

Análisis Patológico De Las Edificaciones Construidas Con El Sistema Sandino En La Comunidad Canasí

Pathological Analysis Of The Buildings Raised Under The Sandino System Specifications In The Canasí Community

Autores

Claudia de la Caridad Rodríguez León¹, Odalys Álvarez Rodríguez²

¹ Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Calle 114, No. 11901, e/ Ciclovía y Rotonda. Marianao. La Habana. Cuba, E-mail: claudiarodriguezleon499@gmail.com

² Ingeniera Civil, Doctora en Ciencias Técnicas, Profesora Titular, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Calle 114, No. 11901, e/ Ciclovía y Rotonda. Marianao. La Habana. Cuba, E-mail: oar@civil.cujae.edu.cu, odalysar1964@gmail.com

RESUMEN

El Sistema Sandino ha sido empleado a lo largo de casi 50 años para la construcción de viviendas en Cuba, tanto en zonas urbanas como rurales. Pocas han sido las publicaciones que abordan las características y evolución del sistema y, sobre todo, cómo se comporta este ante el paso del tiempo. En el presente trabajo se realiza un estudio patológico de cuatro edificaciones construidas con el Sistema Sandino ubicadas en una comunidad cercana al litoral norte de la provincia Mayabeque y que sobrepasan las cuatro décadas de explotación. Mediante la inspección visual, se caracterizaron los elementos componentes, se identificaron las principales lesiones, sus causas y se propusieron técnicas de intervención para solucionarlas haciendo uso de fichas técnicas. El análisis estadístico y técnico, para evaluar la criticidad aplicando la Matriz Patrón de Criticidad, de los deterioros resultó que: los de mayor incidencia (100%): la falta de pintura y la existencia de grietas y fisuras en uniones entre losas prefabricadas de hormigón armado que conforman los entrepisos, siendo esta última la de mayor criticidad (Alta Criticidad - 6%), mientras que los elementos estructurales más afectados son los entrepisos (23%), balcones (20%) y escaleras (13%). Las principales causas que originaron los deterioros fueron: la presencia de humedad proveniente del deterioro de los sistemas de cubierta, que también fueron analizados, y la corrosión de las barras de refuerzo de los elementos estructurales.

Palabras claves: *criticidad, deterioro, ficha técnica, lesión, Sistema constructivo Sandino*

ABSTRACT

For almost 50 years the Sandino System has been a rural and urban housing building fixture in Cuba. However, very few literature has been written on its features, evolution and, above all, on the way it endures the passing of time. This paper tackles this subject by making a pathological study of four buildings raised more than forty years ago under the aforementioned system specifications and located at a rural community close to the coastal area in the Mayabeque province. Via visual inspection its basic elements were characterized, its main damaged areas were identified as well as its causes and, by means of technical sheets, intervention and solution proposals were made. The statistical and technical analysis to make a critical evaluation by using the Criticality Pattern Matrix of the deteriorations concluded that: the main factor of incidence (100%): lack of proper paint coating and the existence of cracks and fissures in the joints of the concrete slabs of the mezzanines, this last one by all means the most critical (High Criticality – 6%), whereas the most damaged structural elements were the mezzanines (23%), balconies (20%) and stairs (13%). Main deterioration sources were humidity as a result of bad roofing protection and its corrosive effects on the steel bars of the structural elements of the system.

Keywords: *criticality, deterioration, technical sheet, damage, Sandino Constructive System.*

Nota Editorial: Recibido: Enero 2022 Aceptado: Febrero 2022

1. Introducción

Durante casi 50 años en Cuba ha sido empleado el Sistema Sandino para dar solución a viviendas unifamiliares o multifamiliares empleando edificaciones de una, dos y tres plantas ubicadas tanto en zonas urbanas como rurales del país [1, 2]. La industrialización de la construcción, específicamente el uso de sistemas constructivos basados en paneles pequeños, que no requieren de equipos de izaje para su ejecución, es una alternativa muy acertada que ha sido utilizada tanto en Cuba como en otros países de esta área geográfica para la construcción de viviendas [3].

El adecuado comportamiento ante fenómenos climatológicos extremos, su versatilidad para adoptar variantes arquitectónicas diversas, la modulación de sus columnas, paneles de cierre e interiores y, sobre todo, la posibilidad de utilizar techos de diferentes materiales, hacen de este sistema uno de los que brinda mayores posibilidades de utilización. De ahí que este sea una de las principales opciones de Cuba, en un momento en que el Programa de la Vivienda es uno de los priorizados por el Ministerio de la Construcción para resolver un problema muy sensible.

En el litoral norte de la provincia de Mayabeque se encuentra ubicada una pequeña comunidad construida con el Sistema Sandino que tiene ya más de 45 años de explotación. A continuación, se presenta el estudio patológico [4-7] realizado por métodos organolépticos a las edificaciones de esta comunidad con el objetivo de evaluar el comportamiento del sistema a lo largo de su prolongado período de vida, ya cercano al medio siglo. Para esto se caracterizaron los elementos componentes, se identificaron las principales lesiones, sus causas y se propusieron técnicas de intervención para solucionarlas haciendo uso de fichas técnicas.

2. Caracterización del grupo de edificaciones



Figura 1: Macro localización de la comunidad **Figura 2:** Micro localización de la comunidad Canasí

Todas las edificaciones poseen la misma modulación y los apartamentos también son similares. En sus interiores se pueden hallar: sala, comedor, tres habitaciones dormitorio, baño, cocina, un pequeño patio de servicio y un balcón, donde se encuentra la entrada de acceso a las viviendas. En la figura 3 se puede apreciar la vista en planta correspondiente a los edificios más pequeños, notando así la distribución de locales. La vista en planta de los edificios más grandes completa su dimensionamiento con un efecto espejo de este que se muestra.

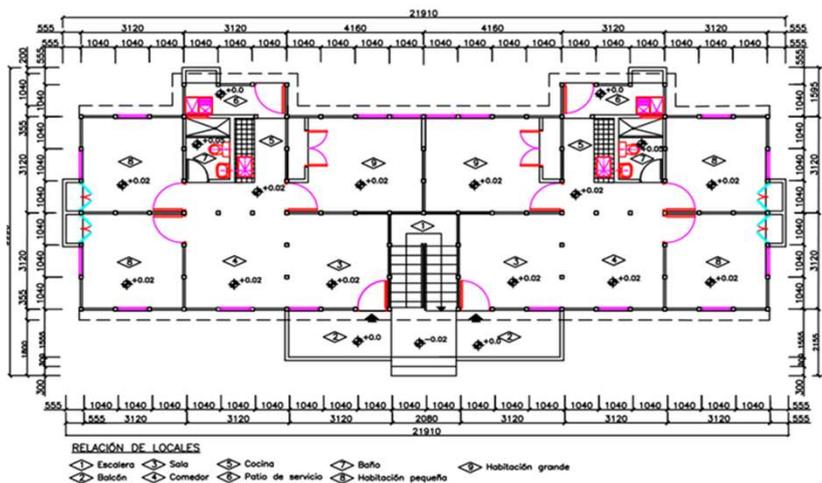


Figura 3: Distribución de locales en planta de los edificios pequeños. Fuente: Elaborado por las autoras

2.1 Identificación del sistema constructivo

A continuación, se muestran las figuras 4-7 que corresponden a las fachadas de los edificios. Se puede notar a priori que todos exhiben la misma tipología constructiva, lo que indica que no hay más que un solo sistema constructivo prevaeciente, lo que facilita la identificación del mismo de forma genérica.



Figura 4: Edificio 1. Fachada frontal



Figura 5: Edificio 2 a) Fachada frontal b) Fachada frontal ampliada de la escalera 1
c) Fachada frontal ampliada de la escalera 2



Figura 6: Edificio 3. a) Fachada frontal b) Fachada frontal ampliada de la escalera 1 c) Fachada frontal ampliada de la escalera 2



Figura 7: Edificio 4. Fachada frontal

Observando detenidamente las fachadas se pueden apreciar detalles que, a simple vista con los conocimientos apropiados sobre el tema, permiten descubrir el sistema constructivo de las edificaciones. Estos rasgos característicos son los siguientes:

- La modulación de los pequeños cinco paneles prefabricados que son sostenidos por las columnas.
- No hay presencia de una terminación incorporada entre los paneles, se notan las juntas entre ellos.
- No existe alero entre los dos niveles, solo se observa la protuberancia de la viga de cerramiento.

En la figura 8 se muestran los aspectos anteriormente comentados y se resalta mediante un señalamiento el considerado como más notable y característico: muros modulados de pequeños paneles entre columnas; el cual hace que se identifica el sistema constructivo.



Figura 8: Edificio 1. Columnas y paneles en muros característicos del Sistema Sandino

Teniendo en cuenta lo expuesto y la fecha de construcción de las edificaciones (1975) no quedan dudas al identificar el sistema constructivo prefabricado del que se trata como Sistema Sandino.

EL Sistema Sandino es un sistema prefabricado, de tecnología muy simple que corresponde a la escala más baja de los sistemas prefabricados en lo que se refiere a la tecnología de fabricación y montaje. Fue creado por el Arq. José M. Novoa, en La Habana, Cuba, en los años '50 y se ha usado hasta la actualidad, en su mayoría en zonas rurales.

A lo largo de toda Cuba aún existen activas plantas de producción de este tipo de prefabricado con la idea de seguir explotando las ventajas económicas que requiere su empleo y pensando también en la rapidez con la que se construyen viviendas con este tipo de sistema; aspectos tan significativos para el país.

De las plantas de prefabricado se obtienen las columnas y los pequeños paneles que, conjuntamente, conforman los muros de este sistema. Los demás elementos estructurales como cimientos se logran in situ al igual que las vigas de cerramiento en la mayoría de sus casos, y para los entrepisos y cubiertas queda un abanico abierto de elecciones pudiendo ser prefabricadas o no [1].

2.2. Identificación de los elementos estructurales de los edificios

- Cimentación

El sistema se apoya en cimentaciones corridas hormigonadas in situ que descansan sobre bases cuadradas de hormigón ciclópeo, las que se deben ubicar cada tres o menos intercolumnios y donde exista la intersección de dos o más muros, según lo requiera el proyecto. En las cimentaciones corridas, durante su hormigonado, es preciso dejar cajuelas para insertar luego las columnas prefabricadas sandino. Estos orificios se crean con la ayuda de cuñas metálicas elaboradas a medida, que se colocan antes del hormigonado de la cimentación y posteriormente son retiradas para que las columnas ocupen su lugar con la mayor exactitud posible; la holgura restante entre estos elementos se rellena con mortero para concluir la unión. La figura 9 muestra detalles de las secciones longitudinales y transversales de dicha cimentación para una mejor comprensión de lo que se ha descrito.

La presencia de este tipo de cimentación en las edificaciones que se estudian se puede notar perfectamente; véase en la figura 10 la claridad con que se aprecia la cimentación corrida apoyada sobre la base ciclópea en una de las esquinas del Edificio 1.

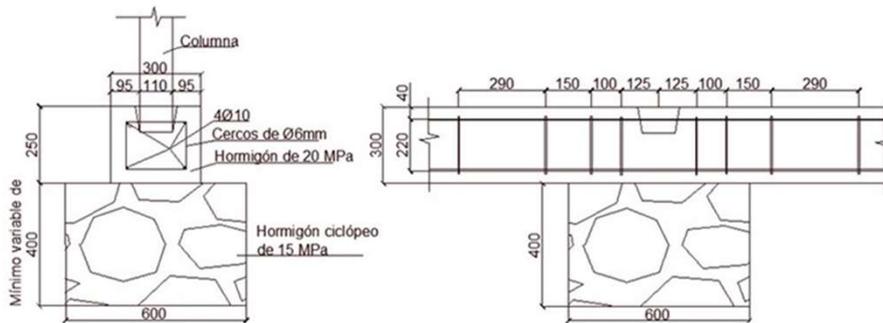


Figura 9: Detalles de la sección transversal y sección longitudinal de la cimentación corrida. Fuente: [9]



Figura 10: Edificio 1. Cimentación del sistema prefabricado Sandino

- Muros

Las columnas prefabricadas de 2,435 m de altura pueden o no poseer pasas para instalaciones eléctricas y, además, son las encargadas de sostener entre ellas mediante un agarre mecánico los cinco pequeños paneles, con dimensiones invariables (figura 11) que cubren toda su altura, formando en consecuencia los muros prefabricados del Sistema Sandino. Los montajes de estos elementos se realizan de forma manual.

Las columnas, además, presentan diferentes secciones (figura 12) que dependen de la cantidad de muros que lleguen a ellas por sus cuatro caras.

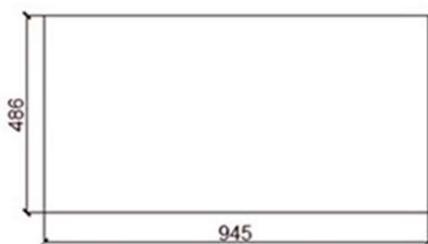


Figura 11: Detalles del dimensionamiento de los paneles del muro sandino. Fuente: [9]

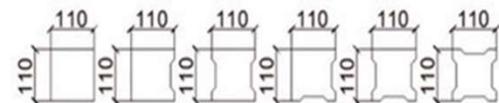
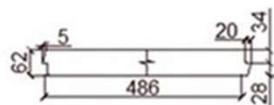


Figura 12: Secciones de las columnas prefabricadas sandino. Fuente: [9]

En la figura 13 se muestra una vista en planta de la unión entre los pequeños paneles y las columnas prefabricadas y en la figura 14 se observa la concatenación perfecta de estos elementos (paneles y columnas) para conformar un muro sandino, lo cual resulta característico de este sistema constructivo.

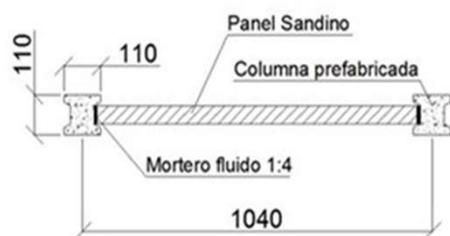


Figura 13: Unión entre paneles y columnas prefabricadas sandino. Fuente: [9]

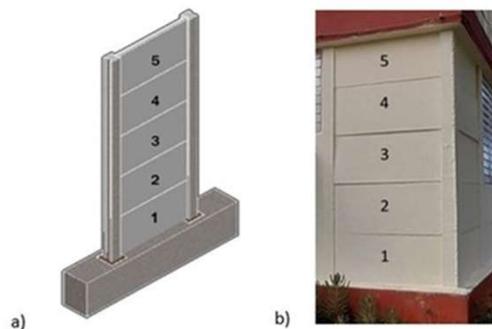


Figura 14: a) Modelo del muro sandino. Fuente: [9]
b) Edificio 1. Muro sandino

- **Viga de cerramiento**

La rigidez del muro en este sistema constructivo se logra con una viga de cerramiento hormigonada in situ, que incluye la barra de acero saliente de las columnas prefabricadas para crear una unión empotrada entre estos elementos. Dichas vigas también serán el sustento del nivel superior por lo que se tiene en cuenta, como en las cimentaciones corridas, la conformación de los orificios para que las columnas queden perfectamente insertadas, se cuida la continuidad estructural y se evita que gane la excentricidad.

La figura 15 resume gráficamente el proceso de construcción de la viga cerramiento in situ. Si se sigue el orden lógico de las imágenes, primero se ve el proceso de encofrado que incluye la colocación y empalmado de los aceros, posteriormente se supone el hormigonado y el desencofre, donde se respetan los espacios para colocar las columnas del próximo nivel, y que posteriormente se colocan las columnas y se rellenan las ranuras para completar la unión, siendo esto lo que se resalta en el último paso. En la figura 16 se aprecia la viga cerramiento del Edificio 1 en su etapa de explotación, construida siguiendo el procedimiento anteriormente comentado.



Figura 15: Modelo resumen del proceso de elaboración de la viga cerramiento. Fuente: [9]



Figura 16: Edificio 1. Viga cerramiento del Sistema Sandino

- **Entrepiso y cubierta**

El tipo de entrepiso y cubierta del Sistema Sandino puede tener varias opciones [1, 9], pero en el caso de las edificaciones que se analizan son de losas prefabricadas de 0,1 m de espesor con un ancho menor que 1,0 m porque las losas cubren aproximadamente el mismo espacio que un intercolumnio de eje a eje (1,04 m) y, aun así, queda entre ellas un espacio en el que se colocó al menos una barra de acero en la junta para lograr el vínculo entre ellas. Estos detalles se pueden apreciar en las figuras 17 y 18 donde se muestran imágenes tomadas al entrepiso y la cubierta respectivamente del Edificio 1, donde se pueden ver las grietas y fisuras que permiten detectar el ancho estimado de las losas.

Lo que hace la diferencia entre las losas de entrepiso y las de cubierta es que estas últimas son un poco más alargadas para aprovechar esta longitud en voladizos de 0,55 m para formar los aleros en el último nivel (figura 18).

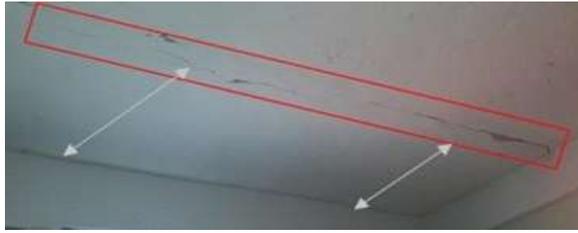


Figura 17: Edificio 1. Fisuras y grietas en unión entre losas prefabricadas de entrepiso

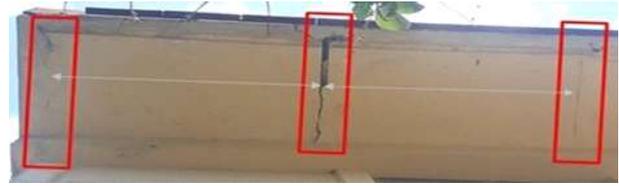


Figura 18: Edificio 1. Grietas y fisuras en unión entre losas prefabricadas de cubierta en la zona del alero

- Escaleras

Las edificaciones estudiadas presentan escaleras multi-ramas de hormigón (figura 19), dentro de un mismo desnivel solo dos ramas. Se debe prestar especial atención a la forma en que se encuentran las losas con el descanso intermedio, pues presentan la ventaja de ofrecer un descanso de ancho uniforme en su plano superior, sin embargo, de la manera como se ha planteado no resulta con suficiente estética por su plano inferior ya que la línea de intersección con el descanso de las losas correspondientes a las ramas inferior y superior, no son coincidente, de ahí que por este tipo de diseño pudiera decirse que este elemento fue hormigonado in situ.



Figura 19: Edificio 4, escalera 1. Escalera multirrama hormigonada in situ.

- Balcones

La estructuración de los balcones se considera que fue concebida mediante un hormigonado in situ del voladizo ya que, a diferencia del resto de los entrepisos y cubiertas, es imposible notar las juntas entre las losas prefabricadas. Además, en la evaluación de uno de los balcones deteriorados (figura 20) se distinguió a raíz de su desprendimiento, la ubicación de las barras de acero de refuerzo y la no presencia de elementos prefabricados en esta zona de la estructura; lo que da lugar a la confirmación de la hipótesis inicial referida a que se trata de un hormigonado in situ de todos los balcones por igual en cada edificación.



Figura 20: Edificio 2, escalera 2. Balcón deteriorado por corrosión de las barras de acero de refuerzo.

2.3. Tipo de fabricación de cada elemento estructural del sistema identificado

El Sistema Sandino presenta características definidas para la mayoría de sus elementos en cuanto a su fabricación, como ya se mencionó en 2.2, de ahí que se clasifique como prefabricado pues la mayoría corresponde a este tipo de tecnología constructiva. Siendo así, es un sistema muy versátil al asignarle los demás elementos que no son propios, pues estos son adaptados con facilidad independientemente de ser prefabricados o no.

En la tabla 1 se muestra un resumen de los elementos estructurales identificados en las cuatro edificaciones analizadas y el tipo de fabricación que se pudo apreciar.

Tabla 1: Tipo de fabricación de los elementos estructurales

Elementos estructurales	Tipo de fabricación
cimiento corrido	in situ
columna	prefabricado
panel para muro	prefabricado
viga de cerramiento	in situ
losas de entrepiso	prefabricado
escalera	in situ
balcón	in situ

3. Análisis estadístico y técnico de las lesiones estructurales

La figura 21 presenta un ejemplo de las fichas técnicas elaboradas para la evaluación de los 16 deterioros [4, 7, 8, 10-13], de los cuales se podrán apreciar a continuación los más significativos en imágenes tomadas durante la inspección visual (figuras 22-26). Destacar que estos deterioros han aparecido paulatinamente durante los casi 50 años de vida funcional de las edificaciones y que nunca han sido sometido a ningún tipo de mantenimiento.

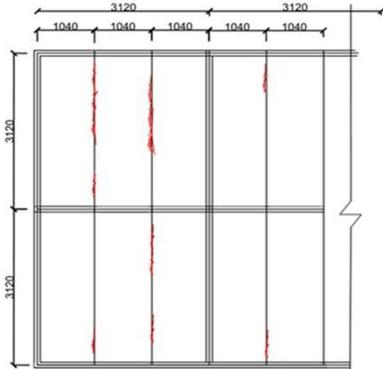
<p>Nombre de la edificación: Edificio 1, Edificio 2, Edificio 3 y Edificio 4. Código: EN-02 Dirección: Comunidad Canasí, Santa Cruz del Norte, Mayabeque. Año de construcción: 1975 Sistema Constructivo: Sandino ELEMENTO AFECTADO: LOSAS PREFABRICADAS DE ENTREPISO</p>	<p>Descripción: Se observan grietas y/o fisuras en las uniones de las losas prefabricadas de entrepisos. En algunos casos, mayormente en el último nivel de las edificaciones, se notan algunas manchas de humedad en estas zonas o cercanas a ellas, y abofamientos. No se logra apreciar el estado de las barras de acero de refuerzo, pero pudiera considerarse que la pérdida de su sección transversal es menor del 20%, dado que no existe un abofamiento excesivo ni tampoco se aprecian partes desprendidas, que mayormente son provocadas por el aumento de volumen de la barra de acero por la oxidación de esta, provocando el desprendimiento del recubrimiento del acero de la losa hasta que ocasiona su caída.</p>
<p>NOMBRE DE LA LESIÓN: GRIETAS Y FISURAS EN UNIONES</p>	<p>Posibles causas: - Error de ejecución. - Humedades por filtración. - Ambiente agresivo. - Dosificación deficiente. - Falta de mantenimiento.</p>
<p>Imagen de la lesión:</p> 	<p>Tratamiento: - Se valorarán las causas que han ocasionado este daño y la importancia o magnitud del mismo. - Erradicar las causas que ha ocasionado esta lesión.</p>
<p>Ubicación:</p> 	<p>Solución (Tomado y adaptado del Manual de Reparación y Mantenimiento de Edificaciones del Centro Histórico de la Habana)</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar el origen de la humedad (problemas en la impermeabilización de la cubierta) y erradicarlo. Una vez eliminada la causa de la humedad, se procederá a eliminar con el hacha o picoleta, todo el material de recubrimiento abofado y abrir las grietas y fisuras para poder llegar al acero y trabajar en él. Revisar el estado del acero de las uniones y si comprueba que estos están en buen estado, se procederá a completar la sección de la losa y efectuar la limpieza del mismo con el uso de un cepillo de alambre, retirando todo tipo de escamas, polvos, demás suciedades y elementos sueltos que afecten la adherencia. Es importante que el trabajo de limpieza de acero se realice bien, y en todo su perímetro, porque de lo contrario en breve tiempo, reaparecerá el daño. Una vez limpio el acero, se aplicará un producto pasivador de la corrosión. Posteriormente, se aplicará un mortero de recubrimiento de cemento y arena lavada elaborado in situ (dosificación C: A, 1:3 o 1:2) al cual se le debe añadir un producto facilitador de la adherencia. El mortero se debe aplicar en capas sucesivas compactas cuyo espesor está en función del producto empleado, aunque se recomiendan capas de 1cm de espesor, hasta rellenar la cavidad al nivel de la losa. Proceder a enrasar y dar terminación al elemento. Curar, en función del producto empleado (al menos durante una semana), mediante humedecimiento o aplicando alguna barrera de retención, que impida la evaporación del agua del mortero.

Figura 21: Ficha técnica de lesión en losa prefabricada de entrepiso. Fuente: Elaborado por las autoras



Figura 22: Grietas en unión entre losas prefabricadas de entrepiso



Figura 23: Grietas y fisuras longitudinales llegando al desprendimiento del hormigón en viga de cerramiento.



Figura 24 :Manchas de humedad, moho y eflorescencia en losa de entrepiso.



Figura 25: Ausencia de pintura.



Figura 26: Pérdida del recubrimiento de las barras de acero de refuerzo en losa de entrepiso. Desprendimiento de la pintura.

La generalidad de estos deterioros y la frecuencia con que encuentran en todos los edificios se presentan en el gráfico de la figura 27.

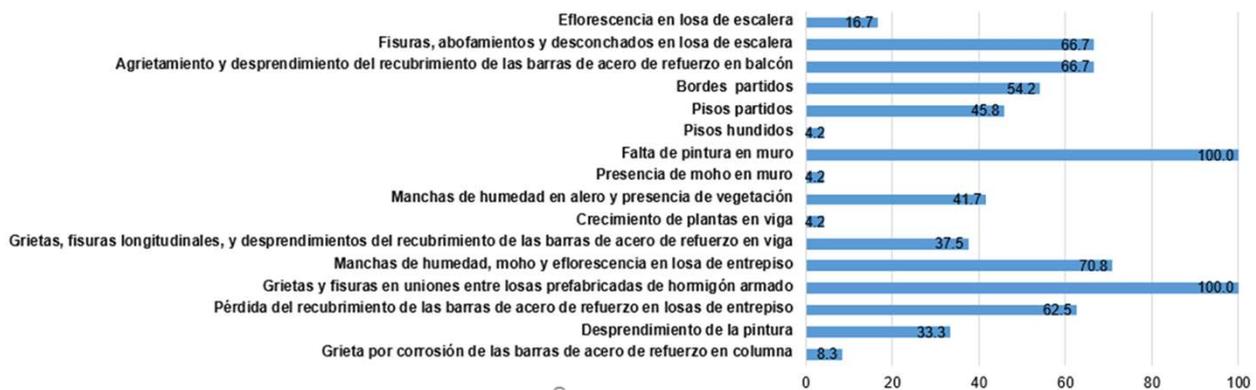


Figura 27: Frecuencia de la ocurrencia de los deterioros en todos los edificios.

De la figura 27 se puede destacar que las lesiones que impactan en el 100 % de las edificaciones son: la falta de pintura y la existencia de grietas y fisuras en uniones entre losas prefabricadas de hormigón armado que conforman los entresijos; se considera que, los elementos estructurales en que estas inciden pudieran ser los de mayor afectación. A partir del análisis, con valores de frecuencias inferiores al 20%, se encuentran: eflorescencia en losas de escalera, pisos hundidos, moho en muro, crecimiento de planta en viga y grieta en columna por corrosión de su acero de refuerzo; se pueden considerar estos elementos como los de menor afectación. Queda entonces un intervalo, del 21 al 99 % en el cual sería difícil definir el grado de incidencia por elementos. Es así, que se decide agrupar las lesiones en dependencia del elemento al que afecten, para lograr establecer una comparación entre elementos dañados; resultados que se muestran en la figura 28, de manera general, y en las figuras 29-32 para cada uno de los edificios.

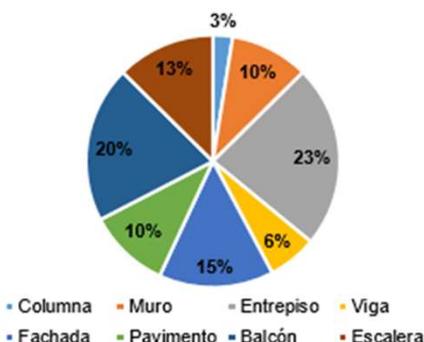


Figura 28: Afectación general por elementos

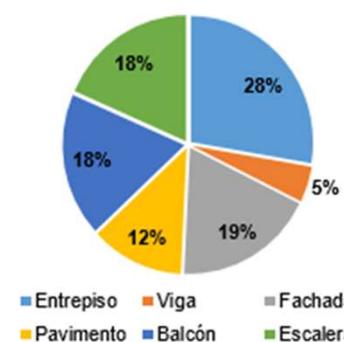


Figura 29: Afectación por elementos en el Edificio 1

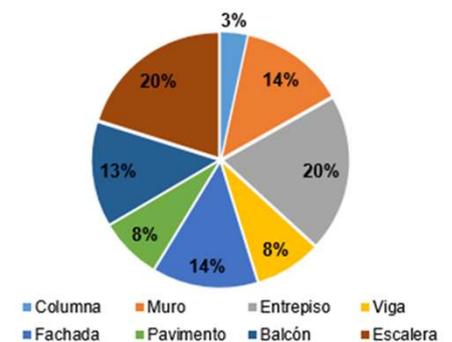


Figura 30: Afectación por elementos en el Edificio 2

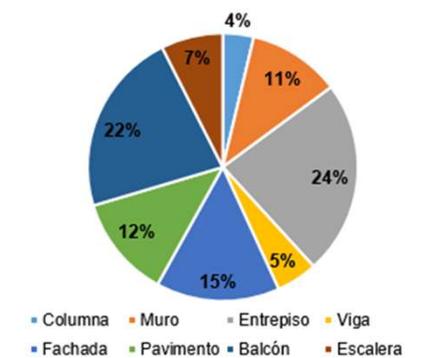


Figura 31: Afectación por elementos en el Edificio 3

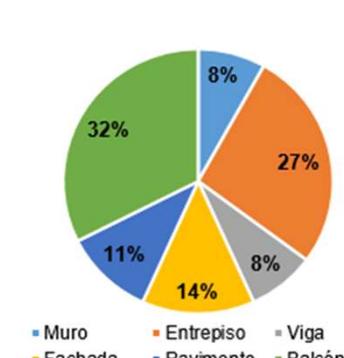


Figura 32: Afectación por elementos en el Edificio 4

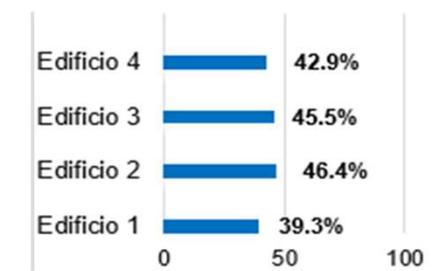


Figura 33: Deterioro de cada edificación

Los entrepisos prefabricados, los balcones, las fachadas y las escaleras fueron los elementos más afectados en la comparación general, relacionada a las afectaciones por elementos.

A partir de un análisis estadístico, se presenta en la figura 33 el por ciento de deterioros para cada edificación; pues, los resultados muestran que los edificios 2 y 3 son los que presentan la mayor cantidad de lesiones con respecto al total detectado.

La frecuencia general de los deterioros fue utilizada para clasificar la gravedad de los daños aplicando el Análisis de Criticidad con la práctica de la Matriz Patrón de Criticidad [6]. Durante el proceso de conversión de valores cuantitativos a cualitativos fue necesario el uso de las tablas 2-4 [6] para obtener el resultado final, la tabla 5.

Tabla 2: Índice de frecuencia. Fuente: [6]

Frecuencia	% de ocurrencia	Valor del deterioro	Descripción
Muy alta	>90	5	Se busca el % del total de veces que aparece un deterioro con respecto al total de los mismos
Alta	75-90	4	
Media	50-75	3	
Baja	25-50	2	
Poco frecuente	<25	1	

Tabla 3: Índice de impacto. Fuente: [6]

Impacto del deterioro	Peso del deterioro	Campos que afectan el deterioro		Descripción
		Campo	Valor	
Catastrófico	5	Funcionalidad	1.5	El impacto se tendrá en cuenta según la cantidad de campos que afecte un mismo deterioro
Grandes daños	4	Estructura	1.25	
Daños medios	3	Salud	1	
Daños bajos	2	Confort	0.75	
Perceptibles	1	Estética	0.5	

Tabla 4: Matriz patrón de criticidad. Fuente: [6]

Matriz de criticidad		Impacto				
		1	2	3	4	5
Frecuencia	5	MC	AC	AC	MAC	MAC
	4	MC	MC	AC	AC	MAC
	3	BC	MC	MC	AC	MAC
	2	BC	BC	MC	AC	AC
	1	MBC	BC	MC	MC	AC
Escala de colores						
MAC		AC	MC	BC	MBC	
Muy alta criticidad		Alta criticidad	Media criticidad	Baja criticidad	Muy baja criticidad	

Tabla 5: Criticidad de los deterioros.

Elemento	Deterioro	Criticidad
Columna	Grieta por corrosión de las barras de acero de refuerzo en columna	BC
Muro	Desprendimiento de la pintura	BC
Entrepiso	Pérdida del recubrimiento de las barras de acero de refuerzo en losas de entrepiso	MC
	Grietas y fisuras en uniones entre losas prefabricadas de hormigón armado	AC
	Manchas de humedad, moho y eflorescencia en losa de entrepiso	MC
Viga	Grietas, fisuras longitudinales, y desprendimientos del recubrimiento de las barras de acero de refuerzo en viga	MC
	Crecimiento de plantas en viga	BC
Fachada	Manchas de humedad en alero y presencia de vegetación	BC
	Presencia de moho en muro	BC
	Falta de pintura en muro	MC
Pavimento	Pisos hundidos	MC
	Pisos partidos	BC
	Bordes partidos	MC
Balcón	Agrietamiento y desprendimiento del recubrimiento de las barras de acero de refuerzo en balcón	MC
Escalera	Fisuras, abofamientos y desconchados en losa de escalera	MC
	Eflorescencia en losa de escalera	BC

Derivado de la tabla 5 se realizó un conteo para determinar la cantidad de deterioros por criticidad (figura 34) y con esto el análisis porcentual (figura 35) para catalogar el estado cualitativo total de las lesiones. De ahí resultara que, el 50% de los deterioros que prevalecen son de media criticidad, mientras que el 44 y el 6 % corresponden a baja y alta criticidad, respectivamente. Por lo que se puede considerar que los estados generales de las lesiones de las edificaciones están en un intervalo entre media y baja criticidad.

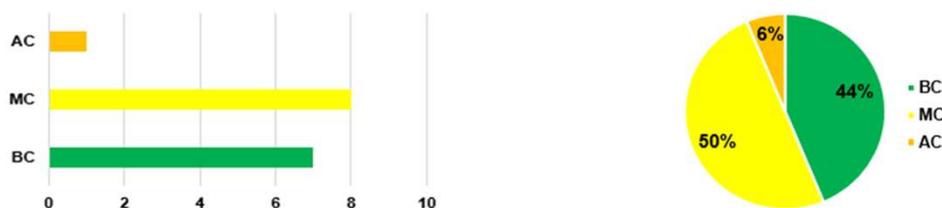


Figura 34: Cantidad de deterioros por grupo de criticidad **Figura 35: Porcentaje de criticidad**

4. Caracterización de las cubiertas de los edificios

No existe algún tipo de acceso permanente que permita el paso a las cubiertas, por lo que se precisa del uso de una escalera móvil para realizar las visitas.

Las cubiertas están diseñadas para que el drenaje del agua sea por caída libre, con más del 8% de inclinación. Además, presentan su sistema de impermeabilización inicial: enrajonado y soladura; se aclara inicial porque en el Edificio 1 se constató durante la inspección que su impermeabilización fue modificada utilizando una capa de mortero encima de la soladura cubriendo toda el área de la cubierta.

El enrajonado y soladura es un sistema de impermeabilización que se aplica por piezas. Este sistema consta de dos partes fundamentales: el enrajonado cuya función principal es lograr las pendientes deseadas y contribuir como aislante térmico y acústico. Trabaja de conjunto con la soladura al acumular el agua y luego permitir su evaporación a través de las juntas entre losas, posibilitando así la traspiración de la cubierta.

5. Análisis estadístico y técnico de las lesiones en las cubiertas

La ficha técnica fue el instrumento utilizado para evaluar el estado técnico de las cubiertas de las cuatro edificaciones [4, 14, 15]. Se realizaron inspecciones visuales y se tuvieron en cuenta diversos criterios para rellenar el modelo evaluativo. En la figura 36 se puede apreciar el ejemplo de una de las fichas técnicas elaboradas durante la investigación correspondiente a la cubierta del Edificio 2.

FICHA EVALUATIVA DE LA CUBIERTA										
Entidad que realiza la inspección: Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" CUJAE					Losas agrietadas, rajadas, alabeadas:					x
Dirección: Comunidad Canasi, Santa Cruz del Norte, Mayabeque					Deficiencias en las juntas:					x
Edificio: Edificio 2					Código: Nivel: +5.90					Altura: 5.6 m
Cantidad de Plantas: 2					Presencia de vegetación:					x
Acceso a la cubierta:					Tipo de acceso a la cubierta:					
Con acceso					Sin acceso					x
Escalera de barco:					Escalera de pasos:					
¿Hay tanques de agua sobre la cubierta?					¿Hay pretil?					
Si: x					No: 7					
¿Cuántos?					No: x					
Observaciones:					Altura:					
Tipo de cubierta					Sistema Constructivo					
Plana:					Inclinada:					x
Tipo de impermeabilización					SAE:					
Enrajonado y soldadura:					Girón:					
Built up:					LIFT SLAB (Losa Izada):					
Manta asfáltica:					Vigueta y bovedilla:					
Pinturas impermeabilizantes:					IMS:					
Tejas:					Forsa:					
Criollas:					armado:					
Ninguno:					Naves industriales:					
Otros:					Otros:					x
¿Cuál?					Sandino					
Ha sido modificada					Objetos almacenados					
Si					No					x
¿Cómo?					Si					
¿Cuándo?					No					x
Lesiones en la impermeabilización o cobertura					Lesiones en el soporte y otros elementos					
Presencia de basura y escombros:					Obstrucciones en tragantes y canales de evacuación de aguas pluviales:					
Crecimiento de vegetación:					Acumulación de agua por insuficiente pendiente de evacuación:					
Presencia de humedades:					Enmohecimiento por filtraciones:					x
Encharcamiento:					Ausencia de rejillas y globos protectores:					
Rejillas:					Globos:					
¿Cuántos?					¿Cuántos?					
Hundimientos o abofamientos:					Presencia de fisuraciones y grietas:					x
Agrietamientos y fisuras:					Infiltración de agua por la unión con paramentos verticales:					x
Degradación del material:					Flechas y deformaciones:					
Pérdida o rotura de elementos:					Otros daños:					
Deficiencias en los remates:					Si					x
Rotura del pretil:					¿Cuáles? Mortero sobre soldadura. Tanque sin base. Ausencia de zabaletas. Desprendimiento de la soldadura					
Grietas o fisuras en el pretil:					Desprendimiento del revestimiento del pretil:					
Desprendimientos de la membrana en pretiles:					Desprendimientos de la membrana en pretiles:					
Manchas de humedad o moho en el pretil:					Observaciones:					
Lesiones en el sistema de abasto de agua					Tanque sin tapa:					
Si					No					x
¿Cuántos?					Rotura y fugas de tuberías:					
Observaciones: Toda la red hidráulica se encuentran en perfectas condiciones sin ningún tipo de rotura					Fugas en la unión tanque - tubería:					
Medidas urgentes					Peligro de derrumbe					
Si					No					x
Apuntalamiento					Si					
Desalojo urgente					Existencia de derrumbe					
Total					Parcial					
Estado técnico general					Acciones constructivas a realizar					
Bueno:					Malo:					x
Regular:					Pésimo:					
Observaciones:					Reparación mayor:					x
					Reparación menor:					
					Otra:					
					¿Cuál?					
Inspector técnico					Nombre y apellidos					
					Claudia de la Caridad Rodríguez León					
					Firma					
					Fecha:					20/11/2021

Figura 36: Ficha técnica de la cubierta del Edificio 2. Fuente: Elaborado por las autoras

Varias fueron las lesiones que se detectaron durante el proceso de inspección al sistema de impermeabilización enrajonado y soldadura que poseen las cubiertas. A continuación, se muestran algunas imágenes (figura 37-43) tomadas durante el estudio patológico.



Figura 37: Material de construcción sobre soldadura. Presencia de vegetación, moho y humedad en losas de cerámica y sus juntas. Losas degradadas y erosionadas.



Figura 38: Derretido de cemento sobre capa impermeable. Se observa agrietamiento, moho y humedad en losas y juntas.



Figura 39: Ausencia de zabaletas en la unión cubierta-base de tanque de agua. Grietas en losas y juntas. Mortero sobre algunas juntas.



Figura 40: Presencia de vegetación y losas partidas. Presencia de mortero de hormigón sobre sistema de impermeabilización dejándolo en desuso.



Figura 41: Desprendimiento de la soladura.



Figura 42: Humedad por infiltración y fisuras en el soporte estructural.



Figura 43: Tanque colocado sin base, directamente sobre la soladura.

El siguiente gráfico (figura 44). resume los deterioros encontrados en la cubierta y también la frecuencia con que se presentan dichas lesiones en todas las edificaciones estudiadas. Se agruparon los deterioros de acuerdo a su causa, consecuencia o nombrando el elemento que se afecta.

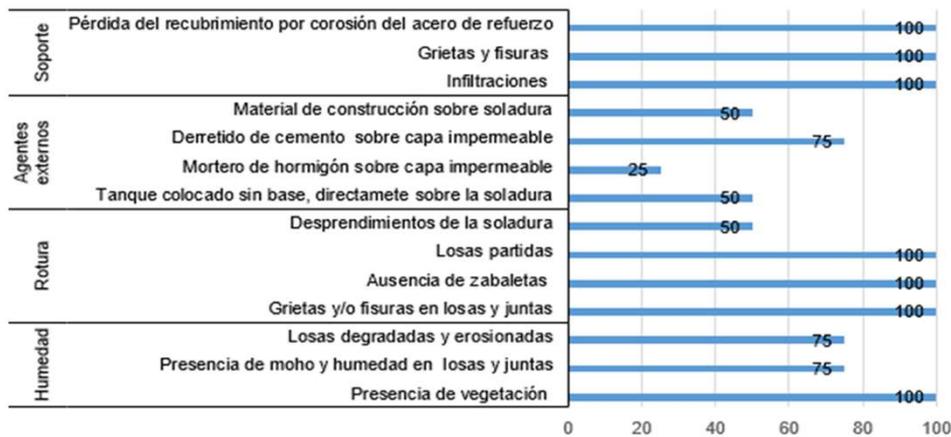


Figura 44: Frecuencia de lesiones en las cubiertas.

Tras este análisis se puede apreciar la frecuencia con que ocurren las lesiones, notando que en el 100% de las cubiertas existen daños en el soporte, por lo que es lógico asociar estos deterioros o roturas y humedades en la capa impermeable, las cuales, respectivamente, son las que le siguen en los por cientos de ocurrencia, dejando en menor nivel a las lesiones causadas por agentes externos. Para una mejor comprensión de lo comentado, apreciar la figura 45 donde se muestran los valores porcentuales, de la incidencia general por grupo de lesiones en todas las cubiertas.

El nivel de deterioro de las cubiertas, teniendo en cuenta la cantidad de lesiones que en ellas se presentaban independientemente de su gravedad, fue comparado porcentualmente (figura 46). Este estudio dio a conocer que la edificación con el mayor número de deterioros con un 30 % es el Edificio 2 y la de menor con un 19 % es el Edificio 1, aunque cabe destacar que la impermeabilización con enrajonado y soladura de este último no cumple su función, debido a que fue revestida erróneamente con una capa de mortero de base cementicia para mitigar daños y que aún, con esta nueva capa, continúan agravándose.



Figura 45: Incidencia general del tipo de lesión.

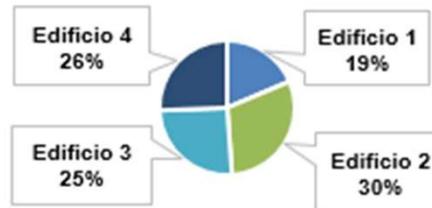


Figura 46: Deterioro de las cubiertas.

La calificación del estado técnico de las cubiertas de forma general es de regular a malo. El tipo de mantenimiento que se propone realizarles, después de analizar las fichas técnicas de toda la impermeabilización, sería mediante una reparación mayor; los resultados se reflejan en la tabla 6.

Tabla 6: Resultados de las fichas técnicas de cubiertas

	Edificio 1	Edificio 2	Edificio 3	Edificio 4
Estado técnico	Regular	Malo	Malo	Regular
Mantenimiento	Reparación Mayor			

6. Conclusiones

Las edificaciones de la Comunidad Canasí se sometieron a un proceso patológico mediante métodos organolépticos. Para esto se identificaron y caracterizaron sus elementos estructurales resultando los cimientos, vigas de cerramiento, escaleras y balcones construidos in situ y las columnas, paneles para muros y losas de entepiso prefabricados. De estos elementos, los más afectados son los entrepisos (23%), balcones (20%) y escaleras (13%). Las principales causas que han originado los deterioros existentes son: la presencia de humedad proveniente del deterioro de los sistemas de cubierta y la corrosión de las barras de refuerzo de los elementos estructurales. Además, durante la investigación se detectaron los principales deterioros existentes en las cuatro edificaciones objeto de estudio y la frecuencia de aparición de estas, resultando las de mayor incidencia (100%): la falta de pintura y la existencia de grietas y fisuras en uniones entre losas prefabricadas de hormigón armado que conforman los entrepisos, siendo esta última la de mayor criticidad (Alta Criticidad - 6%).

El sistema de impermeabilización de las cubiertas de las cuatro edificaciones estudiadas se identificó y caracterizó como enrajonado y soldadura, una de las cuales fue re-impermeabilizada con mortero de base cementicia que modificó totalmente el sistema original; así como las principales lesiones existentes en las cubiertas resultando las de mayor frecuencia (100%): losas partidas, ausencia de zabaletas, grietas y/o fisuras en losas y juntas y presencia de vida vegetal. No existen accesos seguros a las cubiertas que permitan realizar las acciones de mantenimiento necesarias de forma sistemática.

7. Agradecimientos

A los habitantes de la Comunidad Canasí por contribuir, aún en tiempo de pandemia, a la realización de esta investigación permitiendo el acceso a cada rincón de sus hogares.

- [1] L. Medina Sánchez y R. Rodríguez García, «Sistemas Sandino,» de *Sistemas constructivos utilizados en Cuba*, vol. I, La Habana, ENPES Ministerio de Educación Superior., 1986, pp. 36-49.
- [2] D. González Couret, «Medio siglo de vivienda social en Cuba,» *Revista INVI*, vol. 24, n° 67, pp. 69-92, noviembre 2009.
- [3] D. González Couret, «La industrialización de la vivienda en Cuba. Década del 70,» *Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo*, vol. 1, n° 42, pp. 34-47, enero-abril 2021.
- [4] O. Álvarez y P. Tejera, «Patología y reparación de estructuras de hormigón armado. Patología y reparación de cubiertas,» de *Conservación de Edificaciones*, vol. II, La Habana, Félix Varela, 2013, pp. 1-65; 66-137; 165-187.
- [5] F. Sánchez Rodríguez, L. A. Pinheiro da Camara de Queiroz, F. Sánchez García, A. Araujo Bertini y L. Teixeira Pinheiro, «Manifestaciones patológicas en viviendas de interés social,» *Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo*, vol. 3, n° 41, pp. 17-29, 2020.
- [6] L. Pérez Quiñones y M. Llanes Pérez, «Propuesta de metodología para la evaluación constructiva de edificios,» *Revista Ciencia y Construcción*, vol. II, n° 3, pp. 52-63, septiembre 2021.
- [7] J. J. Howland Albear y A. Catañeda Valdés, «Las deformaciones y los agrietamientos en las estructuras de hormigón,» de *El ambiente agresivo costero en la Habana y su impacto sobre las estructuras de hormigón armado*, La Habana, Científico-Técnica, 2017, pp. 43-51.
- [8] NC-250, «Requisitos de durabilidad para el diseño y construcción de edificaciones y obras civiles de hormigón estructural,» Buró Nacional Cubano de Normas, 2005.
- [9] Centro de Estudios de Construcciones y Arquitectura Tropical (CECAT), Universidad Tecnológica de la Habana, «Studylib,» 2017. [En línea]. Available: <https://studylib.es/doc/8877006/conf-7-sistemas-constructivos-viviendas-unifamiliares-sandino-y-simplex>.
- [10] J. J. Howland Albear, F. C. A. C. y R. M. , «Estudio de la agresividad corrosiva de la atmósfera para el acero de refuerzo embebido en el hormigón armado en la Habana,» *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, vol. 35, n° 2, pp. 173-188, 2015.
- [11] M. C. Buajasán Gómez, V. Álvarez Isidrón, A. L. Castillo Castillo, M. Marrero Oliva, N. R. Lbzovski y R. Salazar Díaz, «Manual de Reparación y Mantenimiento de Edificaciones del Centro Histórico de la Habana,» La Habana, 2014.
- [12] P. R. Do Lago Helene, «Manual de reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto,» A.C México, 1997. [En línea]. Available: ISBN 968-464-005-6.
- [13] O. T. Rincón, A. R. Carruyo, C. Andrade, P. R. L. Helene y I. Díaz, «Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado,» *Durabilidad de la armadura DURAR*, vol. Red temática XV. B., 1997.
- [14] NC-140, «Ejecución de impermeabilización de cubiertas mediante sistema de enrajonado y soldadura. Código de buenas prácticas,» Buró Nacional Cubano de Normas, 2002.
- [15] NC-141, «Diseño y construcción de impermeabilización de cubiertas mediante el sistema de enrajonado y soldadura. Especificaciones,» Buró Nacional Cubano de Normas, 2002.
- [16] Ministerio de la Construcción, , Política de la vivienda en Cuba, La Habana: MICONS, 2018.