

El Centro Interamericano de Vivienda - CINVA y los orígenes de la experimentación con bloques de tierra comprimida (BTC) en la vivienda social (1953-1957)

The Inter-American Housing Center (CINVA) and the origins of the experimentation with compressed earth blocks (CEB) in social dwelling (1953-1957)

Jorge Galindo-Díaz (*), Olavo Escorcía-Oyola (**), Alleck J. González-Calderón (***)

RESUMEN

En este artículo se recoge la génesis de procesos constructivos con bloques de tierra comprimida (BTC) en países en desarrollo y como tema central se describe, valiéndose de fuentes primarias, el proceso experimental llevado a cabo en el Centro Interamericano de Vivienda - CINVA entre 1953 y 1957 que condujo tanto al desarrollo de la máquina Cinva-Ram para la producción de BTC, como al diseño y construcción de viviendas en este material, con el objeto de cualificar las técnicas de la edificación y lograr una vivienda de bajo costo para sectores rurales de América Latina. Las conclusiones están orientadas no solo a rescatar del olvido este ejercicio de naturaleza técnica y social, sino también a poner en evidencia la importancia del trabajo investigativo bajo principios de contextualización en el ámbito de la tecnología de la arquitectura.

Palabras clave: bloques de tierra comprimida; vivienda experimental; máquina Cinva-Ram; tecnología apropiada.

ABSTRACT

In this article the genesis of construction processes with soil-cement blocks in developing countries is collected and as a central theme it is described, using primary sources, the experimental process carried out in the Inter-American Housing Center - CINVA between 1953 and 1957 which led both to the development of the Cinva-Ram machine for the production of compressed earth blocks (CEB), as well as to the design and construction of houses in this material, in order to qualify building techniques and achieve low-cost housing for rural sectors of Latin America. The conclusions are oriented not only to rescue from oblivion this exercise of a technical and social nature, but also to highlight the importance of investigative work under principles of contextualization in the field of architecture technology.

Keywords: compressed earth block; experimental housing; Cinva-Ram machine; appropriate technology.

(*) Arquitecto. PhD. Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Manizales (Colombia).

(**) Arquitecto. PhD. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

(***) Arquitecto. PhD. Profesor Titular. Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón (México).

Persona de contacto/Corresponding author: jagalindod@unal.edu.co (J. Galindo-Díaz)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8407-8347> (J. Galindo-Díaz); <https://orcid.org/0000-0002-2461-3456> (O. Escorcía-Oyola); <https://orcid.org/0000-0001-6850-7594> (A.J. González-Calderón)

Cómo citar este artículo/Citation: Jorge Galindo-Díaz, Olavo Escorcía-Oyola, Alleck J. González-Calderón (2023). El Centro Interamericano de Vivienda - CINVA y los orígenes de la experimentación con suelo-cemento en la vivienda social. *Informes de la Construcción*, 75(570): e503. <https://doi.org/10.3989/ic.6183>

Copyright: © 2023 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 18/06/2022
Aceptado/Accepted: 13/02/2023
Publicado on-line/Published on-line: 13/06/2023

1. INTRODUCCIÓN

Los bloques de tierra comprimida (BTC) resultan de la adecuada combinación de suelo previamente seleccionado, agua y cemento Portland común, dando lugar a una mezcla que una vez moldeada y comprimida manual o mecánicamente, adquiere la forma de bloques con tal resistencia a la compresión y durabilidad que pueden ser usados de manera óptima en la construcción de edificaciones. Sus propiedades mecánicas dependen de las características y proporciones de los componentes granulométricos del suelo y de la adición de un pequeño porcentaje de agua y de cemento para su estabilización, que generalmente no excede el 10% del peso de cada bloque. Otra forma de estabilizar las mezclas para la elaboración de BTC es por medio de la aplicación de un volumen de entre 6 y 10% de cal, lo cual en ciertos casos puede incrementar su resistencia a la compresión en rangos que oscilan entre el 30/ y el 300% (1).

En la actualidad los BTC (también conocidos en el ámbito anglosajón como CEB - Compressed Earth Block, CSEB - Compressed Stabilized Earth Block o SEB - Stabilized Earth Block), son objeto de investigaciones orientadas a optimizar sus propiedades físicas, mecánicas, económicas, ecológicas y bioclimáticas, entre otras. Sus ventajas se pueden relacionar claramente con aspectos económico-habitacionales, debido a que su componente principal (el suelo) es abundante y barato, aunado a que el proceso de fabricación es simple y puede ser realizado por mano de obra poco capacitada. Se trata de un material resistente y duradero, ideal para consolidar muros portantes, capaces de soportar distintas condiciones climáticas para la configuración de espacios con buenas condiciones de confort térmico.

Suele pensarse que el origen de los BTC es reciente o que al menos su uso empezó a partir de la crisis energética desatada en 1970; sin embargo, en este artículo se pretende demostrar que su validez como material para la construcción de vivienda de bajo costo, es en realidad un proceso que se inició en los primeros años del siglo XX y que al comienzo de su segunda mitad tuvo uno de sus capítulos más importantes en el Centro Interamericano de Vivienda - CINVA (en Bogotá), bajo el auspicio de la Organización de Estados Americanos - OEA, en tanto que fue objeto de un proceso riguroso de investigación y experimentación que sirvió de base para su posterior desarrollo en países de América Latina y de otras partes del mundo.

2. EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO

Aunque el empleo de BTC en edificaciones y obras civiles se reconoce desde la Antigüedad (2), se considera que fue en las postrimerías del siglo XIX cuando el ingeniero británico H. E. Brook-Bradley logró sistematizar su uso aplicándolo en el tratamiento de bases en los caminos para carros tirados por caballos que se construyeron en el sur de Inglaterra (3). En las primeras décadas del siglo XX esta técnica se extendió rápidamente por el mundo abarcando el ámbito de la construcción de edificios: en Estados Unidos se tienen registros de viviendas rurales elaboradas con BTC desde el inicio de la Gran Depresión en 1929 (4). De igual manera, casi veinte años después, en India se levantaron unas 4.000 casas para familias de bajos ingresos en la ciudad de Kamal en 1948 (5)

y 260 más en Bangalore un año más tarde (6), aunque en los años posteriores el número de este tipo de soluciones se redujo notablemente en ese país (7). Por otra parte, en Brasil se emplearon BTC en 1945 como parte de la estructura destinada al cuarto de bombas del aeropuerto de Santarém, con tal éxito gracias a su bajo costo, que piezas similares fueron empleadas en un conjunto habitacional en Petrópolis así como en el hospital Adriano Jorge de Manaus, en 1948 (8).

Varios países africanos fueron también un campo experimental para la construcción de viviendas con BTC: en 1945 el ingeniero británico Alfred E.S. Alcock desarrolló en Costa de Oro (actual Ghana) un material que bautizó *swishcrete* (resultado de la unión de las palabras *swish* - tierra y *crete* - concreto) para ser usado en la fabricación de ladrillos a partir de una mezcla de cemento Portland y suelo local rico en hierro y aluminio, a la cual se añadía agua antes de ser compactada y vaciada en moldes de madera (9). Una de las ventajas del sistema era el bajo costo de las piezas, puesto que su elaboración se producía a pie de obra y empleaba mano de obra local con una mínima inversión en capacitación, herramientas y equipos.

Con este material Alcock construyó más de 1.200 viviendas experimentales en el distrito de Asawasi, en Ghana, en donde también llegó a usar máquinas compactadoras marca Landcrete que podían ser operadas por dos personas de forma manual, alcanzando una producción de 700 a 900 bloques por día, todos de dimensiones idénticas, a diferencia de los que se producían artesanalmente. Sin embargo, ensayos de durabilidad realizados sobre esos bloques auguraban un período de vida útil que oscilaba entre los 30 y 50 años antes de que empezaran a desmoronarse; por esta razón, el propio Alcock hizo un trabajo experimental de laboratorio encaminado a mejorar las propiedades del *swishcrete* y en especial a precisar la proporción de cemento necesario para su estabilización, en procura de una mayor resistencia tanto mecánica como al desgaste.

Los resultados del trabajo de Alcock fueron presentados en 1950 en el número especial (No. 4 del mes de octubre) del boletín *Housing and Town and Country Planning Bulletin*, que de manera periódica publicaba la Organización de las Naciones Unidas - ONU, en el que también se incluían experiencias similares llevadas a cabo en Francia y Estados Unidos, además de los resultados de un curso sobre vivienda construida con bloques de tierra comprimida impartido en el protectorado británico de Nyasalandia (hoy Malawi), concluyendo con un glosario y una lista de la bibliografía disponible en ese momento sobre el tema.

Debido a los importantes hallazgos de Alcock, la ONU, bajo la tutela de su Programa Ampliado de Asistencia Técnica creado en 1949 (10), impulsó el uso de bloques de tierra comprimida -y entre ellos el de los que se estabilizaban con cemento-, como una alternativa para la construcción de viviendas baratas en los países en desarrollo. Cuatro años más tarde la Agencia de las Naciones Unidas para la Reconstrucción de Corea (United Nations Korean Reconstruction Agency) - UNKRA adoptó su aplicación en un ambicioso programa destinado a la reparación y re-edificación de casas, templos y centros educativos destruidos durante el conflicto bélico que terminó con la división del territorio del país asiático. Para ello, y ante la necesidad de minimizar el uso de materiales

importados, UNKRA adquirió alrededor de 100 máquinas marca Landcrete (11), idénticas a las usadas en África por Alcock, con las cuales se fabricaron los bloques que permitieron construir alrededor de 50 mil edificaciones de baja altura en un lapso de cinco años (Figura 1).



Figura 1. Máquinas compactadoras marca Landcrete empleadas por UNKRA en la reconstrucción de Corea del Sur, 1958. (Fuente: Archivo ONU Ref. S-0526-0168-0002-00008).

Como parte de su estrategia promocional, tanto para fines comerciales como para lograr el contrato de suministro con la ONU, la casa fabricante de Landcrete no solo mencionaba las ventajas propias del dispositivo, tales como la precisión de las dimensiones de los bloques o el bajo costo de su producción (un 36% menor al de ladrillos cerámicos), sino que también incorporaba fotografías de viviendas experimentales construidas en el sur del continente africano bajo calificativos tales como *warm - permanent - comfortable*, así como caricaturas de «nativos» desempeñando labores de autoconstrucción (Figura 2). Estas máquinas eran fabricadas en Sudáfrica desde inicios de la década de 1940 por la firma Lansborough Findlay Limited, especializada en el diseño y elaboración de equipos para el movimiento de tierras y la construcción minera. Fueron adquiridas por UNKRA a un costo de 770 dólares cada una y preferidas a las de marca Ellson, distribuidas desde Taiwan.

Sin embargo, al cabo de un tiempo se presentaron problemas estructurales en las edificaciones hechas en Corea con BTC, atribuidos a deficiencias en la calidad de los suelos seleccionados y a la inadecuada proporción de cemento aplicado en la mezcla (11). Es posible que distintas patologías hayan surgido por el bajo número de capacitadores y supervisores técnicos que no dieron a los operarios instrucciones precisas sobre la selección del material y del manejo de la máquina: uno de los aspectos más importantes a considerar durante el proceso de elaboración de BTC, del cual depende la calidad de las piezas, se relaciona con las etapas de selección, caracterización y estabilización del material. Tal vez, el origen de las distintas patologías constructivas se debió a que dichos procedimientos se vieron alterados y se replicaron de manera empírica por la incapacidad de realizar ensayos de laboratorio para proyectos que incluían miles de viviendas.

A pesar de algunas experiencias negativas, predominaron los valores de la técnica de tal manera que se extendió su difusión. Tan importante fue la construcción de vivienda con blo-



Figura 2. Imágenes promocionales de la máquina Landcrete (circa 1953). (Fuente: Archivo ONU Ref. S-0526-0025-0007-00001).

ques de suelo-cemento para la ONU, que casi en el cierre de la década y desde su programa de Asistencia Técnica, la entidad publicó un texto de R. Fitzmaurice (12) consagrado por entero al tema y que pretendía ser el primer manual especializado en la materia:

Las Naciones Unidas han reconocido desde hace tiempo la importancia que tiene la construcción de viviendas con tierras estabilizadas [...] Como la aplicación de la química e ingeniería de los tiempos modernos a este antiquísimo y tradicional método de construcción es un fenómeno relativamente reciente, no se ha publicado todavía ningún resumen de los progresos técnicos logrados en este campo, ni existe un tratado para los técnicos que deseen utilizar este método.

En Latinoamérica y particularmente en Colombia, también se generó gran interés en la materia: de tal manera que en 1941, el Instituto de Crédito Territorial - ICT patrocinó –conjuntamente con la Unión Panamericana - UP– el viaje del arquitecto Hernando Vargas Rubiano a la Universidad de Pennsylvania, con el fin de estudiar la tecnología del denominado *terra-concreto* (13). El ICT se había creado en 1939 con el objetivo de proponer alternativas para la transformación de la vivienda rural en diversas regiones del país y al cabo de tres años de funcionamiento empezó a desarrollar programas de vivienda urbana a través de los cuales le era posible adquirir predios, construir en ellos las soluciones habitacionales y venderlas a bajo costo mediante el subsidio de las tasas de interés de los créditos.

A su regreso al país, y bajo la dirección del propio Vargas, en los dos años siguientes se construyeron algunas viviendas con este material tanto en áreas rurales como en sectores urbanos de Bucaramanga y Cúcuta (14); sin embargo, dificultades técnicas hicieron necesarias pruebas adicionales a los bloques, tanto desde el punto de vista técnico, como operativo, posponiendo su uso de manera masiva en los programas de vivienda de la entidad estatal.

3. EL CINVA Y SU PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN BTC O BLOQUES DE SUELO - CEMENTO Y LA INVENCION DE LA MÁQUINA CINVA-RAM

El Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento - CINVA fue un proyecto creado en 1951 por el Programa de Cooperación Técnica de la Organización de los Estados Ameri-

canos - OEA (15). Su origen bien puede encuadrarse en las relaciones interamericanas de la posguerra y de manera especial en los programas de cooperación técnica establecidos entre Estados Unidos y los países latinoamericanos (16). Con sede en Bogotá –al interior del campus de la Universidad Nacional de Colombia– su inauguración tuvo lugar en 1952 y a lo largo de sus 20 años de funcionamiento llegó a ser un importante punto de referencia internacional en el ámbito de la formación, experimentación, investigación, asesoría técnica y divulgación de temas relacionados con el diseño, el planeamiento y la construcción de vivienda (17); pasaron por sus aulas más de 75 profesores procedentes de muy diversos países del mundo –además de consultores y asesores, y acogió a 1.159 becarios en formación, de los cuales 1.116 eran oriundos de las 21 naciones integrantes de la OEA.

Mientras el arquitecto norteamericano Leonard Currie fue director del CINVA (1951-1956), el plan de investigación se orientó de manera decidida hacia el estudio de los problemas técnicos de los materiales de construcción, de estructuras y diseños, así como hacia los del planeamiento y la organización de comunidades (18), en donde los BTC, llamados aquí *bloques de suelo-cemento*, ocuparon un interés temprano: en 1953, el profesor colombiano César Garcés hizo circular entre profesores y estudiantes la traducción que él mismo hizo de un texto sobre la manera de producir bloques de tierra estabilizada mediante el uso de una prensa hidráulica desarrollada por la firma Winget Ltda. para la construcción de viviendas en Birmania y Tanganica (19), la cual era accionada con motor a gasolina, alcanzando una producción de 120 unidades por hora. Poco después el ingeniero chileno René Eyhéralde publicó como parte de sus resúmenes de clase un breve impreso a manera de cartilla (20) en la que se explicaba a un público no especializado los principios de este sistema de construcción, aunque limitando su aplicación a los muros fundidos en el sitio (como la tapia pisada), o mediante bloques prefabricados.

La cartilla de Eyhéralde recogía las conferencias dadas por él mismo a grupos de maestros rurales, por invitación que hiciera al CINVA el Ministerio de Educación colombiano gracias a que, al menos desde 1954, él venía adelantando un proyecto relacionado con la estabilización del suelo junto al becario nicaragüense Rolando Hernández, en procura de mejorar las condiciones de la vivienda campesina y de manera particular buscando resolver dos factores que incrementaban su costo: el transporte y la mano de obra (21). La fase experimental de la investigación incluía numerosos ensayos a compresión aplicados a piezas de BTC con forma de un cubo de 9" por arista, elaborados con una mezcla de tierra seleccionada y cemento Portland. Sus conclusiones buscaban también determinar la manera en que los bloques podían hacerse más resistentes al desgaste por acción del agua lluvia mediante la aplicación de varios sistemas de recubrimiento (Figura 3).

Sin embargo, fue a partir de 1956 cuando empezó a operar una reorganización de la labor investigativa del CINVA y se creó un programa encargado de atender y coordinar el trabajo de sus profesores en temas específicos, actuando como coordinadores y ejecutores pero apoyados por becarios que participaban en calidad de ayudantes. Así, ese mismo año se formularon y aprobaron tres proyectos de orden puramente técnico: «Aplicación del adobe a la construcción de viviendas», «Aplicación de la tierra estabilizada a la construcción de viviendas» y, por último, «Máquina portátil para la producción de bloques de tierra estabilizada».

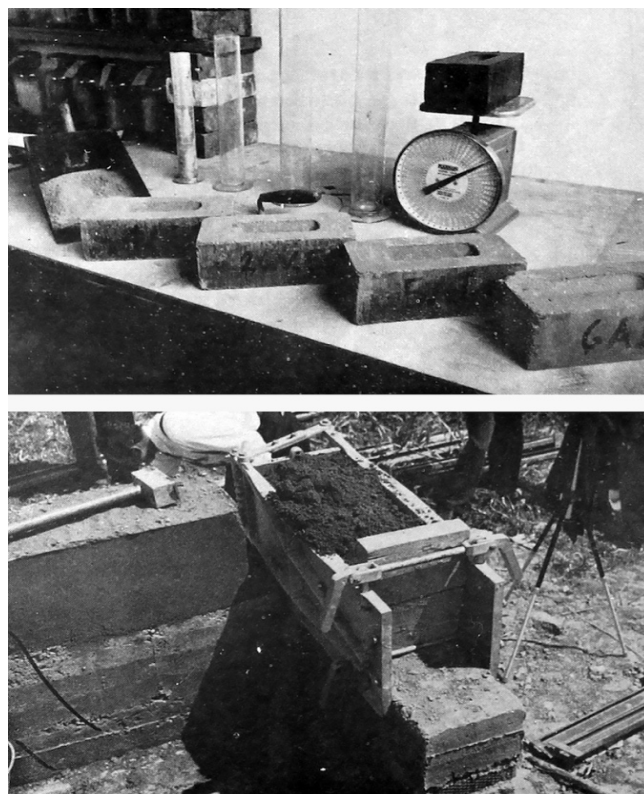


Figura 3. Muestra de los trabajos experimentales del CINVA en la construcción con BTC, en 1954. (Fuente: 19: 5-9).

El último de esos proyectos era la continuación de una investigación que para entonces ya venía adelantándose en el CINVA bajo el liderazgo de los norteamericanos Donald H. McNeal y Robert L. Davison, junto al birmanés U. Tin. A través de este proyecto un conjunto de instituciones (Housing Mission of the University of Illinois, Administración de Cooperación Internacional de los Estados Unidos, Corporación Nacional de Servicios Públicos, CINVA, Administración de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas y Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia) se habían empeñado en adelantar un estudio orientado a la producción de BTC a bajo costo y de manera particular, una baldosa en el mismo material pero que fuera resistente al desgaste y se pudiera fabricar mediante una máquina compactadora accionada con una palanca, sencilla en su desempeño y de bajo costo. Entre los profesores del CINVA que se vincularon a esta investigación se encontraban el arquitecto británico Alec Bright, el arquitecto argentino Ernesto Vautier y los ingenieros chilenos Raúl Ramírez y René Eyhéralde.

El interés en producir una baldosa partía de que, para entonces, el costo del acabado de los pisos representaba entre el 10% y el 15% del total de la vivienda, la cual, para ser considerada digna, no podía contar con piso en tierra. En el curso de la investigación se seleccionaron suelos de cuatro zonas diferentes de Bogotá, libres de compuestos vegetales, que se mezclaron con cemento Portland en diferentes proporciones. Las baldosas se fabricaron en tres tamaños, con espesores que variaban entre 3,8 y 5 cm sobre una planta rectangular (22,8 x 28 cm, 15 x 30,5 cm), haciendo uso de una máquina comercial de la marca Ellson Pressure, que podía armarse fácilmente para llegar a producir entre 800 y 1.000 bloques por día con ayuda de tres operarios.

Con el fin de mejorar la resistencia superficial al desgaste, las baldosas se trataron con muy diversos materiales y procedimientos: desde un incremento en la cantidad de cemento de la mezcla, hasta el uso de químicos como el cloruro de calcio, sulfato de aluminio, silicato de sodio, o asfalto, entre otros, mediante aplicación simple con brocha, compresión mecánica o inmersión. A las muestras se aplicaron ensayos de absorción de humedad, impacto, flexión y abrasión, arrojando en varias de ellas una calidad «satisfactoria» en relación con el bajo precio de salida del producto.

Sin embargo, una de las conclusiones más interesantes de la investigación tuvo que ver con las máquinas empleadas en la fabricación de las baldosas: las Ellson eran caras y su rendimiento bajo, de tal manera que *se requerirían muchas máquinas más para abastecer un programa substancial de vivienda* (22: 9), por lo que se hacía necesario contar con otra que fuera más barata, compacta y liviana, capaz de ser transportada a sitios remotos en zonas rurales. De esta manera, la investigación derivó hacia el diseño y construcción de una prensa mecánica de palanca, sencilla y económica, pero que obtuviera la misma fuerza de compresión que las máquinas comerciales (un 60% del volumen original), tarea que quedó a cargo de McNeal, Davison y el chileno Raúl Ramírez.

De acuerdo al informe de progreso presentado bajo la firma de McNeal y Jones (22), en el curso de la investigación se elaboraron dos prototipos simplificados de máquina compactadora. En ambos se usaba, por una parte, un molde de planta rectangular articulado de tal manera que podían ajustarse sus

dimensiones; por otra, se incorporaba un extenso brazo de palanca que permitía optimizar el esfuerzo del operario durante la compactación del bloque. La diferencia entre ambos modelos estaba en el diseño del mecanismo que conectaba la palanca con el émbolo de compresión, fabricado con tubos redondos en el primer prototipo y con un sistema bi-articulado en el segundo (Figura 4). La fabricación de cualquiera de los dos modelos alcanzaba un costo cercano a los USD 50 por unidad, incluyendo el valor de las partes de madera y la mano de obra, aunque eran todavía susceptibles de perfeccionarse, y podía llegar a producir 300 BTC al día.

A partir del desarrollo final del dispositivo Raúl Ramírez presentó un informe preliminar en marzo de 1957 (23) y en julio siguiente el folleto instructivo de la versión mejorada de la *máquina portátil para fabricar bloques de tierra estabilizada*, a la que bautizó como Cinva-Ram, donde se hacía la siguiente reflexión sobre la importancia del uso de la prensa en procesos de autoconstrucción de vivienda (24: 2):

El CINVA-RAM fue desarrollado [...] con el fin de proporcionar a aquellas familias que deseen construirse sus viviendas por su propio esfuerzo, una herramienta eficaz y económica que les permita producir a bajo costo, el material para los muros y pisos en el lugar mismo de la edificación. Se espera servir de esta manera, al enorme sector de los campesinos, el cual, por diversas razones, no siempre está en condiciones de obtener tales materiales ni tampoco, de transportarlos desde los centros de producción, al apartado rincón de sus campos.

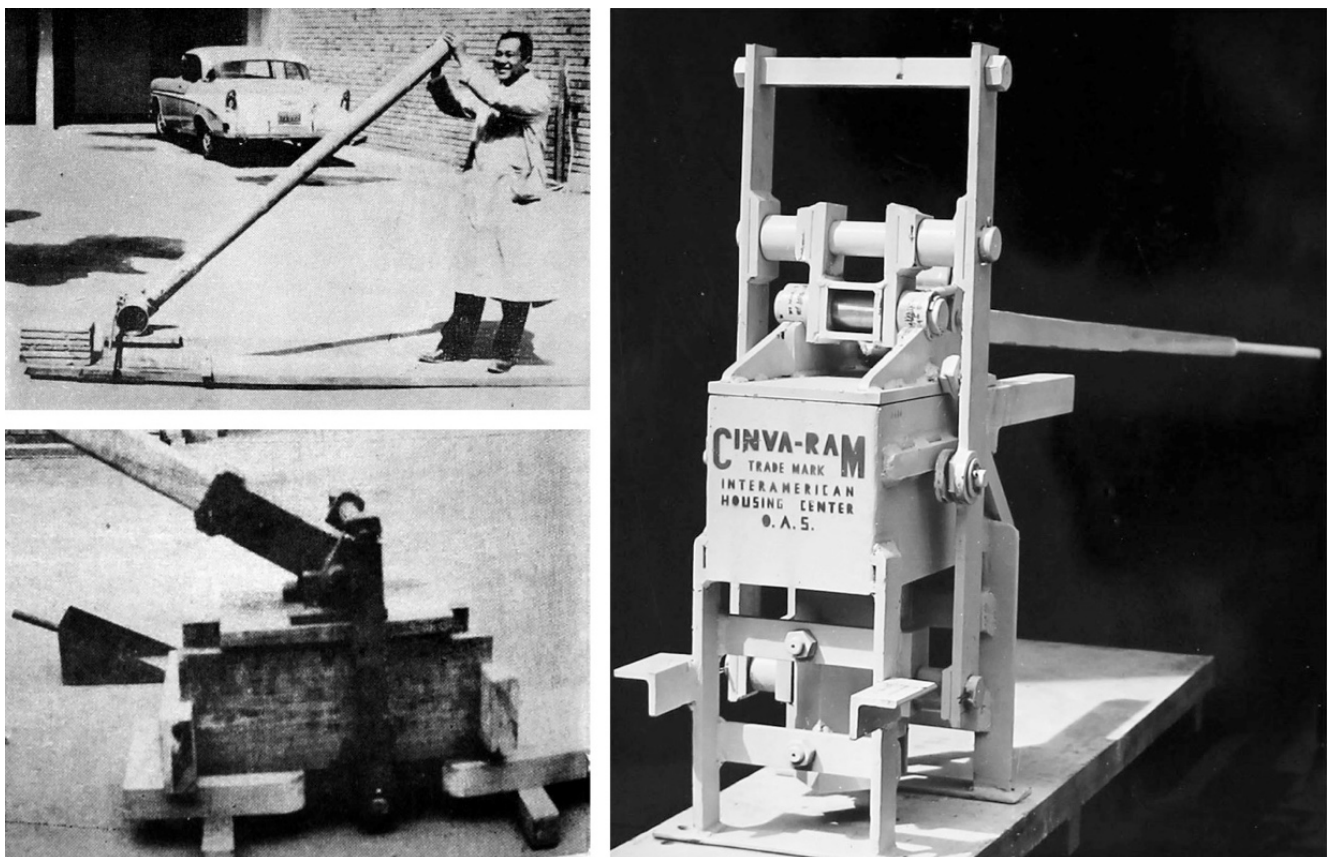


Figura 4. Izquierda -arriba, primera versión simplificada de la máquina diseñada en el CINVA para la elaboración de BTC.

Izquierda - abajo: detalle del sistema bi-articulado de la segunda versión. (Fuente: 22: 12).

Derecha: versión final de la Cinva-Ram, en 1957. (Fuente: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 134).

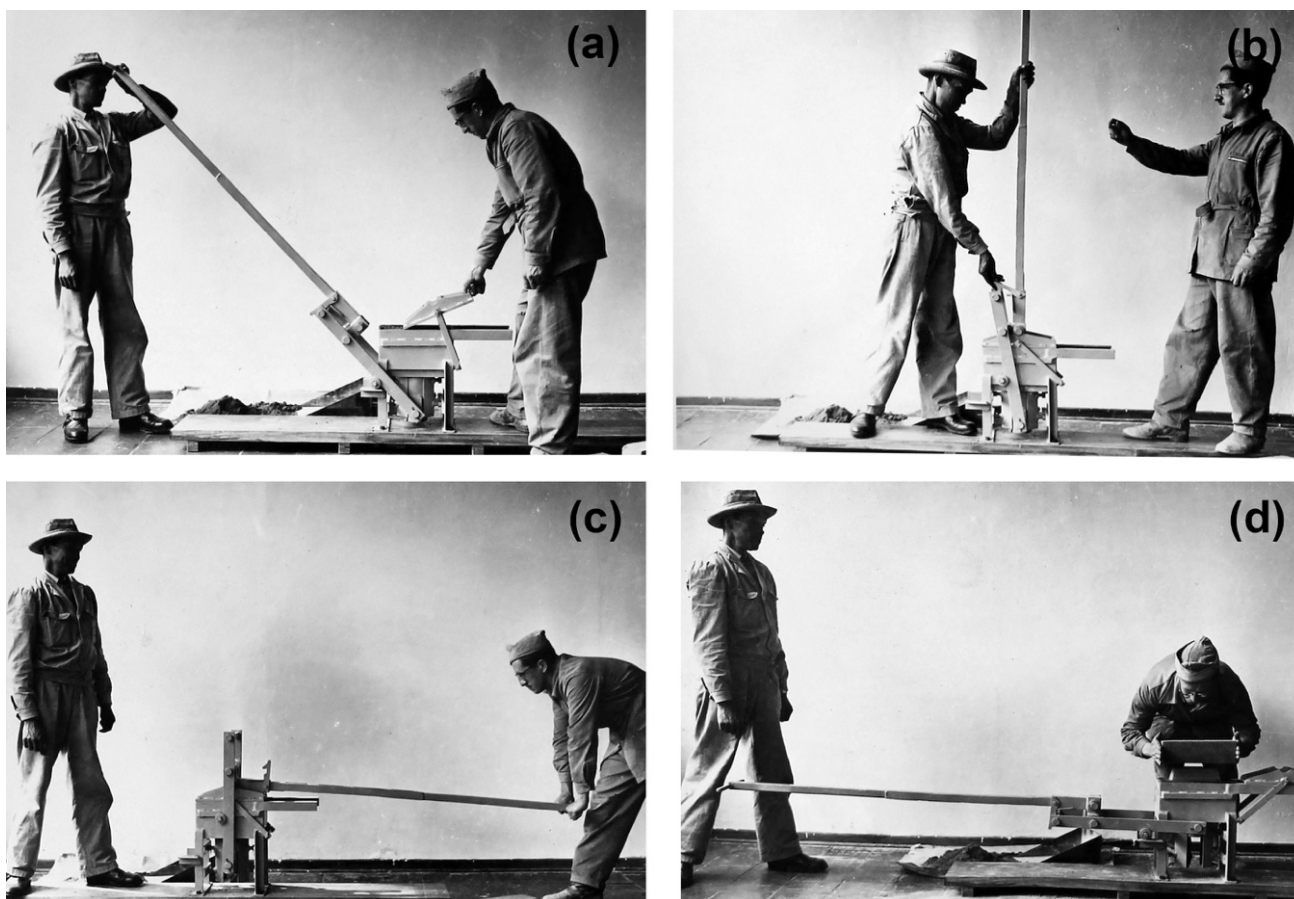


Figura 5. Secuencia demostrativa del uso de la máquina Cinva-Ram. (Fuente: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 134).

En esta última versión, que se dio a conocer con mayor nivel de detalle dos meses después (25), la máquina estaba compuesta de cuatro partes principales: (a) una caja o molde metálico apoyado en cuatro patas hechas de ángulos de hierro, (b) el pistón, formado por un cilindro guiado entre dos ángulos regulables el cual remataba en una platina que hacía las veces de émbolo de compresión, (c) una palanca que estaba conformada por un juego de bielas que ponían en movimiento el pistón, y (d) una tapa o rectángulo metálico que, unido a la caja por dos platinas laterales, le permitían deslizarse para tapar o destapar la caja (Figura 5). El conjunto era portátil y se ofrecía embalado en un cajón, lo que implicaba desarmar el mecanismo de bielas de la palanca; debía ser operada por una sola persona y su mantenimiento era muy sencillo en tanto exigía fundamentalmente el engrase de las partes expuestas al desgaste por fricción.

Una vez se concluyeron los planos definitivos de la máquina, se fabricaron varios ejemplares para demostración y desde el CINVA se organizó un extenso plan de difusión que incluyó tanto la publicación de artículos en revistas internacionales, folletos divulgativos y cartillas, como el dictado de cursos de naturaleza práctica. A manera de ejemplo, en la revista *Informes de la Construcción* se publicó una breve reseña de la máquina en la sección Noticias, correspondiente al número 100 de 1958 y ese mismo año la revista norteamericana *EKistics* (vol. 5, No. 28) reprodujo el contenido del manual publicado por el CINVA en 1957.

Como parte de los cursos de formación, en febrero de 1958 los profesores César Garcés y René Eyhéralde llevaron a cabo una

gira por varios países de Centroamérica exhibiendo las aplicaciones de la Cinva-Ram. En México, por ejemplo, impartieron un curso auspiciado por el Instituto Nacional de la Vivienda, orientado a capacitar 31 técnicos de distintos grados de formación vinculados a instituciones mexicanas afines a programas de mejoramiento rural (26); el evento incluyó también conferencias de carácter teórico acerca de la naturaleza de los suelos, su reconocimiento y sus propiedades estabilizantes, así como trabajos prácticos de selección y preparación de mezclas, fabricación de bloques mediante la máquina e instrucciones generales sobre la construcción de viviendas, dando continuidad a un trabajo de carácter experimental que entonces se llevaba a cabo en cercanías de Xochimilco por iniciativa del ingeniero Eleázar Rivera, adscrito a la Dirección de Agricultura.

Esta visita técnica se extendió a Guatemala, Costa Rica y Panamá, con fines prácticamente idénticos. En el primero de estos países se tuvo contacto con el Instituto Nacional de la Vivienda, en proceso de gestación, así como con el Instituto Cooperativo Interamericano de Vivienda a cargo del ingeniero José Olivares y el Instituto Centroamericano de Investigaciones y Tecnología Industrial - ICAITI. De la visita a San José, por su parte, Garcés y Eyhéralde destacaron la influencia de becarios del CINVA vinculados entonces al Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo - INVU, mientras que, de su paso por Panamá, se valoraba el contacto sostenido con Alfred S.E. Alcock, quien al término de su labor en Ghana había asumido el rol de asesor para las Naciones Unidas en asuntos de tecnologías de bajo costo y materiales locales y trabajaba entonces en este país del istmo.

En el informe presentado por estos docentes a su regreso a Bogotá se afirmaba que durante el ejercicio realizado en México se habían empleado máquinas Cinva-Ram tanto importadas, desde Bogotá como fabricadas en ese país, las cuales presentaban algunos puntos débiles en su confección, por lo que se podía concluir que las publicaciones técnicas elaboradas hasta entonces no podían considerarse suficientes para divulgar de manera exitosa el sistema de construcción, siendo también necesario dar a conocer a los fabricantes un juego de planos completos del dispositivo, así como de sus materiales y métodos de fabricación. En 1959, experiencias similares a la de Centroamérica se llevaron a cabo en Perú, donde los profesores Ernesto Vautier y Augusto Enteiche visitaron Lima, Chimbote, Trujillo, Arequipa, Tacna y Puno (Figura 6).

son, un método propio de construcción mediante hormigón vaciado en moldes metálicos, con aplicación de la técnica de vacío, empleado en viviendas erigidas en Puerto Rico, Chile, Perú e Irán, principalmente (29). Sin embargo, el «IBEC-System» –como se le denominaba a dicho método– era caro y producía casas idénticas bajo una sola tipología, por lo que la entidad puso sus ojos en la máquina Cinva-Ram, con el fin de ampliar su campo de acción territorial, reducir los costos de producción y construir viviendas sin limitaciones en el diseño de los espacios. En 1959, IBEC daba a conocer sendos manuales redactados en inglés a través de los cuales se explicaban las ventajas del aparato, su uso y los principios básicos para la elaboración de BTC (Figura 7). En uno de ellos se incluyeron los planos y detalles de *Minimum Structure Kit*, una vivienda mínima de 23,7 m² –dotada de un solo ambiente, con cocina y unidad sanitaria– para ser hecha por autoconstrucción a un costo aproximado de USD 10,54/m².



Figura 6. Demostraciones de los usos de la máquina Cinva-Ram en el Perú. (Fuente: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 208).

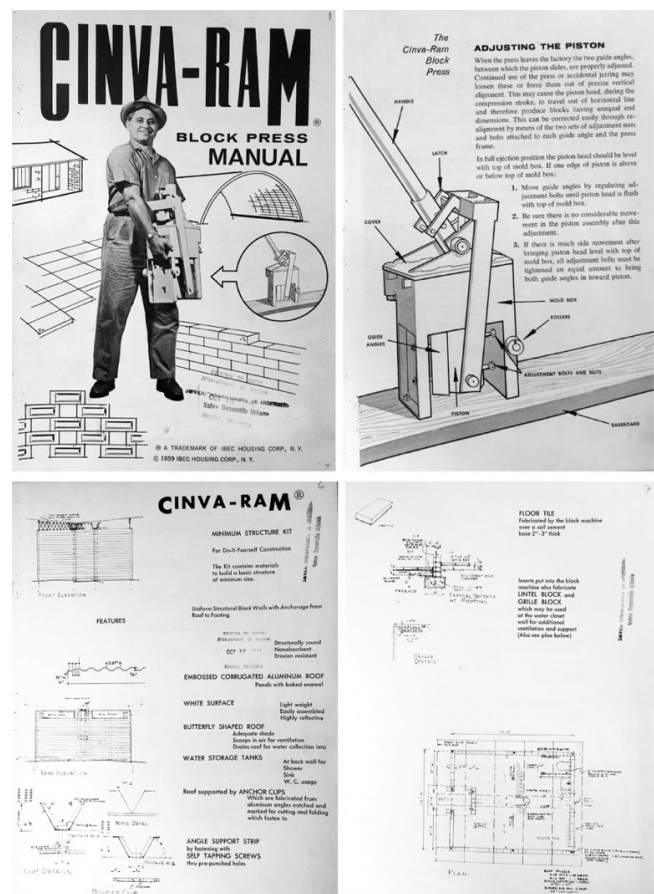


Figura 7. Arriba: folleto promocional de la máquina Cinva-Ram publicado por IBEC, 1959. Abajo: folleto que explicaba el Minimum Structure Kit, publicado por IBEC, 1959. (Fuente: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, cajas 24 y 28, respectivamente).

También con la esperanza de que la Cinva-Ram tuviera las mejores condiciones de difusión internacional, en julio de 1958 se firmó un acuerdo entre la Unión Panamericana, la Secretaría General de la OEA e International Basic Economy Corporation - IBEC Housing Corporation por medio del cual esta última se comprometía a la producción y comercialización de la máquina por un período de diez años (27); sin embargo el acuerdo hubo de ser renegociado en 1964 en vista del bajo volumen efectivo de ventas (28).

El registro de patente de la Cinva-Ram, por su parte, solo se oficializó en diciembre de 1960 bajo el No. 2.962.788 de la Unites States Patent Office, en la cual se consignó claramente que:

El IBEC había sido creado por Nelson Rockefeller en 1947 con el fin de impulsar el desarrollo de terceros países en los campos de la salud, la educación y la vivienda. Esta última estuvo a cargo de su filial IBEC Housing Co. que llegó a poner en práctica, bajo la dirección del arquitecto Wallace K. Harri-

Preferably, the apparatus is utilized with soil containing about 70% and 30% clay, in a wide variety of grain sizes, to wich has been added from 5 to 10% of cement and just enough water to ensure that the mix retains its form when

pressed in the palm of the hand and released. This material is readily compacted by utilization of the machine of the present invention into a block or brick of convenient size for utilization in building construction. Blocks of various sizes, contours, and shapes may be produced, the same machine being utilizable with discs or rams of various shapes to provide roofing tile, floor blocks, and wall blocks or brick.

Entre 1957 y 1965, con la máquina Cinva-Ram y en buena medida gracias a la labor de IBEC Housing Co. y Care Foundation, se habían construido más de 6 mil viviendas en Puerto Rico, 150 en Corea del Sur (30), además de varios conjuntos habitacionales en zonas rurales de África y el sudeste asiático, así como estructuras defensivas por parte de las tropas estadounidenses durante su participación la guerra de Vietnam (28).

4. PROTOTIPOS DE CASAS CONSTRUIDAS CON BTC (1956-57)

En la investigación que desembocó en el desarrollo de la máquina Cinva-Ram se consideró que también era necesario construir prototipos de vivienda que ayudaran a validar tanto el rendimiento de la misma, como la calidad de los BTC y sus aplicaciones en diferentes tipologías arquitectónicas. Además, era importante conocer la compatibilidad de los muros construidos con estas piezas y diferentes tipos de cimentación y estructuras de cubiertas, sus materiales de recubrimiento, así como el grado de aceptación y apropiación que la técnica, en su conjunto, podía llegar a tener entre las comunidades rurales.

Para 1957 en el CINVA se tenía como único antecedente en cuanto a vivienda experimental construida con BTC la que

se había hecho un año atrás en el municipio colombiano de San Jerónimo bajo la supervisión de Ernesto Vautier y con el trabajo auxiliar de siete becarios y cuatro profesores rurales patrocinados por el Ministerio de Educación. Sin embargo, aquí los bloques se habían compactado con pisones manuales gracias a la participación de mano de obra local no remunerada, lo que contribuyó a lograr una edificación de 75 m² con un costo total de USD 6,09/m² (31). Pero una vez se pudo contar con un prototipo preliminar de la máquina Cinva-Ram, de nuevo Vautier asumió la dirección de un plan de entrenamiento en vivienda rural correspondiente al curso regular de ese año, situado en la vereda Chambimbal del municipio de Buga (Valle del Cauca), en donde contó con la asesoría de Josephina Albano y Orlando Fals Borda, así como con la participación de ocho becarios originarios de Colombia, Panamá, Costa Rica, Venezuela y Brasil.

El resultado final de este ejercicio, que contó con un cuidadoso trabajo previo de orden sociológico, fue el diseño y construcción de una vivienda experimental en predios de la escuela del lugar, con uso de BTC fabricados con la máquina recientemente inventada y que fue operada por los habitantes del lugar (32: 66):

Empezada la fabricación de los bloques con la ayuda de la máquina CINVA-RAM (máquina experimental sin perfeccionar) [...] se tuvo algunos contratiempos, pues al ser forzada la máquina (uso inmoderado) se despegaron algunas soldaduras y hubo que mandarla a reparar. Además, la poca práctica que se tenía en el manejo de ella hizo que la producción de bloques marchara muy lentamente pues los bloques se quedaban pegados en el taco de la máquina y se partían.

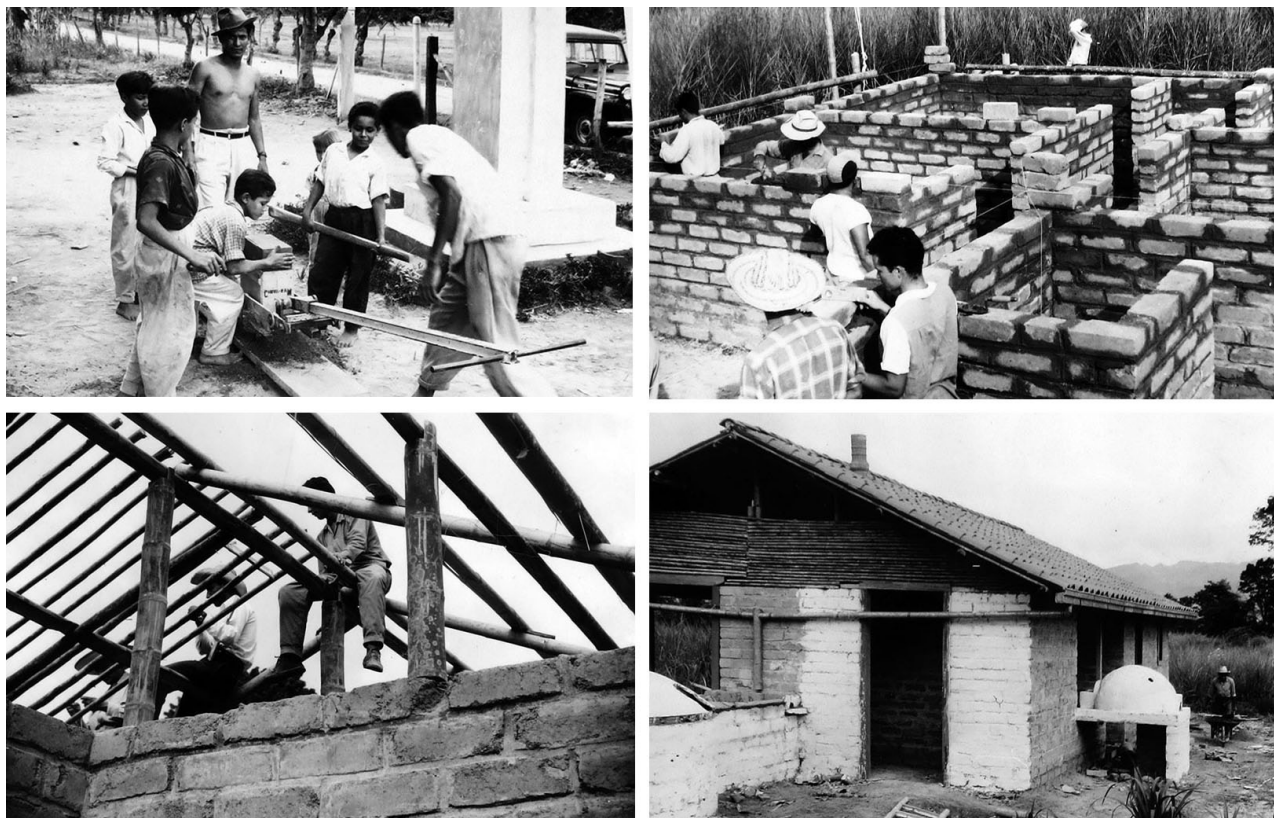


Figura 8. Labores constructivas de la vivienda experimental en Chambimbal, Buga (Valle del Cauca), 1957. Fuente: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 150.

Pese a lo anterior, se alcanzaron a producir 620 bloques diarios a fin de atender la construcción de la vivienda, también de 75 m² de superficie y que constaba de cuatro alcobas, una cocina independiente del comedor, pero contigua a él, una zona de lavado de ropa y ducha, además de un depósito con acceso independiente desde el exterior. También por fuera del plano de la cubierta se levantaba la letrina, un horno y la cisterna semi enterrada (Figura 8).

La vivienda así concebida alcanzó un costo de USD 10,15/m², que, si bien estaba por encima del valor del prototipo de San Jerónimo, seguía siendo poco frente a los USD 20 - 25/m² que costaban las viviendas construidas entonces por las entidades colombianas dedicadas al tema (33). Tal diferencia de precios se podía explicar por una mayor cantidad de insumos comprados en los círculos comerciales tradicionales (elementos de fibrocemento, tuberías metálicas y cerraduras, entre otros). El conjunto de la experiencia de Chambimbal, en todos sus aspectos, fue recogida en una publicación a cargo del CINVA (34), enriquecida además por el informe de fin de curso que redactó el becario costarricense Hugo Solís Vindas relacionado con el uso correcto del *suelo-cemento* en unidades sanitarias y de almacenamiento de agua (35).

Con las lecciones aprendidas en Chambimbal, el personal técnico del CINVA decidió construir en el patio de modelos de su sede en Bogotá un nuevo prototipo experimental que bautizó «Casa campesina en suelo cemento», dando cumplimiento a un acuerdo firmado con el ICT a fin de poner en evidencia en el contexto nacional e internacional, las ventajas del uso de la máquina Cinva-Ram. El proyecto, ejecutado *después del estudio de las necesidades del campesino, de los materiales de los que dispone, y después de preparar los planos con todos los detalles necesarios* (36: 3), estuvo bajo la dirección del arquitecto Enrique Cerda Antúñez y la supervisión de René Eyhéralde y sus planos completos se enviaban a vuelta de correo por el simbólico precio de USD 1.

La vivienda fue inaugurada el 23 de agosto de 1957 aunque las obras habían empezado en abril de ese año como parte de la celebración del Día de las Américas, cuando varios embajadores de países miembros de la OEA hicieron bloques con la máquina Cinva-Ram y los pegaron como primeras hiladas de los muros de la casa. Constaba de una galería exterior, dos alcobas, área social y zona de servicios, además de una letrina exterior, alcanzando un área construida de 64 m². Sobre una cimentación corrida en concreto pobre, se colocaron las hiladas de los BTC (de 30 x 15 x 10 cm), impermeabilizando solo las dos primeras con mortero de cemento, arena y tela asfáltica. Los elementos a sometidos a esfuerzos de flexión, tales como dinteles y vigas de cubierta, se hicieron de madera rolliza, soportando tejas de barro asentadas con barro sobre láminas de esterilla de bambú. También con suelo-cemento se fabricaron las baldosas de piso, aunque en una de las alcobas se ensayó con un acabado de tablas de madera clavadas en durmientes embebidos en concreto. El agua de lluvia se recogía mediante canaletas metálicas en una cisterna, desde donde era elevada con ayuda de una bomba manual a un tanque situado en el entre-techo (Figura 9).

El costo de la vivienda alcanzó los USD 5,85/m², sin cuantificar los costos de la mano de obra aportada por los propietarios en los procesos de fabricación y colocación de los bloques y las baldosas de piso. El costo también incluía el valor de operarios especializados que necesariamente debían contra-



Figura 9. Vista general y detalles de la casa campesina de BTC o *suelo-cemento* construida en el patio de modelos del CINVA, al interior del campus de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. (Fuente: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 134).

tarse, así como el costo de la letrina y la cisterna. Lamentablemente, cuando los resultados de este prototipo experimental se dieron a conocer, el ICT ya no tenía a su cargo la financiación de la vivienda rural: en 1956 el Gobierno colombiano había transferido a la Caja Agraria dicha función, quedando el Instituto en libertad para concentrar sus esfuerzos en la vivienda urbana, en la que los BTC competían con desventaja con materiales «modernos».

5. EPÍLOGO Y CONCLUSIONES

Pese al sinsabor producido por la imposibilidad de llevar a cabo un proyecto a gran escala de viviendas con BTC, la investigación en el CINVA sobre el tema no cesó; por el contrario, en 1963 y bajo la coordinación de Augusto Enteiche se publicó la primera edición de un libro que recogía prácticamente todos los resultados que sobre el tema se habían conseguido durante casi diez años de labor investigativa (37), con especial mención a trece casas y escuelas construidas tanto en Colombia como en Argentina, Venezuela, Brasil, Bolivia y Chile, varias de ellas gracias al uso de la máquina Cinva-Ram. También se daba cuenta de otros usos no residenciales del mismo material, tales como una bóveda de perfil catenarico a escala real construida en el CINVA (Figura 10), así como cisternas, silos, hornos y letrinas que ayudaban a resolver situaciones de la vida cotidiana del campesinado, de forma rápida y a muy bajo costo.

Pero sin duda, el carácter multinacional del CINVA –gracias no solo al respaldo que recibía de la OEA y sus numerosas instituciones públicas y privadas vinculadas, sino también a su política de difusión mediante publicaciones propias que intercambiaba con entidades afines de otros países y la plura-

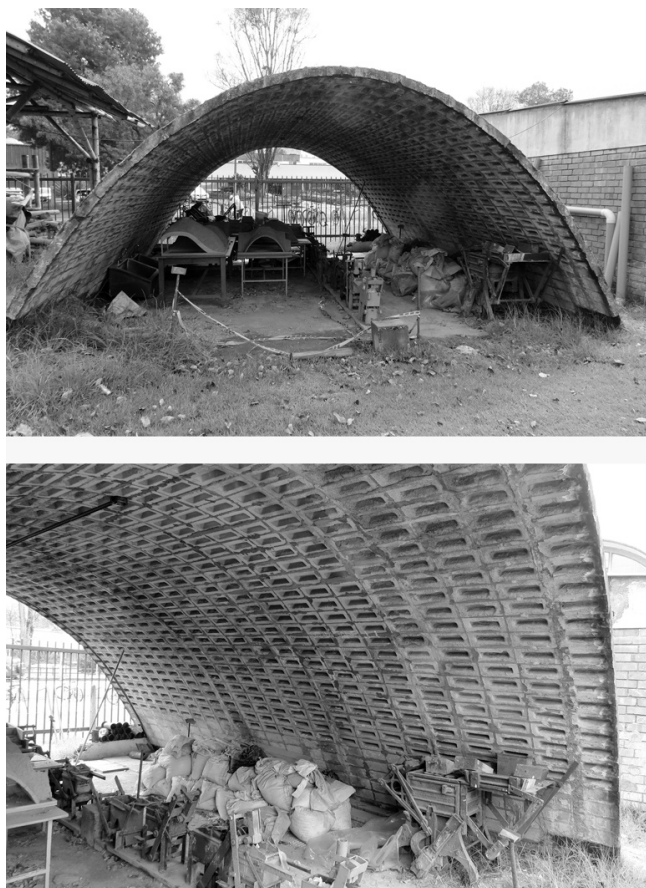


Figura 10. Estado actual de la bóveda de perfil catenario construida en 1959 con BTC en la sede del CINVA, al interior del campus de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. (Fuente: los autores).

lidad del origen de sus profesores y becarios—, contribuyeron a una amplia difusión de los BTC en América Latina, con resultados que fueron bien acogidos por comunidades rurales. Sin embargo, su relativo éxito no llegó al ámbito de las urbanizaciones populares para los centros urbanos, en donde parecía mejor aplicar los conceptos de construcción prefabricada e industrializada, con procesos de ejecución más próximos a las ideas de montaje o producción en serie que incluso se promovían de manera paralela desde otras investigaciones desarrolladas al interior del CINVA.

Un buen ejemplo de lo anterior lo constituye el hecho de que, en 1969, en el desarrollo del Proyecto Experimental de Vivienda - PREVI que se llevó a cabo en Lima, con el auspicio del gobierno peruano y la ONU, se adoptó para el sistema constructivo de los muros de la totalidad de las 26 propuestas el llamado «ladrillo PREVI» de cerámica o el «bloque PREVI» de hormigón (38). El BTC parecía entonces ajeno a la rama más convencional de la arquitectura de la vivienda. Sin embargo, el legado de la máquina Cinva-Ram continuó presente hasta las últimas décadas del siglo XX, de tal manera que se identifican casos de viviendas construidas con bloques de suelo-cemento en diversos países de y América Latina y África (39).

Por ejemplo, en México se tiene registro de un conjunto habitacional que consta de doce condominios, llamado Unión de Ganaderos, construido entre 1990-1992 por el Instituto Zatecano de la Vivienda, con base en un sistema constructivo

que emplea muros y cubiertas en forma de bóveda todo realizado con bloques de suelo-cemento prensados. Uno de los aportes más notables del proyecto fue la ampliación de hasta un 40% de la vivienda en comparación con la ofrecida por el mismo costo por el Estado (40).

Con el paso de los años, el uso de BTC se extendió a varias regiones de este país: en Tamaulipas, se construyó una vivienda de dos plantas, con 78 m² de área en cuyos muros se emplearon piezas de BTC de 14 cm de espesor, estabilizadas con 6 % de cemento, comprimidas con una prensa hidráulica (41). En Jalisco, se ubica otra edificación de dos niveles, de 303 m², con muros constituidos por BTC con dimensiones de 29,5 x 14 x 11 cm, estabilizados con 8 % de cemento y 4 % de cal, en la que se emplearon un total de 16000 piezas elaboradas con una prensa manual tipo Geo-50 (42). En 2016, en Valle de Bravo, en un área de 34024,38 m² se edificó el campus de la Universidad del Medio Ambiente cuyos edificios fueron construidos con un sistema mixto, combinando estructuras de madera en las cubiertas, con cerramientos de BTC, mientras los pisos se construyeron de cemento pulido pigmentado con tierra del lugar (43).

En la localidad de Monteros, en Tucumán, Argentina, mediante el Programa de Viviendas Sociales No Tradicionales (PROMAT), se ejecutó en 2004 un conjunto de ocho viviendas construidas con BTC, con uso de una máquina de compresión manual. Tanto la elaboración de los mampuestos, así como su montaje en los muros se ejecutó con base en procesos de autoconstrucción, mientras el resto de la obra fue realizada por una cooperativa de construcción local (44). Por otra parte, en 2011, en San José de Chiquitos, Bolivia, se edificó el Centro de Atención al Adulto Mayor, de planta rectangular con un área de 250 m². Si bien, la cubierta está conformada por entramados de madera, en los muros se emplearon BTC de 31,5 x 15,5 x 13 cm, elaborados con una máquina Cinva-Ram (45).

En Paraíba, Brasil, a través de la asociación Casa dos Sonhos se han realizado cursos de transferencia de tecnologías para hombres y mujeres para la producción de BTC, estabilizados con 5% de cemento, y para realizar procesos de construcción con los mismos bloques. En 2013 se construyó un primer modelo de vivienda con muros de BTC con una superficie de 72 m² (46).

En 2014, en Boyacá Colombia, se construyó el edificio IEIAS-CA destinado a la educación informal, con énfasis en el desarrollo humano y la transferencia de tecnología desde una perspectiva sostenible. Se trata de una planta pentagonal de 6 m por lado, con un área de 80 m². Un proyecto que implementa diversas técnicas de construcción con tierra, como el uso de BTC para los muros que dan soporte a una cúpula de ladrillos cocidos. Los bloques de tierra comprimida se elaboraron con tierra local, estabilizados con arena y cal. En un lapso de tres semanas se produjeron 7.000 unidades con dos máquinas CINVA-RAM (47).

El BTC, es un material tan versátil que puede actuar en combinación con otras técnicas de construcción con tierra. Tal es el caso de una vivienda edificada en 2013 en Montevideo, Uruguay, que emplea bloques de tierra comprimida solo en los muros de la fachada sur, mientras en otros muros se identifican otras técnicas (48).

Si bien, en la actualidad existen distintas formas de producir BTC, manuales, mecánicas y automatizadas, no cabe duda de que dichas innovaciones son herencia de las máquinas pioneras como la Landcrete y la Cinva-Ram. Aún en el siglo XXI continua vigente la idea de generar sistemas constructivos a partir de BTC para abordar el gran rezago económico-habitacional que impera en países de América Latina, porque no solo resulta un material económico, duradero y de fácil elaboración, sino también porque resulta ser un material sostenible con cualidades de mitigación ante el cambio climático. Por ello, es muy posible que en los próximos años surjan nuevas tecnologías para la producción de máquinas productoras de BTC con capacidad de adaptación a distintos contextos

sociales, culturales, económicos, ecológicos, tecnológicos y políticos, entre otros.

En cualquier caso, la máquina Cinva-Ram fue sin duda una notable innovación de una tecnología desarrollada y adaptada para condiciones habitacionales particulares; sin embargo, lo importante es que su versión final era el producto de un extenso proceso de investigación, respaldado tanto en pruebas de laboratorio como de campo, que daba una eficaz respuesta local a un problema del alcance universal. Con su uso, se contribuía con la tecnificación de una técnica milenaria como la del adobe, fijada hasta entonces más a la tradición que a la ciencia de la construcción.

REFERENCIAS

- (1) Guerrero, L., Roux, R., Soria, F. (2010). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. *Palapa*, 5(10), 45-57.
- (2) Abiko, A. (1995). Introduction to housing management. *Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12*. São Paulo: EPUSP.
- (3) Kumar-Sahu, M., Singh, L. (2017). Critical review on types of bricks type 7: Cement soils bricks. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 5(11), 61-64.
- (4) Gramlich, A. (2013). A concise history of the use of the rammed earth building technique including information on methods of preservation, repair, and maintenance (Tesis de Master). Universidad de Oregon.
- (5) Verma. P.L., Mehra. S.R. (1950). Use of soil-cement in house construction in the Punjab. *The Indian Concrete Journal*, 24(4), 91-96.
- (6) Madhavan, R., Narasinga, C.N. (1949). *Labour housing scheme report*. Bangalore: The city improvement trust board.
- (7) Venkaratama, B.V. (1994). Pressed soil-cement block: an alternative building material for masonry. *Sustainable Construction*, 1, 425-433.
- (8) Silva, M.R. (1991). *Materiais de Construção*. Sao Paulo: PINI.
- (9) Woudstra, R. (2020). Planning the «Multiracial City». Architecture, decolonization and the design of stability in british Africa (1945-1957) (Tesis doctoral). Massachusetts Institute of Technology.
- (10) Harris, R., Giles, C. (2003). A mixed message: the agents and forms of international housing policy, 1945-1973. *Habitat International*, 27, 167-191.
- (11) Park, D. (2016). Free world, cheap buildings: U.S. hegemony and the origins of modern architecture in South Korea, 1953-1960 (Tesis doctoral). Universidad de California.
- (12) Fitzmaurice, R. (1958). *Manual on stabilized soil construction for housing*. New York: United Nations - Technical Assistance Program (hay una edición en castellano del texto, publicada también por la ONU en 1959).
- (13) Vargas Rubiano, H., Vargas Caicedo, H. (2007). El terraconcreto en Colombia: apuntes para su historia. *Dearq*, 1, 120-128.
- (14) Romero, S. (2015). Ruralizing urbanization: credit, housing and modernization in Colombia, 1920-1948 (Tesis doctoral). Universidad de Cornell.
- (15) Salzman, O.H. (1957). Technical cooperation in the organization of American States. *World Affairs*, 120(1), 17-21.
- (16) Rivera, J. (2002). El CINVA: un modelo de cooperación técnica. 1951-1972 (Tesis de Master). Universidad Nacional de Colombia.
- (17) An Inter-American Housing Research and Training Center (1952). *Land Economics*, 28, 185.
- (18) Currie, L. (1955). El programa del Centro Interamericano de Vivienda y su importancia para el Instituto de Crédito Territorial (Manuscrito). Bogotá: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 221.
- (19) Garcés, C. (1953). *Bloques de suelo estabilizados. Máquina giratoria hidráulica para la compresión de bloques de tierra para construcción (traducción de Stabilized Soil Blocks, con autorización de The Overseas Engineer, Temple Press Limited, Londres)*. Bogotá: Servicio de intercambio científico y documentación del CINVA.
- (20) Eyhéralde, R. (1955). *La tierra estabilizada como material de construcción*. Bogotá: servicio de intercambio científico y documentación del CINVA.
- (21) Hernández, R. (1954). La tierra como material de construcción y su contribución a la solución del problema de la vivienda campesina (Manuscrito). Bogotá: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 208.
- (22) McNeal, D., Jones, R. (1956). *Baldosín de suelo cemento. Máquina simplificada de bajo costo para hacer bloques. Informe de progreso*. Bogotá: Servicio de intercambio científico y documentación del CINVA.
- (23) CINVA (1957). *The Cinva-Ram prototype low cost soil cement block making machine*. Bogotá: OEA.
- (24) CINVA (1957). *CINVA-RAM (M.R.) Máquina portátil para fabricar bloques de tierra estabilizada*. Folleto instructivo (Mimeografiado). Bogotá: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 28.
- (25) CINVA (1957). *CINVA-RAM Máquina portátil para fabricar bloques de tierra estabilizada*. Bogotá: Servicio de intercambio científico y documentación del CINVA.
- (26) Garcés, C. y Eyhéralde, R. (1958). *Informe de la misión para realizar un cursillo de demostración de la máquina Cinva-Ram en el Instituto Nacional de la Vivienda de México y visitar algunos países centroamericanos*. Bogotá: Servicio de intercambio científico y documentación del CINVA.

- (27) OEA (1980). *Relación de acuerdos bilaterales*. Washington: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
- (28) Calvo, O. (2013). *Urbanización y Revolución. Técnica y política en Santiago de Chile, Buenos Aires y Ciudad de México (1950-1980)* (Tesis doctoral). El Colegio de México.
- (29) Renner, A. (2022). *Housing Diplomacy: US Housing Aid to Latin American, 1949-1973* (Tesis doctoral). Universidad de Columbia.
- (30) Posso, D. (2019). *Introducción, desarrollo y diseminación de la construcción en suelo cemento para vivienda en Colombia (Trabajo de fin de carrera)*. Universidad de los Andes.
- (31) CINVA (1956). *Proyecto rural San Jerónimo*. Informe (Manuscrito). Bogotá: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 39.
- (32) Vautier, E. (1957). *Chambimbal. estudio de la vivienda y de la comunidad en una vereda de Colombia* (Manuscrito). Bogotá: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 150.
- (33) CINVA (1958). *Proyecto de San Jerónimo (Antioquia) Colombia. Una experiencia de educación en vivienda rural*. Bogotá: Servicio de intercambio científico y documentación del CINVA.
- (34) Vautier, E. y Fals-Borda, O. (1958). *La vereda Chambimbal. Estudio y acción en vivienda rural*. Bogotá: Servicio de intercambio científico y documentación del CINVA.
- (35) Solís, H. (1957). *Aplicaciones del suelo-cemento en la construcción de vivienda rural* (Manuscrito). Bogotá: Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, fondo CINVA, caja 208.
- (36) CINVA (1957). *Casa campesina en suelo cemento*. Bogotá: Servicio de intercambio científico y documentación del CINVA.
- (37) Enteiche, A. (1963). *Suelo-cemento. Su aplicación en la edificación*. Bogotá: Centro de Vivienda y Planeamiento, Unión Panamericana - Departamento de Asuntos Sociales.
- (38) Land, P. (2015). *El Proyecto Experimental de Vivienda (PREVI), Lima. Diseño y tecnología de un nuevo barrio*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- (39) Salas, J. (2022). *Construyendo con recursos escasos: contra el hambre de vivienda en África*. Madrid: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- (40) CYTED (1995). *Habiterra. Exposición Iberoamericana de Construcción con Tierra*. Bogotá: ESCALA.
- (41) Roux, R. (2010). *Los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), en zonas húmedas*. Ciudad de México: Plaza y Valdés.
- (42) Caballero, A., Guerrero, L. (2021). *Experiencias de bioconstrucción. Conceptos generales y visiones desde México*. Ciudad de México: Bonilla Artigas Editores
- (43) Dani, A., Sánchez, F., Minier, S., Rodríguez, J., Murillo, D. (2022). Enseñanza-aprendizaje de la construcción con tierra para impulsar un futuro regenerativo. En Ferrero, A., Salcedo, Z. y Neves, C. (eds.). *Memorias del 200 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Trinidad, Cuba, Trinidad: Oficina del Conservador y Proterra. 4-9 de abril de 2022* (pp. 661-674).
- (44) Jerez, P., Fernández, A., Lamas, M. (2019). Evaluación de viviendas construidas con BTC luego de 15 años de uso en Monteros, Argentina. En Neves, C., Salcedo, Z. y Borges, O. (eds.). *19 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Oaxaca de Juárez, México, San salvador: Fundasal y Proterra. 15-18 de octubre de 2019* (pp. 251-262).
- (45) Bestraten, S., Hormías, E. (2012). Bloques de tierra comprimida en el proyecto del Centro del Adulto Mayor de San José de Chiquitos, Bolivia. En Sandoval, J.F., Sáinz, J.L. (eds.). *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de arquitectura en tierra en Cuenca de Campos*, Valladolid: Universidad de Valladolid. 2012 (pp. 195-206).
- (46) Temtemples, B., Negrini, F.C., Martínez, M. (2017). Arqitetur de terra na produção sustentável da habitação de interesse social. En Neves, C. Salcedo, Z. y Borges, O. (eds.). *17 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra Tierra – Identidades*. La Paz: FAADU-UMSA y Proterra. (pp. 319-330).
- (47) Garzón, L.E. (2014). IEIASCA: Cuidar la vida. Transferencia de tecnologías con tierra. Una obra contemporánea de arquitectura sostenible. En Castellanos, M. (comp.). *14 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*. San Salvador: SIACOT. (110-115).
- (48) Etchebarne, R. y Ruétano, V. (2015). Casas de tierra en Uruguay. En Neves, C. (ed.). *15 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*, Cuenca: SIACOT. (pp. 1-9).