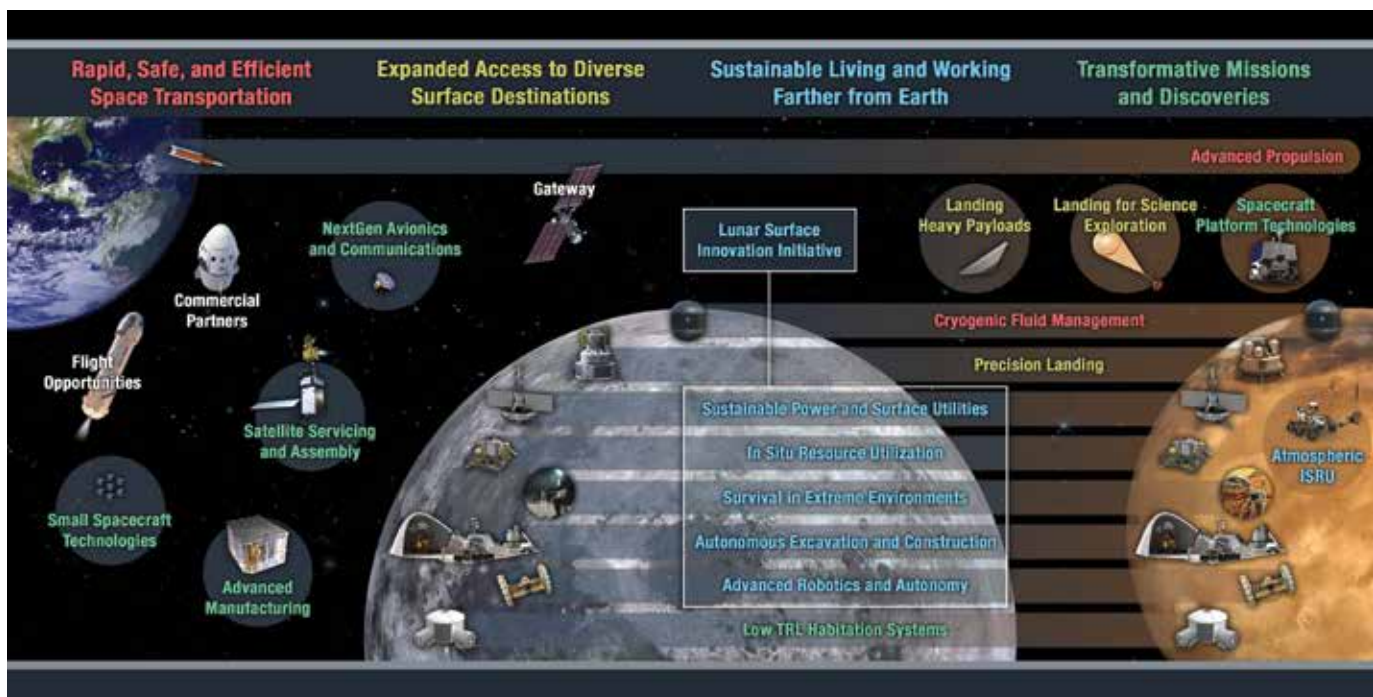


Fig. 1: Adapted image showing the wide range of technology development for space and highlighting the Lunar Surface Innovation Initiative (LSII) areas (image courtesy of NASA)

support the various LSII areas, including the Moon-to-Mars Planetary Construction Technology (MMPACT) project at the NASA Marshall Space Flight Center.

MMPACT touches on a range of elements of the construction process, from feedstock materials to the development of the hardware with a goal of providing various types of infrastructure through ISRU.⁴ The project has actively assessed geopolymer concrete, sulfur and nickel concrete, magnesium oxysulfate cements, and calcium sulfoaluminate cements as potential options for implementation through three-dimensional (3-D) printing techniques. The lunar surface presents multiple problems for cementitious composites due to the reduced gravity, extreme temperature ranges, and hard vacuum environment that would cause water to vaporize rapidly. It is thought that a temporary environmental enclosure could be used to maintain proper pressure and temperature suitable for 3-D printing and curing.⁴ After the structure has cured, the temporary environmental enclosure would be removed, and the material would be exposed to the harsh lunar environment and the durability of the material is of interest.

Concrete Durability in Space

A material option for the lunar surface receiving focus in recent research has been geopolymer concrete.⁵⁻¹² Geopolymer lunar concrete uses the lunar regolith (the top, loose layer of soil) in an “as-is” condition and is mixed with an alkaline solution that can theoretically be mostly produced in place. Penn State and NASA are studying the durability of geopolymer lunar concrete in the space environment from

exposure outside the ISS on the Materials International Space Station Experiment Flight Facility (MISSE-FF).

Six geopolymer lunar concrete samples and two ordinary portland cement paste samples were premade on Earth and handed over for integration within the MISSE sample carrier. The samples had a length and width of 1.0 in. (25 mm) and were 0.375 in. (9.5 mm) thick. The geopolymer lunar concrete samples were created by using the JSC-1A lunar regolith simulant and were mixed with various combinations of sodium silicate and sodium hydroxide. The carrier launched to the ISS on August 29, 2021, on SpaceX CRS-23. Crew operations began in the following months to install the carrier outside the ISS (Fig. 2). The sample carrier was mounted in the zenith direction (pointing above the ISS to deeper space) as it is most similar to the lunar surface. The samples received 167 days of full space exposure (carrier tray open) and spent a total time in a vacuum of 258 days before being taken back inside the ISS and returning with SpaceX CRS-25 on August 20, 2022.

Data including sample dimensions, weight, photographs, and large-area scanning electron microscopy maps were collected before and after exposure to allow for comparison. Photographs of one of the portland cement paste and geopolymer lunar concrete samples before and after exposure are shown in Fig. 3.

After the exposure in space, there is apparent discoloration to the exposed section of the surface stemming from the intense ultraviolet (UV) radiation in the zenith direction. The geopolymer lunar concrete sample exhibits efflorescence that likely happened in the time from initial sample turnover to the launch of the sample carrier and is not an artifact of the space

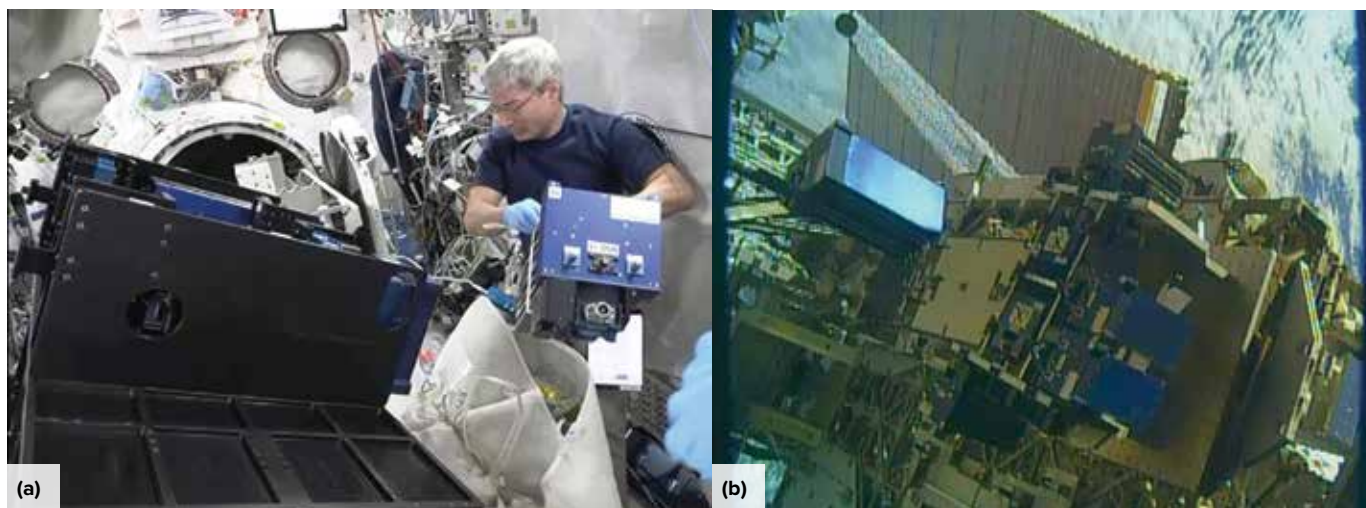


Fig. 2: Preparation for sample exposure in space: (a) NASA astronaut Mark Vande Hei loading the MISSE sample carrier onto a transfer tray; and (b) the sample carrier on the robotic arm being installed on the experiment platform (images courtesy of NASA)

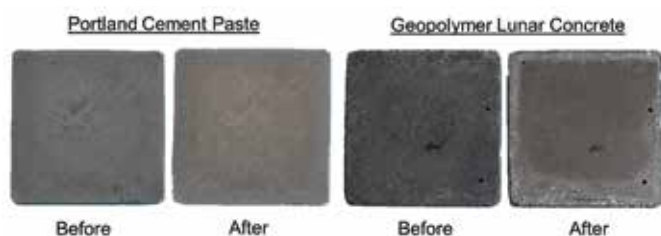


Fig. 3: A portland cement paste sample and geopolymer lunar concrete sample before and after exposure outside the ISS in the zenith direction

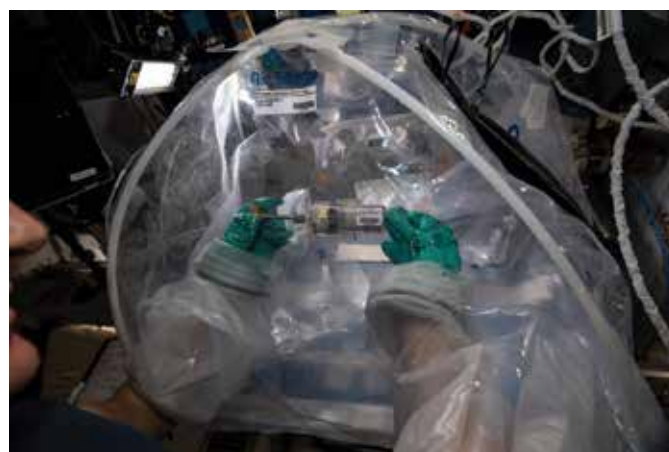


Fig. 4: Conducting the MASON/Concrete Hardening ISS experiment by German ESA astronaut Matthias Maurer. The mixer is operated inside a temporary glovebox. Sixty-four such samples were processed in February 2022 and are now being analyzed

exposure. Frequent surface-level cracking is observed at the microscale, but overall, the samples showed no significant visible structural degradation.

Solidification in Microgravity

The MASON/Concrete Hardening project is aimed at understanding the influence of gravity in the solidification of cementitious composites. The project team mixed a variety of different compositions inside cylindrical containers that serve as a miniature version of a glovebox (Fig. 4). This mixer is also suitable for other experiments with binder-based materials and has been filed for patent. The use of the cylindrical container will allow for a first look into the compressive strength of cementitious composites mixed in microgravity. Resulting samples were brought back from the ISS with SpaceX CRS-25 and are actively being investigated using sound transmission, X-ray tomography, and several other techniques. Early results indicate that the samples were well mixed with smooth surfaces of the cylinders and successful solidification of almost all samples, also promising good statistics of the results. In addition to the use of traditional sand in the mixtures, the lunar regolith simulant, EAC-1, has been used for several of the samples for comparison and advances the idea of ISRU.

ACI's Lunar Concrete Committee

ACI Committee 565 was started with a mission of developing and reporting information on lunar concrete materials and supporting technology with a focus on ISRU. The committee is a revival of ACI Committee 125, which was originally established and chaired by Tung Dju Lin following an announcement from President George H.W. Bush in 1989 to set up a base on the Moon as part of the Space Exploration Initiative.¹³ Ultimately, the committee published SP-125 in 1991, encapsulating innovative and first-of-the-kind ideas for lunar construction.¹⁴

With the Artemis program moving forward, now is the time for the brilliant members of ACI to join together and help support NASA in its goal to maintain a human presence on the lunar surface through the construction of required infrastructure. The first meeting for ACI Committee 565 will be at the ACI Concrete Convention in San Francisco, CA,

USA, on Tuesday, April 4, 2023, at 1:00 p.m.

The revival of the Lunar Concrete committee is dedicated to Tung Dju Lin and his wife, Su Yu Lin, who passed away within a day of each other due to complications from coronavirus in 2020.

Conclusions and Future Directions

Concrete materials are versatile and strong candidates for extraterrestrial construction. ISRU is a key component that must be kept in mind for any construction material development. Our recent studies are a step forward in understanding how lunar environment variables influence the durability of concrete. Initial observations from the MISSE-FF show promising results for the durability of geopolymer lunar concrete. The MASON/Concrete Hardening experiment successfully mixed 64 different cylinders and is in the process of analyzing and understanding the influence of microgravity on the solidification of cementitious composites. Lastly, all are encouraged to attend the first meeting of ACI Committee 565 if this type of work is of interest.

Acknowledgments

This work is supported by a NASA Space Technology Graduate Research Opportunity and NASA contract NNJ16GU05B. MASON/Concrete

Hardening is grateful for the financial support of the German Space Agency as well as DVAG and BigCityBeats. Appreciation is expressed to Louise Littles, Jennifer Edmunson, and Michael Fiske from NASA for their valuable insights and the PQ Corporation for providing the sodium silicate. We also thank the ESA astronauts Matthias Maurer and Alexander Gerst, as well as NASA astronauts Mark Vande Hei and Thomas Marshburn for executing the experiments on the ISS.

References

1. Naser, M.Z., "Extraterrestrial Construction Materials," *Progress in Materials Science*, V. 105, Aug. 2019.
2. Anand, M.; Crawford, I.A.; Balat-Pichelin, M.; Abanades, S.; van Westrenen, W.; Péraudeau, G.; Jaumann, R.; and Seboldt, W., "A Brief Review of Chemical and Mineralogical Resources on the Moon and Likely Initial In Situ Resource Utilization (ISRU) Applications," *Planetary and Space Science*, V. 74, No. 1, Dec. 2012, pp. 42-48.
3. Werkheiser, N.; Desai, P.; and Galica, C., "NASA Lunar Surface Innovation Initiative: Ensuring a Cohesive, Executable Strategy for Technology Development," *IAC 2022 Congress Proceedings, 73rd International Astronautical Congress, Paris, France, Sept. 18-22, 2022.*
4. Clinton, R.G.; Edmunson, J.E.; Effinger, M.R.; Pickett, C.C.; Fiske, M.R.; Ballard, J.; Jensen, E.; Yashar, M.; Morris, M.; Ciardullo, C.; Pailes-Friedman, R.; Shulman, H.; and Otte, Q., "NASA's Moon-to-Mars Planetary Autonomous Construction Technology Project: Overview

The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction

The fourth edition of the best-selling *The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction* is now available in print and digital formats.

Written by and for contractors, and referenced by many licensing authorities, this guide details proven practices for quality concrete construction.



American Concrete Institute
Always advancing
concrete.org



AMERICAN SOCIETY OF
CONCRETE CONTRACTORS
Enhancing the Capabilities of Those Who Build with Concrete
asconline.org

and Status,” *IAC 2022 Congress Proceedings, 73rd International Astronautical Congress, Paris, France, Sept. 18-22, 2022.*

5. Alexiadis, A.; Alberini, F.; and Meyer, M.E., “Geopolymers from Lunar and Martian Soil Simulants,” *Advances in Space Research*, V. 59, No. 1, Jan. 2017, pp. 490-495.

6. Collins, P.J.; Edmunson, J.; Fiske, M.; and Radlińska, A., “Materials Characterization of Various Lunar Regolith Simulants for Use in Geopolymer Lunar Concrete,” *Advances in Space Research*, V. 69, No. 11, June 2022, pp. 3941-3951.

7. Davis, G.; Montes, C.; and Eklund, S., “Preparation of Lunar Regolith Based Geopolymer Cement under Heat and Vacuum,” *Advances in Space Research*, V. 59, No. 7, Apr. 2017, pp. 1872-1885.

8. Lee, S., and van Riessen, A., “A Review on Geopolymer Technology for Lunar Base Construction,” *Materials*, V. 15, No. 13, June 2022, 11 pp.

9. Mills, J.N.; Katarova, M.; and Wagner, N.J., “Comparison of Lunar and Martian Regolith Simulant-Based Geopolymer Cements Formed by Alkali-Activation for In-Situ Resource Utilization,” *Advances in Space Research*, V. 69, No. 1, Jan. 2022, pp. 761-777.

10. Montes, C.; Broussard, K.; Gongre, M.; Simicevic, N.; Mejia, J.; Tham, J.; Allouche, E.; and Davis, G., “Evaluation of Lunar Regolith Geopolymer Binder as a Radioactive Shielding Material for Space Exploration Applications,” *Advances in Space Research*, V. 56, No. 6, Sept. 2015, pp. 1212-1221.

11. Pilehvar, S.; Arnhof, M.; Pamies, R.; Valentini, L.; and Kjøniksen, A.-L., “Utilization of Urea as an Accessible Superplasticizer on the Moon for Lunar Geopolymer Mixtures,” *Journal of Cleaner Production*, V. 247, Feb. 2020, 9 pp..

12. Zhou, S.; Zhu, X.; Lu, C.; and Li, F., “Synthesis and Characterization of Geopolymer from Lunar Regolith Simulant Based on Natural Volcanic Scoria,” *Chinese Journal of Aeronautics*, V. 35, No. 1, Jan. 2022, pp. 144-159.

13. Dick, S., “Summary of Space Exploration Initiative,” <https://history.nasa.gov/seisummary.htm>, accessed Oct. 1, 2022.

14. ACI Committee 125, *Lunar Concrete*, SP-125, R.A. Kaden, ed., American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, May 1991, 300 pp.

Selected for reader interest by the editors.



ACI member **Peter J. Collins** is a Doctoral Candidate at The Pennsylvania State University (Penn State), State College, PA, USA. His research interests include understanding the differences in cement hydration as a function of gravity and developing in-place lunar concrete materials. Collins is a recipient of the ACI Presidents' Fellowship and a NASA

Space Technology Graduate Research Opportunity. He serves as Secretary of ACI Committee 565, Lunar Concrete.



Aleksandra Radlińska, FACI, is an Associate Professor in the Department of Civil and Environmental Engineering at Penn State. Her research interests include developing innovative materials to enhance infrastructure durability in terrestrial and extraterrestrial applications. Radlińska is Chair of ACI Committee 565, Lunar Concrete, and past Chair of the

ACI Foundation Concrete Research Council. Her service to the concrete industry was recognized in 2012 with the ACI Young Member Award for Professional Achievement and again in 2018 when she was named a Fellow of ACI



Bernd Rattenbacher leads the Biotechnology Space Support Center (BIOTESC) at the Hochschule Luzern (HSLU), Lucerne, Switzerland. He is responsible for the preparation, test, and safe execution of payloads on the ISS, including MASON. The work on MASON at BIOTESC was performed in collaboration with Christian Rösch.



Martina Schnellenbach-Held is the Head of the Institute for Structural Concrete. She is working on topics in concrete research including high-performance-aerogel concrete (HPAC), which is optimized for energy savings in buildings. She serves on multiple committees and review panels. The work on MASON in Essen was performed in

collaboration with Julian Müller and Torsten Welsch.



Matthias Sperl is a Professor of physics at the University of Cologne, Cologne, Germany, as well as a Group Leader at the German Aerospace Center (DLR) in Cologne within the Institute of Materials Physics in Space. He is responsible for a number of payloads on the ISS and other microgravity platforms. In addition, he is pursuing research on space resources.

He heads multiple collaborative research initiatives ranging from mathematics and physics to engineering. The work on MASON in Cologne was performed in collaboration with Karsten Tell.

El comité ACI sobre concreto lunar expone los avances recientes de los experimentos realizados en la estación espacial internacional

Por Peter J. Collins, Aleksandra Radlińska, Bernd Rattenbacher, Martina Schnellenbach-Held y Matthias Sperl

El uso de los materiales de concreto ha alcanzado nuevos límites y dio un salto desde la superficie de la tierra. El Comité 565 del ACI, Concreto Lunar, fue puesto en marcha recientemente para apoyar los esfuerzos de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) en mantener la presencia humana sobre la superficie lunar. La misión del Comité ACI 565 es desarrollar y reportar información sobre materiales de concreto lunar y tecnología de apoyo, con un enfoque en utilización de recursos en sitio (ISRU). Esta acción sigue los avances de experimentos llevados a cabo en la Estación Espacial Internacional (ISS) en un esfuerzo de colaboración entre la Universidad Estatal de Pensilvania (Penn State), la NASA y el Centro Aeroespacial Alemán (DLR). Estos experimentos tenían como objetivo comprender la influencia de la gravedad en la solidificación de los componentes cementantes y entender la durabilidad de un concreto lunar en sitio. Si bien estos experimentos son un avance, aún se requiere trabajo para cumplir el objetivo de que el hombre habite sobre la superficie de la luna, y se alienta a todos a contribuir al trabajo del Comité ACI 565.

Botas en la Luna

Hace más de 50 años, 12 hombres caminaron sobre la Luna como parte del Programa Apolo de la NASA. Estas misiones jugaron un papel clave en nuestra comprensión de la superficie de la luna y su ambiente. Desde las misiones Apolo, ningún ser humano ha vuelto a la Luna, pero eso va a cambiar en la década actual. El programa Artemis de la NASA es la próxima aventura humana en la exploración del espacio que busca eventualmente mantener la presencia del ser humano en la superficie lunar y llevar gente a Marte. Artemis 1, una misión no tripulada, se completó recientemente, pero se espera que Artemis 3 lleve humanos a la superficie lunar tan pronto como en 2025.

Será necesaria la construcción de varios tipos de infraestructura para mantener la presencia humana en la superficie de la luna durante largos periodos de tiempo. Esto incluye hábitats para proteger a la tripulación, refugios para equipos, carreteras, escudos contra explosiones y pistas de

aterrizaje. Los materiales de concreto son una opción plausible para la construcción, pero aliviar su dependencia de los suministros de la Tierra es crítico para minimizar el riesgo y el costo.¹ ISRU es el acto de recopilar, almacenar y usar los recursos que se encuentran en otros cuerpos planetarios y es un área importante de enfoque para desarrollo tecnológico.² ISRU cubre una amplia gama de aplicaciones, como la creación de productos para soporte vital, combustible para cohetes y materiales de construcción.

Trabajo activo en la NASA

La Iniciativa de Innovación en la Superficie Lunar (LSII) de la NASA se inició en 2019 para desarrollar y avanzar tecnologías para la superficie lunar.³ La Figura 1 muestra que hay cinco áreas clave dentro de la LSII, incluyendo energía sostenible y servicios de apoyo diversos, ISRU, supervivencia en ambientes extremos, excavación y construcción autónoma, robótica avanzada y autonomía. Múltiples esfuerzos

dentro de la NASA están en curso para apoyar las diversas áreas LSII, incluido el proyecto Luna-a-Marte de Tecnología de Construcción Planetaria (MMPACT) en el Centro Marshall de Vuelos Espaciales de la NASA.

El proyecto MMPACT conecta una gama de elementos del proceso de construcción, desde las materias primas hasta el desarrollo del hardware con el objetivo de proporcionar varios tipos de infraestructura a través de ISRU.⁴ El proyecto ha evaluado concreto geopolimérico, concreto a base de azufre y níquel, cementos de oxisulfato de magnesio y cementos de sulfoaluminato de calcio, como posibles opciones de implementación a través de técnicas de impresión tridimensional (3-D). La superficie lunar presenta múltiples problemas para los compuestos de cemento debido a la gravedad reducida, rangos de temperatura extrema y ambiente de alto vacío que causaría que el agua se vaporizara rápidamente. Se piensa que se podría utilizar un recinto ambiental temporal para mantener presión y temperatura adecuadas para la impresión 3-D y el curado.⁴ Después de que la estructura se haya curado, el recinto ambiental temporal se removería y el material estaría expuesto al duro entorno lunar y la durabilidad del material es de sumo interés.

Durabilidad del Concreto en el Espacio

Una opción de material para la superficie lunar que ha sido foco de atención en investigaciones recientes es el concreto geopolimérico.⁵⁻¹² El concreto geopolimérico lunar utiliza el regolito lunar (la capa superior suelta de suelo) en su condición "actual" y se mezcla con una solución alcalina que,

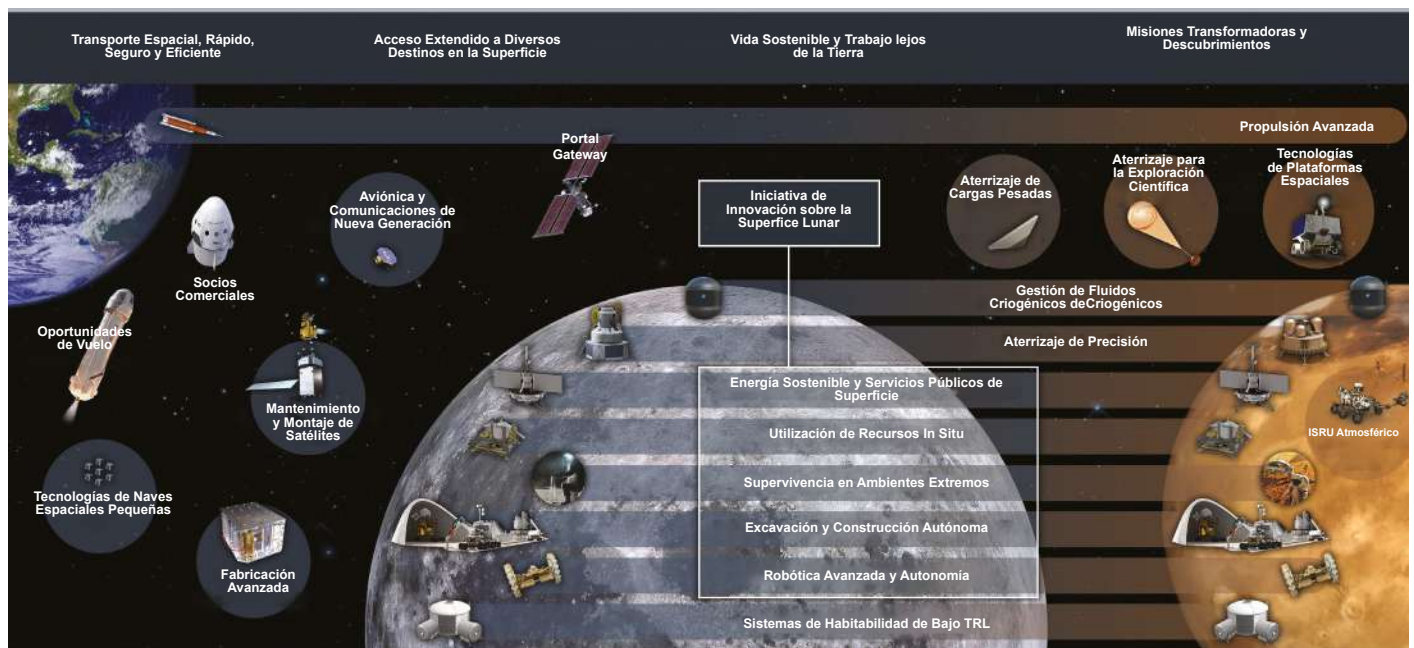


Fig. 1: Imagen adaptada que muestra la amplia gama de desarrollo tecnológico para el espacio y destaca las áreas de la Iniciativa de Innovación de la Superficie Lunar (LSII) (imagen cortesía de la NASA)

teóricamente, se puede producir en su mayor parte en el lugar. Penn State y la NASA están estudiando la durabilidad del concreto geopolimérico lunar en el entorno espacial de exposición afuera de la ISS en la Instalación Experimental de Materiales de la Estación Espacial Internacional de Vuelo (MISSE-FF).

Seis muestras de concreto geopolimérico lunar y dos muestras de pasta de cemento portland ordinario fueron prefabricadas en la

Tierra y entregadas para su integración en el porta-muestras MISSE. Las muestras tenían una longitud y un ancho de 1.0 pulgada (25 mm) y tenían 0.375 pulgadas (9.5 mm) de espesor. Las muestras de concreto geopolimérico lunar se crearon utilizando un simulador de regolito lunar JSC-1A y se mezclaron con varias combinaciones de silicato de sodio e hidróxido de sodio.

El transporte con las muestras fue lanzado a la ISS el 29 de agosto de 2021 en el SpaceX

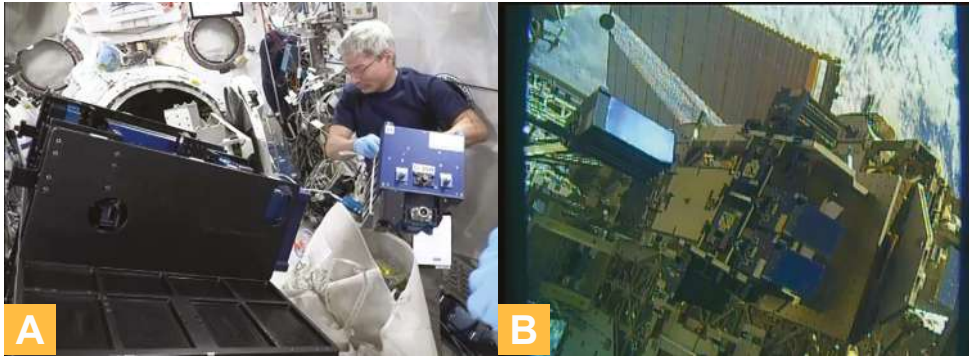


Fig. 2: Preparación para la exposición de la muestra en el espacio: (a) el astronauta de la NASA Mark Vande Hei cargando el portamuestras MISSE en una bandeja de transferencia; y (b) el portamuestras en el brazo robótico que se instala en la plataforma experimental (imágenes cortesía de la NASA)

CRS-23. La tripulación comenzó en los meses siguientes a instalar el porta-muestras fuera del ISS (Fig. 2). El porta-muestras se montó en la dirección cenital (apuntando por encima de la ISS al espacio más profundo), ya que es más similar a la superficie lunar. Las muestras recibieron 167 días de exposición al espacio completo (bandeja portadora abierta) y pasaron un tiempo total de 258 días en un vacío antes de ser devueltas al interior del ISS, regresando con el SpaceX CRS-25 el 20 de agosto de 2022.

Se recopilaron datos que incluyen dimensiones de la muestra, peso, fotografías, y mapas de microscopía electrónica de barrido de gran área, antes y después de la exposición para permitir la comparación. Fotografías antes y después de la exposición de una de las pastas de cemento portland y de muestras de concreto geopolimérico lunar, se muestran en la Fig. 3. Después de la exposición en el espacio, hay una decoloración aparente en la sección expuesta de la superficie, derivada de la intensa radiación ultravioleta (UV) en dirección cenital. La muestra de concreto geopolimérico lunar exhibe eflorescencia que probablemente ocurrió durante el tiempo desde la rotación inicial de la muestra hasta el lanzamiento del porta-muestras, y no es un producto de la exposición espacial. Se observan grietas frecuentes a nivel de la superficie en la microescala, pero en general, las muestras no mostraron degradación estructural visible.

Solidificación en Microgravedad

El proyecto *MASON/endurecimiento del concreto*, está dirigido a comprender la influencia de la gravedad en la solidificación de los componentes cementantes. El equipo del proyecto mezcló una variedad de diferentes composiciones dentro de recipientes cilíndricos que sirven como

una versión en miniatura de una guantera (Fig. 4). Este mezclador es también adecuado para otros experimentos con materiales aglutinantes y se ha presentado para ser patentado. El uso del contenedor cilíndrico permitirá obtener una primera aproximación de la resistencia a la compresión de compuestos cementantes mezclados en microgravedad.

Las muestras resultantes fueron traídas de vuelta del ISS en el SpaceX CRS-25 y están siendo actualmente investigadas usando transmisión de sonido, tomografía de rayos X y otras técnicas diversas.

Los primeros resultados indican que las muestras fueron bien mezcladas con superficies lisas en los cilindros y solidificación exitosa de casi todas las muestras, también asegurando buenas estadísticas de los resultados. Además del uso de arena tradicional en las mezclas, el simulador de regolito lunar, EAC-1, se ha utilizado para varias de las muestras por comparación y avances en la idea de ISRU.

Comité de Concreto Lunar de ACI

El Comité ACI 565 se inició con una misión de desarrollar y reportar información sobre materiales de concreto lunar y tecnología de apoyo con un enfoque en ISRU. El comité es la renovación del



Fig. 3: Muestra de pasta de cemento portland y muestra de concreto geopolimérico lunar antes y después de la exposición fuera de la ISS en la dirección cenital

Comité 125 de ACI, que fue originalmente establecido y presidido por Tung Dju Lin siguiendo un anuncio del presidente George H.W. Bush en 1989, de establecer una base en la Luna como parte de la Iniciativa de Exploración Espacial.¹³ Finalmente, el comité publicó el SP-125 en 1991, que resume ideas innovadoras, primeras en su tipo, para la construcción lunar.¹⁴

Con el avance del programa Artemis, ahora es el momento para que los brillantes miembros de ACI se unan y apoyen juntos a la NASA en su objetivo de mantener la presencia humana en la superficie lunar a través de la construcción de infraestructura. La primera reunión del Comité 565 de ACI se llevará a cabo en la Convención de Concreto del ACI en San Francisco, CA, EE. UU., el martes 4 de abril de 2023 a la 1:00 p.m. La renovación del comité de Concreto Lunar está dedicada a Tung Dju Lin y su esposa, Su Yu Lin, quienes fallecieron con un día de diferencia, debido a complicaciones por el coronavirus en 2020.



Fig. 4: Realización del experimento MASON/ISS de endurecimiento del concreto por el astronauta alemán de la ESA Matthias Maurer. El mezclador es operado dentro de una guantera temporal. Sesenta y cuatro de estas muestras fueron procesadas en febrero de 2022 y ahora están siendo analizadas

Conclusiones y Trabajo Futuro

Los materiales de concreto son candidatos versátiles y resistentes para la construcción extraterrestre. El ISRU es un componente clave que debe tenerse en cuenta para cualquier desarrollo de material de construcción. Nuestros estudios recientes son un paso en la comprensión cómo las variables ambientales lunares influyen en la durabilidad del concreto. Las observaciones iniciales del MISSEFF muestran resultados prometedores para la durabilidad del concreto geopolimérico lunar. El experimento MASON/Endurecimiento del concreto mezcló con éxito 64 cilindros diferentes y está en proceso de analizar y entender la influencia de la microgravedad en la solidificación de los compuestos cementantes. Por último, todos están invitados a asistir a la primera reunión del Comité 565 del ACI si este tipo de trabajo es de su interés.

Agradecimientos

Este trabajo cuenta con el apoyo de un Programa de Investigación del Posgrado en Tecnología Espacial de la NASA y el contrato NASA NNJ16GU05B. MASON/Endurecimiento del concreto agradece el apoyo financiero de la agencia German Space, así como de DVAG y BigCityBeats. Se expresa agradecimiento a Louise Littles, Jennifer Edmunson y Michael Fiske de la NASA por sus valiosos conocimientos y a PQ Corporation por proporcionar el silicato de sodio. También agradecemos a los astronautas de la ESA: Matthias Maurer y Alexander Gerst, así como los astronautas de la NASA: Mark Vande Hei y Thomas Marshburn, por ejecutar los experimentos en la ISS.



Aleksandra Radlińska, FACI, es Profesora Asociada en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental en Penn State. Sus intereses de investigación incluyen el desarrollo de materiales innovadores para mejorar la durabilidad de la infraestructura en aplicaciones terrestres y extraterrestres. Radlińska es presidente del Comité 565 de ACI, Concreto Lunar, y ex presidente del Consejo de Investigación del Concreto de la Fundación ACI. Su servicio a la industria del concreto fue reconocida en 2012 con el ACI Young Member Award for Professional Achievement y nuevamente en 2018 cuando fue nombrada Fellow de ACI.



Martina Schnellenbach-Held es la Directora del Instituto de Estructuras de Concreto. Ella está trabajando en temas de investigación del concreto, incluido el Concreto de Aerogel de Alto Rendimiento (HPAC), que está optimizado para el ahorro de energía en edificios. Ella sirve en múltiples comités y paneles de revisión. El trabajo en MASON en Essen se realizó en colaboración con Julian Müller y Torsten Welsch.



Peter J. Collins es miembro del ACI, es Candidato a doctorado en la Universidad del estado de Pennsylvania (Penn State), Colegio Estatal, Pensilvania, Estados Unidos. Sus intereses de investigación incluyen entender las diferencias en la hidratación del cemento en función de la gravedad y desarrollar materiales de concreto lunar in situ. Collins es beneficiario de la Beca de presidentes de ACI y del Programa de investigación del posgrado en tecnología espacial de la NASA. Él sirve como Secretario del Comité ACI 565, en Concreto Lunar.



Bernd Rattenbacher lidera el Centro de Apoyo Espacial de Biotecnología (BIOTESC) en la Hochschule Luzern (HSLU), Lucerne, Suiza. Él es responsable de la preparación, ensayo, y ejecución segura de cargas útiles en el EEI, incluido MASON. El trabajo en MASON en BIOTESC se realizó en colaboración con Christian Rösch.



Matthias Sperl es profesor de física en la Universidad de Colonia, Colonia, Alemania, así como líder de grupo en el Centro Aeroespacial Alemán (DLR) en Colonia, dentro del Instituto de Física de Materiales en el Espacio. Es responsable de un número de cargas útiles en la ISS y otras plataformas de microgravedad. Además, él está adelantando investigación sobre los recursos espaciales. Dirige múltiples iniciativas de investigación colaborativa que van desde matemáticas y física a la ingeniería. El trabajo sobre MASON en Colonia se realizó en colaboración con Karsten Tell.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Colombia

Título: El comité ACI sobre concreto lunar expone los avances recientes de los experimentos realizados en la estación espacial internacional



*Traductora y Revisora Técnica:
Ph.D Margareth Josefina
Dugarte Coll*