



**GESTIÓN DE ACTIVOS DE INFRAESTRUCTURA EN CONJUNTOS
RESIDENCIALES**

Jessica del Pilar Jiménez Celis

Código 10481723510

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá, Colombia

2022

**GESTIÓN DE ACTIVOS DE INFRAESTRUCTURA EN CONJUNTOS
RESIDENCIALES**

Jessica del Pilar Jiménez Celis

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

Ph.D. Edison Osorio Bustamante

Línea de Investigación:

Gerencial

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado Gestión de activos de infraestructura en conjuntos
residenciales, Cumple con los requisitos para optar
Al título de Ingeniero Civil.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá, junio 2022.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Objetivos	10
General	10
Específicos	10
Marco Teórico	11
Activos físicos	11
Plan de gestión de activos	11
Estructura de la gestión de activos	13
Ventajas de la gestión de activos	14
Infraestructura en Colombia.....	15
Torres de vivienda multifamiliar.....	16
Vida útil de las edificaciones	17
Mantenimiento	18
Mantenimiento preventivo.....	19
Mantenimiento correctivo.....	19
Patologías	20
Tipos de patologías.....	20
Niveles de riesgo según las patologías	23
Estado del conocimiento	25
Diseño metodológico	30
Caso de estudio.....	31
Ubicación.....	31
Nivel de amenaza sísmica.....	32
Ejecución.....	33
Análisis y resultados	40
Plan de gestión de activos para torres de vivienda.....	45

Intervenciones.....	46
Intervenciones recomendadas para reparación	46
Intervenciones recomendadas para conservación.....	48
Frecuencia.....	51
Estimación de Costos	54
Conclusiones	55
Referencias Bibliográficas.....	57

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1	13
Figura 2	13
Figura 3	14
Figura 4	15
Figura 5	21
Figura 6	22
Figura 7	23
Figura 8	25
Figura 9	26
Figura 10	31
Figura 11	32
Figura 12	34
Figura 13	35
Figura 14	36
Figura 15	37
Figura 16	38
Figura 17	39
Figura 18	40
Figura 19	41
Figura 20	41
Figura 21	42
Figura 22	42
Figura 23	43
Figura 24	43
Figura 25	44
Figura 26	44
Figura 27	45
Figura 28	45
Figura 29	46
Figura 30	49
Figura 31	49

Lista de tablas

Tabla 1	23
Tabla 2	30
Tabla 3	33
Tabla 4	37
Tabla 5	39
Tabla 6	50
Tabla 7	50
Tabla 8	52
Tabla 9	54
Tabla 10	54
Tabla 11	54

Resumen

Los conjuntos residenciales son uno de los activos más valiosos, que brindan a las personas refugio, instalaciones para trabajar, educación entre otras, por lo que es necesario realizar un gran esfuerzo para garantizar que estas edificaciones se mantengan de manera efectiva y tengan un rendimiento óptimo para mejorar su vida útil, así como para cumplir con las normas, los estándares de salud y seguridad, esto garantizará una mayor fiabilidad, seguridad, función, comodidad y conveniencia para los usuarios (Martínez-Barrios, 2016).

El desarrollo de los planes de gestión de activos en los conjuntos residenciales debe ser puntual y específico para cada conjunto residencial, puesto que depende de varios factores como; ubicación, tipo de construcción, materiales de construcción entre otros, y siempre debe ser realizado por un ingeniero civil quien tiene el conocimiento para identificar patologías y dar un concepto acerca de estas. Para la investigación en el caso de estudio la metodología que se utilizó es cualitativa, debido a que es un método para recoger y evaluar datos no estandarizados porque se realiza de manera visual con el fin de identificar y evaluar las patologías encontradas en las torres del conjunto residencial caso de estudio, y con esto realizar un análisis para su adecuado mantenimiento y evitar deterioro de las estructuras.

Abstract

Residential sets are one of the most valuable assets, providing people with shelter, facilities for work, education, among others, so it is necessary to make a great effort to ensure that these buildings are maintained effectively and have optimal performance to improve their useful life, as well as to comply with regulations, health and safety standards, this will ensure greater reliability, safety, function, comfort and convenience for users (Martínez-Barrios, 2016).

The development of asset management plans in residential sets must be punctual and specific for each residential set, since it depends on several factors such as; location, type of construction, construction materials among others, and it must always be carried out by a civil engineer who has the knowledge to identify pathologies and give a concept about them. For the research in the case study the methodology used is qualitative, because it is a method to collect and evaluate not standardized data because it is done visually in order to identify and evaluate the pathologies found in the towers of the residential set case study, and with this to perform an analysis for proper maintenance and prevent deterioration of the structures.

Introducción

La implementación de un plan de gestión de activos ayuda a identificar con anticipación los signos de deterioro, actuando antes de que se generen patologías en los elementos que conforman un conjunto cerrado. A través de acciones de mantenimiento regulares, se evitan anomalías inesperadas, se minimiza el trabajo adicional y existe una mínima intervención de la estructura. Para planificar acciones preventivas, es necesaria una amplia información sobre cada elemento, en relación con la vida útil, el rendimiento en servicio, los patrones de deterioro, las operaciones de mantenimiento adecuadas y los costos.

El objetivo principal de la implementación de un plan de gestión de activos es maximizar el valor de los activos, reduciendo la intervención de las estructuras. Esta está relacionada estrechamente con el mantenimiento, sin embargo, son áreas diferentes ya que el mantenimiento busca mejorar de forma física las estructuras mientras que la gestión de activos permite identificar y dar prioridad a las actividades que requieran anticipadamente y así evitar mayor deterioro. Estos planes, normalmente, se aplican en empresas u organizaciones para mejorar su productividad, lo que se busca con la propuesta, es que los activos del conjunto sean gestionados correctamente para cumplir con la vida útil con fue diseñado cada edificio, torre y demás zonas que componen el conjunto, minimizando costos y generando seguridad a los copropietarios.

Objetivos

General

Realizar un plan de gestión de la infraestructura sobre el conjunto caso de estudio con base en la información existente y una inspección visual.

Específicos

- Elaborar un estado de conocimiento sobre la gestión de la infraestructura física de los conjuntos residenciales como activos para aplicarlo sobre un conjunto caso de estudio.

- Determinar la importancia de la aplicación de la gestión de infraestructura de edificaciones como activos.

Marco Teórico

Activos físicos

Un activo es algo que tiene un valor real o un valor potencial para una institución, este valor variara dependiendo de la organización y sus interesados (ISO 55000, 2014).

Los activos son bienes adquiridos con los que se espera tener un beneficio, para el caso de un conjunto residencial; serán torres de vivienda, apartamentos, parqueaderos, andenes, portería, tanque, subestación entre otros, por ejemplo, un apartamento es adquirido por una familia con el fin de mejorar su calidad de vida, ese es el beneficio principal que va a obtener, ahora el alcance del sistema de la gestión de activos es lograr la calidad de vida esperada por este apartamento sea la mejor posible, es garantizar que la familia que obtuvo el apartamento pueda disfrutar de él sin preocuparse por humedad, fisuras, hongos o cualquier eventualidad que pueda suceder derivado del mal estado de un apartamento o torre de apartamentos, además de tener rentabilidad sobre él, al mantenerlo de la manera adecuada. (Izaddoost et al., 2021).

Plan de gestión de activos

Los planes de gestión de activos se definen como información registrada de acuerdo con la Norma (ISO 55000, 2014) que identifica las actividades, los recursos y el tiempo necesarios para que un activo individual o un grupo de activos logre los objetivos de la organización, con interrelaciones de las distintas áreas (operaciones, mantenimientos, costos, personal, logística, etc.) permiten una adecuada gestión del riesgo para la creación de valor para la organización.

El plan de gestión de activos es fundamental para implementar estrategias de mantenimiento proactivo durante la vida útil de los elementos del edificio el cual debe basarse en una evaluación detallada del deterioro actual de la planta física, además contener toda la

información esencial para prevenir y monitorear el desempeño y estado de los activos del conjunto. Para gestionar de manera eficiente los recursos y los costos, el sistema de gestión de activos debe estar bien estructurado y documentado (Harris & Fitzgerald, 2017).

Una apropiada gestión de activos permite a las empresas racionalizar sus recursos y garantizar que el rendimiento de los activos no disminuya con el tiempo, sobre todo en cuanto a la calidad del servicio, basado en la aplicación sistemática de métodos y estrategias que permiten la medición de valor y riesgos de acuerdo con los objetivos estratégicos de la organización. Para lograr un mayor grado de confiabilidad en las instalaciones, la gestión de activos debe centrarse en la mejora, optimización de los costos por mantenimiento y maximizar la vida útil de los activos y cumplir con los requisitos que se muestran en la Figura 1 (ISO 55000, 2014).

Para lograr este propósito, se toman como base la norma (ISO 55001, 2014) que especifica los requisitos para un sistema de gestión de activos y la norma (ISO 55002, 2018) que detalla requisitos técnicos específicos de un sector de activos o actividad técnica específica y orientaciones sobre cómo se debería interpretar y aplicar la norma dentro de un sector específico, estas normas son las que dan los parámetros generales para la implementación de sistemas de gestión de activos, y se centran en ayudar al desarrollo de estos sistemas, entendiendo que este proporciona un enfoque estructurado de mejores prácticas para extender el ciclo de vida de los activos. De acuerdo con estas normas, se requiere de cierta información documentada, la cual debe ser información dada por la organización y la información obtenida de resultados de evaluación, también determina que se debe realizar un portafolio de activos, en el que se haga una división de acuerdo con su categoría, como torres, andenes, parqueaderos, etc. Con esta información se puede obtener un balance de oportunidades y beneficios de desempeño de los activos.

Figura 1

Requisitos de un sistema de gestión de activos

Nota: Basada en (ISO 55000, 2014)

Estructura de la gestión de activos

Para que un plan de gestión de activos se lleve a cabo correctamente, se debe tener en cuenta la estructura mostrada en la Figura 2 de acuerdo con los parámetros indicados en la (ISO 55002, 2018).

Figura 2

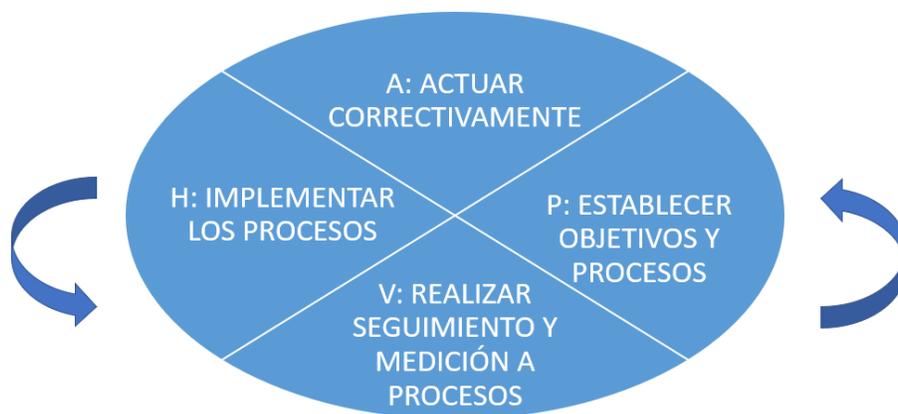
Estructura para la aplicación de un sistema de gestión de activos

Nota: Basada en (ISO 55002, 2018)

De acuerdo con la norma de sistemas de gestión de la calidad (ISO 9001, 2015), para obtener la información de manera adecuada se recomienda la aplicación del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), este enfoque permite planificar los procesos y asegurarse que se gestionen adecuadamente. Este ciclo fue creado por el físico estadounidense Walter Andrew Shewhart en la década de 1920, posteriormente en la década de los 50, el estadista también estadounidense, Edwards Deming propuso una mejora significativa que llevó el ciclo a una expansión a otros países con el fin de realizar control de calidad, gracias a esto en el año 1951, Japón creó el premio nacional de calidad Deming. El ciclo PHVA ha sido utilizado ampliamente para la mejora de los procesos; por ello, es adecuado pensar que es una herramienta útil para la gestión de proyectos (Martins, 2021).

Figura 3

Estrategia PHVA.



Nota: Basada en (Martins, 2021).

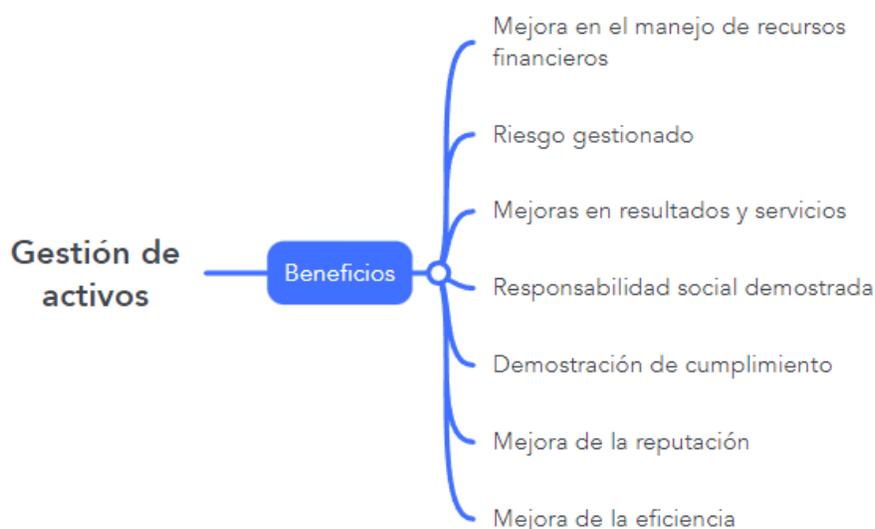
Ventajas de la gestión de activos

El éxito de un plan de gestión de activos debe ser medido por los resultados que obtienen del mismo, y la aplicación de este sistema genera diferentes beneficios que se muestran en la

Figura 4, el desarrollo se puede realizar siguiendo un plan claro, puntual y preciso, con apoyo gráfico para que sea más fácil de asimilar y usando fuentes de datos confiables. Las organizaciones que implementan estas prácticas de gestión de activos tienen un nuevo componente en su cultura que les permite reconocer y adaptarse a nuevas oportunidades y situaciones (Abu-Elanien, 2010).

Figura 4

Beneficios de un plan de gestión de activos



Nota: Adaptada de (Henderson, 2014)

Infraestructura en Colombia

De acuerdo con la normativa vigente para la construcción sismorresistente que rige en Colombia, se tienen tipos de sistemas constructivos con los que se construyen diferentes edificaciones los cuales se describen en la norma (NSR, 2010), estos tipos son; mampostería estructural, que es un sistema basado en la disposición de unidades de mampostería (bloque o ladrillo) unidas con mortero de pega y reforzada internamente con varas de acero, la

especificación de cada uno de estos materiales lo determina el título D (NSR, 2010), y el sistema industrializado el cual se conforma por concreto estructural y varas de acero para reforzarlo, igual que en el sistema anterior estos materiales deben cumplir ciertas especificaciones que están dadas en el título C (NSR, 2010), según el sistema constructivo y materiales, se podrá determinar la vida útil de una estructura que de acuerdo con la norma (NSR, 2010), está en el orden de 50 a 60 años, sin embargo, algunos componentes de la estructura, tales como materiales de las juntas, pueden tener una expectativa de vida menor y seguramente requerirán mantenimiento o reemplazo con el tiempo.

Teniendo en cuenta los diferentes métodos constructivos y los materiales utilizados en la construcción de edificaciones, factores de degradación a los que están expuestas las construcciones, y la intensidad con que cada uno de ellos puede afectarla se concluye que cada construcción evoluciona de forma diferente en el tiempo. Por esto, es de vital importancia garantizar la vida útil de las edificaciones, para que sean aprovechadas de la mejor manera por sus habitantes. (Harris & Fitzgerald, 2017).

Torres de vivienda multifamiliar

Las torres de apartamentos son el activo físico más importante de un conjunto residencial y siempre están expuestas a las diferentes condiciones climáticas, de deterioro y de contaminación, su deterioro o su durabilidad dependerán de los materiales en que se construyó y del cuidado que se tenga. Para definir el adecuado mantenimiento a realizar, se debe identificar la patología que puede presentarse, estos normalmente se identifican de manera visual, entre los que se pueden presentar están las fisuras, manchas de humedad, fluorescencia, desprendimiento

de mortero en el caso mampostería estructural, desprendimiento de pintura de acabado entre otras (Cortes B, 2017).

Es importante recordar que las constructoras generan un tiempo de garantía definido como postventa para resarcir los daños que se evidencien durante un periodo de 10 años el cual es definido por el código civil, donde se especifican las responsabilidades del constructor, posterior a este tiempo se deben realizar los procesos adecuados para garantizar el buen estado de los inmuebles, también vale la pena resaltar que durante el tiempo de postventas no todos los daños evidenciados serán responsabilidad de la constructora, dependerá del adecuado cuidado que se le dé a los inmuebles (Código Civil, 2016).

Vida útil de las edificaciones

A lo largo de la vida útil de una edificación, sus elementos constructivos deben presentar los niveles de rendimiento definidos en la etapa de diseño, contribuyendo al cumplimiento de las necesidades de los habitantes, por ende, se debe tener en cuenta procesos de planificación en cuanto a mantenimientos, esto solo es posible después de analizar el rendimiento de los elementos del conjunto residencial, la vida útil prevista, las necesidades de mantenimiento, los modelos de deterioro y las anomalías más frecuentes. Con la tendencia a centrarse en lo nuevo a menudo se descuidan los activos antiguos, mientras que los nuevos se construyen sin poner en marcha marcos eficaces de gestión de activos. Se calcula que la falta de inversión en el mantenimiento de las infraestructuras cuesta a algunos países en desarrollo hasta un 2% de crecimiento del PIB (ONU, 2021).

La vida útil de una estructura se puede definir como el período durante el cual una estructura o parte de ella se utilizará para el propósito previsto con mantenimiento anticipado,

pero sin que sea necesaria una reparación importante. La vida útil se relaciona con una condición de estado límite de servicio (Li, 2016).

Mantenimiento

En Colombia la ley 675 de 2001 (Ley 675, 2021) es la que enmarca los parámetros para la vivienda horizontal y establece como la administración delegada es responsabilidad de los copropietarios. La manera de realizar la selección de la administración es dada por documento interno del conjunto residencial según lo designe la asamblea general de copropietarios.

Partiendo de esto la ley no establece claramente los elementos para un mantenimiento de ningún espacio compartido dentro de la propiedad horizontal, únicamente establece las características jurídicas que tendrá la propiedad. Además, de acuerdo con la resolución 620 del 2008 está establecida la vida útil de las edificaciones en su Artículo 2° - Parágrafo “Para inmuebles cuyo sistema constructivo sea muros de carga, la vida útil será de 70 años; y para los que tengan estructura en concreto, metálica o mampostería estructural, la vida útil será de 100 años.” (IGAC, 2008).

Con una mirada más enfocada en el mantenimiento a nivel nacional, quienes realizan los mantenimientos son empresas que directamente son contratadas por la administración; pero estas empresas realizan trabajos de mantenimientos correctivos lo que hace que los costos en los trabajos ejecutados sean más elevados. Los manuales o guías de recuperación y mantenimiento de edificaciones son elementos individuales para cada construcción y no exigidos por la norma colombiana. Para poder construir un plan de gestión de activos es necesario recurrir a documentos en donde se establece la manera de construir. Es esencial para las administraciones prepararse adecuadamente antes de solicitar una inspección visual de los edificios del conjunto

residencial del cual hagan parte; ya que se requiere información clara y precisa para el profesional que realiza la inspección (García, 2006).

En los conjuntos residenciales no siempre se realizan los respectivos ni adecuados mantenimientos por falta de conocimiento técnico del personal encargado, ya sean administradores o propietarios, por lo tanto, no saben cuáles son los aspectos que deben considerarse en para conservar los elementos y cumplir con su vida útil lo que resulta más costoso a largo plazo y se malgastan los recursos. Para realizar una adecuada gestión de activos en los conjuntos residenciales, lo ideal es realizar mantenimientos preventivos y no correctivos (CAMACHO, 2009).

Mantenimiento preventivo

Las estrategias de mantenimiento preventivo anticipan los signos de deterioro, actuando antes de que ocurra cualquier cambio físico o funcional significativo en los elementos que conforman un conjunto cerrado. A través de acciones de mantenimiento regulares, se eviten anomalías inesperadas, se minimiza el trabajo adicional y existe una interferencia mínima en la intervención de la estructura. Para planificar acciones preventivas, es necesaria una amplia información sobre cada elemento, en relación con la vida útil, el rendimiento en servicio, los patrones de deterioro, las operaciones de mantenimiento adecuadas y los costos. Esta estrategia de mantenimiento está altamente asociada con un comportamiento teórico, que puede no corresponder a condiciones reales de uso y, por lo tanto, debe ser monitoreado (Amaya, 2008)

Mantenimiento correctivo

Corresponde al deterioro avanzado y las acciones de emergencia, interviniendo después de las anomalías presentadas, poniendo a veces, en peligro la vida o la integridad de los usuarios.

Si bien, a corto plazo, una estrategia de mantenimiento correctivo puede parecer más barata, conlleva costos elevados, ya que se necesitan intervenciones urgentes y en profundidad, recurriendo generalmente a servicios de mantenimiento subcontratados (Amaya, 2008).

Patologías

Una patología es la afectación o deterioro sufrido por algún material, elemento o estructura y se suelen clasificar en función de su agente causante. (Fiol, 2014)

Tipos de patologías

Existen 3 tipos de lesiones que puede tener una estructura;

Químicas, que son daños originados debido a la reacción que se produce entre los componentes químicos de los materiales constructivos y los agentes atmosféricos, por los efectos de los elementos contaminantes y la acción de organismos vivos, como, por ejemplo; manchas, oxidación, eflorescencias.

Ejemplo de Manchas: La presencia de humedad en una edificación ya construida y habitada puede generarse debido a que se presentan zonas donde la lluvia puede permear la superficie, esto puede darse por diferentes motivos, por fisuras o por una insuficiente impermeabilización, cuando hay presencia de manchas es porque la humedad genero hongo o moho. (Ardila J, 2019).

Figura 5

Presencia de manchas.



Nota: Fotografía autoría propia, ubicación conjunto caso de estudio.

Mecánicas, que son lesiones que se producen debido a procesos mecánicos compuestos por fuerzas externas e internas que producen esfuerzos internos en los elementos que ponen la estructura. Por ejemplo; grietas, fisuras, deformaciones o desprendimientos.

Ejemplo de desprendimiento de materiales: Este se puede presentar de diferentes maneras, puede darse en algún elemento que compone la estructura o en algún tipo de acabado como pintura, garraplast entre otros, se presenta por falta de mantenimiento a los elementos y por desgaste de los materiales. el desprendimiento de materiales es peligroso debido a que puede provocar accidentes al caer sobre alguna persona. (NSR, 2010)

Figura 6

Desprendimiento de pintura



Nota: (Trillo G, 2018)

Físicas, que son fallas causadas por la acción de agentes físicos externos como agua, viento, movimientos, erosión o falta de mantenimiento, generando afectaciones como humedades, fisuras o erosiones. (Fiol, 2014)

Ejemplo de fisuras: son discontinuidades presentadas en cualquier elemento, sea muro, viga o losa y cada una de las ellas representan algún suceso anormal en la estabilidad o consistencia de los elementos. La aparición de fisuras se da en cualquier elemento estructural debido a muchos factores como movimientos inesperados del tipo asentamientos o expansiones de los materiales. y esto afecta la función de la edificación, dado a que hay pérdida de impermeabilidad, se puede desarrollar corrosión, descomposición y deterioro progresivo (Viviescas, 2010).

Figura 7

Fisura en mampostería estructural

Nota: Fotografía autoría propia, ubicación conjunto caso de estudio.

Niveles de riesgo según las patologías

Las patologías en torres de apartamentos se ven principalmente en el exterior debido a que esta zona está constantemente expuesta a factores climáticos, existen 3 niveles o grados de riesgo a la hora de clasificar los daños presentes que se explican en la Tabla 1. El nivel de riesgo debe ser determinado por profesionales capacitados, para así determinar las acciones a realizar (Trillo G, 2018). Se pueden clasificar de acuerdo con el estado en que se encuentren, y dependiendo de su nivel se determinara el tiempo y las acciones a realizar. (Rodríguez, 2004)

Tabla 1

Niveles de riesgo por patologías presentadas.

Primer grado	Corresponde a daños estéticos que no suponen ningún peligro para los habitantes y que se pueden solventar fácilmente con actividades de mantenimiento.
Segundo grado	Se da cuando los daños afectan a la funcionalidad y salubridad de la edificación, aunque no afectan a la estabilidad de la estructura. En estos casos se deben realizar labores de reparación y rehabilitación.

Tercer grado Es cuando los daños afectan a la estructura de la edificación y ponen en riesgo su estabilidad. En este caso existe un peligro inminente para las personas que habitan el edificio y se debe realizar una rehabilitación urgente del edificio.

Nota: (Trillo G, 2018)

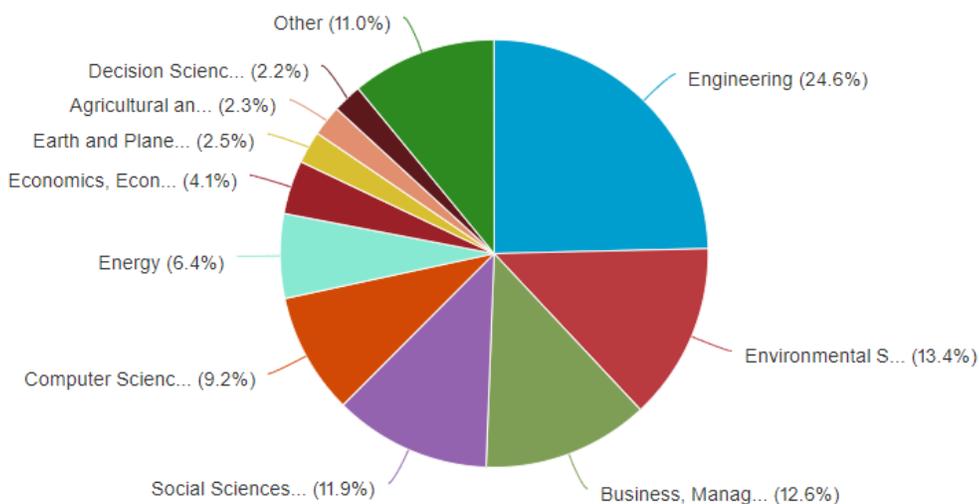
Estado del conocimiento

Se realizó consulta de estudios académicos que aborden el tema de la gestión de activos en la construcción en la base de datos Scopus de la Universidad Antonio Nariño en la que se encontró gran cantidad de información respecto a la gestión y el mantenimiento, se obtuvieron 737 registros con el uso de palabras clave; asset management (gestión de activos), life cycle (ciclo de vida), maintenance (mantenimiento), project management (gestión de proyectos), building maintenance (mantenimiento de edificaciones), asset management system (sistema de gestión de activos), building management system (sistema de gestión de edificaciones), construction management (gestión de la construcción).

Figura 8

Análisis de documentos generados acerca de la gestión de activos en general

Documents by subject area

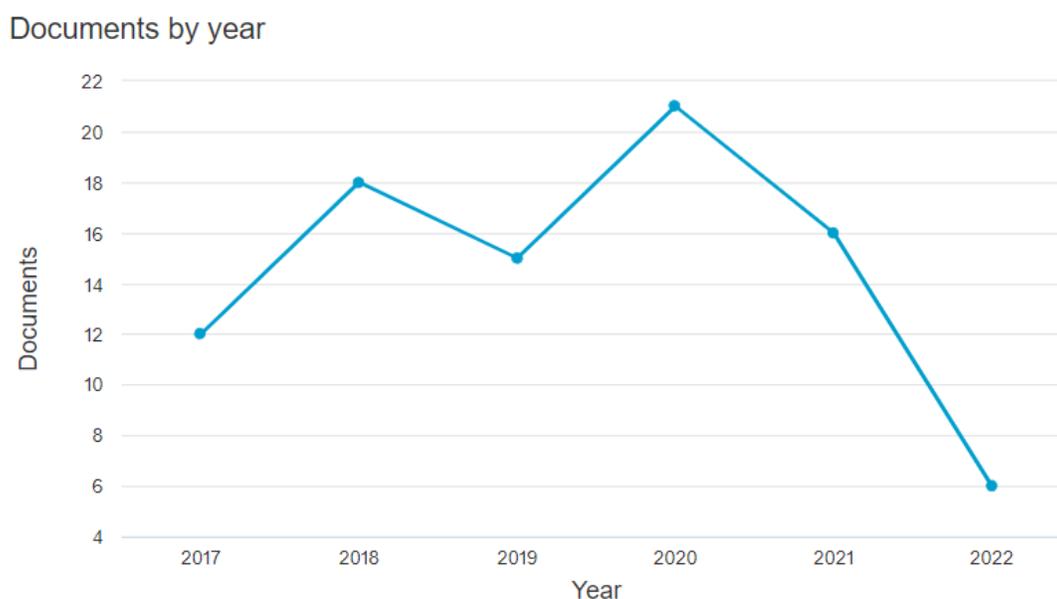


Nota: Grafica tomada del análisis de la base de datos Scopus.

Revisando los artículos e información relacionada en la Figura 8, se encontró que esta tiene un enfoque hacia las empresas y su funcionamiento, también hacia mantenimiento de maquinarias, es por esto que se realizó una búsqueda más puntual con delimitación de años de publicación, a los últimos 5 y se limitó al área de ingeniería de acuerdo con lo relacionado en la Figura 9, se obtuvieron 39 referencias, se evidencio que en el año 2021 hubo una mayor investigación en el tema de la gestión de activos, de acuerdo con el Managing Infrastructure Assets for Sustainable Development esto puede deberse a la crisis del COVID-19 debido a que se da visibilidad a la gestión de activos en cómo impacta la capacidad que tiene la infraestructura en el desarrollo sostenible y en situaciones de emergencia (ONU, 2021).

Figura 9

Análisis de información obtenida con las palabras clave en los últimos años.



Nota: Información tomada de la base de datos SCOPUS.

Referente a la información obtenida se evidencia la importancia de identificar patologías, con el fin de generar a tiempo las medidas de adaptación e identificar los posibles riesgos que

estos puedan generar, de acuerdo con Scussolini esto será una óptima solución que puede resolver posibles conflictos, ya que basándonos en los resultados obtenidos en la identificación de patologías, se pueden diseñar posibles soluciones y generación de estrategias para tratar con inconvenientes futuros (Ugarelli, 2022) Es importante resaltar que los impactos en las edificaciones dependen en gran medida de los escenarios climáticos y socioeconómicos, por lo cual se debe tener un plan de acción de acuerdo con las situaciones que se puedan generar e identificar posibles gastos para minimizar el impacto (Nepal, 2021).

A la hora de iniciar las intervenciones en las edificaciones es necesario elegir adecuadamente las zonas o elementos en que se van a invertir los recursos, lo ideal es establecer un fondo que este destinado para estas actividades, para esto se debe tener en cuenta beneficios y rendimientos, para así poder desarrollar las actividades de la mejor manera, es por esto que es muy importante asignar el gestor de proyecto adecuado, para que los recursos sean utilizados de forma eficaz (Izaddoost, 2021), es de vital importancia generar estrategias de planificación, basadas en la identificación de puntos específicos donde se requieran mejoras, no hay que centrarse en el problema y sus implicaciones, hay tener la responsabilidad para toma de decisiones de forma que se genere una planificación (Rönkkö, 2017).

La implementación de la gestión de activos abarca tres pasos críticos, el primer paso es la formación de objetivos estratégicos alineados con los intereses de la estructura o para este caso, del conjunto residencial, en segundo lugar está la evaluación del estado actual de la infraestructura, como la antigüedad y el estado de los activos, así como la vulnerabilidad de estos a amenazas, desde el punto de vista de durabilidad de la estructura, las probabilidades de estas amenazas se pueden monitorear a lo largo del tiempo para que se puedan aplicar medidas de intervención cuando sea necesario y el tercer paso es la aplicación física de prácticas de gestión

de activos, como reparaciones, actualizaciones y reemplazos continuos en función de la condición actual o programada de los activos (Eweda, 2021) Los procesos de gestión de activos deben guiarse por la evaluación y el mantenimiento continuos de la infraestructura para que funcione de manera adecuada y satisfaga las necesidades de los residentes. El mantenimiento y las actualizaciones efectivos pueden reducir las consecuencias adversas que hayan sido identificadas, de acuerdo con (Yiğit & Özorhon, 2017) el estudio de caso que refiere identifica diferentes componentes de las activos y su administración incluyendo qué beneficios ha traído y cómo se puede mejorar.

Los resultados del análisis realizado Filipinas, muestran que la capacidad de compartir conocimientos está positivamente relacionada con la innovación, y la capacidad de aprendizaje organizacional media complementa los efectos del intercambio de conocimientos sobre la innovación (“Building Assets and Innovation through Organizational Collectivism: Lessons from Outsourced Service Providers in the Philippines,” 2017).

Estas soluciones deberían ser, preferiblemente, grupales, sistémicas e involucrar estrategias, procesos, planes y actividades con el objetivo de obtener el mejor valor de la base de activos a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura. Los activos de infraestructura involucran a múltiples partes interesadas, como los propietarios, los operadores, administradores y los usuarios, el mayor desafío es cumplir con los requisitos y expectativas de las diferentes partes interesadas lo ideal es tener en cuenta la optimización de costos, minimizar riesgos y mejorar el rendimiento en la generación de valor a lo largo del ciclo de vida de la estructura (Trindade, 2017).

Según (Morrison, 2019) en su artículo enfocado a la vivienda en Londres, se deben identificar estrategias para asumir los desafíos que se generan diariamente por diferentes

circunstancias, también, para una gestión eficaz, la estimación de los daños, son un requisito importante.

La mayoría de las estructuras son duraderas y funcionan satisfactoriamente, el nuevo desafío es el de extender la durabilidad varios años más, para esto se deben analizar problemas de sostenibilidad y el impacto ambiental de la construcción para que surjan soluciones duraderas. Lograr una durabilidad adecuada se requiere, no solo buena ciencia e ingeniería para resolver los problemas técnicos, sino también una apreciación del papel de la en el contexto social más amplio: el valor social de la infraestructura. Aquí, los ingenieros deben desempeñar un papel mucho más importante en la defensa de un enfoque de mayor valor para la provisión de infraestructura, teniendo en cuenta directamente la durabilidad (JR Mackechnie, 2020).

Se necesitan pruebas y parámetros que reflejen los factores de deterioro que controlan la velocidad, como los componentes del material, la calidad de los terminado y la agresividad del medio ambiente, las especificaciones de durabilidad deben basarse en la medición de las propiedades de la zona a evaluar, lo que permitirá dar especificaciones innovadoras de manera personalizada para cada zona (Norma Técnica Colombiana, 2008).

Los autores (Li, 2017) y (Sharifi, 2020) coinciden en que la planificación para la gestión de activos contribuye al desarrollo de las ciudades y maximiza el valor de las edificaciones.

Diseño metodológico

En la Tabla 2 se explican las actividades realizadas con la aplicación del ciclo PHVA para conseguir de manera adecuada la información requerida y poder realizar en análisis del estado del activo objeto de estudio.

Tabla 2

Ciclo PHVA en el conjunto residencial caso de estudio.

Paso del ciclo	Acción por realizar
Planear	Se realiza identificación del conjunto residencial objeto de análisis, en el que se determina; sistema constructivo, tiempo de uso, mantenimientos realizados, se solicita información recibida por parte de la constructora, en caso de que exista, se analizará la especificación de los materiales, fichas técnicas entre otros.
Hacer	Se realiza un recorrido en el conjunto residencial objeto de análisis, en el que se hace una inspección visual y minuciosa para identificar el estado actual de las torres de apartamentos, con la utilización de una lista de verificación que describa las patologías de la estructura (así como identificar posibles causas, repetitividad y dimensiones de las afectaciones que se evidencien).
Verificar	En este paso se hizo el comparativo de los resultados obtenidos en el recorrido por la estructura del conjunto residencial, versus el estado que debería tener de acuerdo con el material y el tiempo de uso.
Actuar	Este es el paso final del ciclo, en el se genera la descripción de las patologías encontradas y su causa para identificar que se debe optimizar para cumplir con la vida útil de la estructura. Esto permite mejorar continuamente los procesos, ayuda a reducir costos, a realizar seguimientos y medición de daños constantemente.

Nota: Tabla de autoría propia.

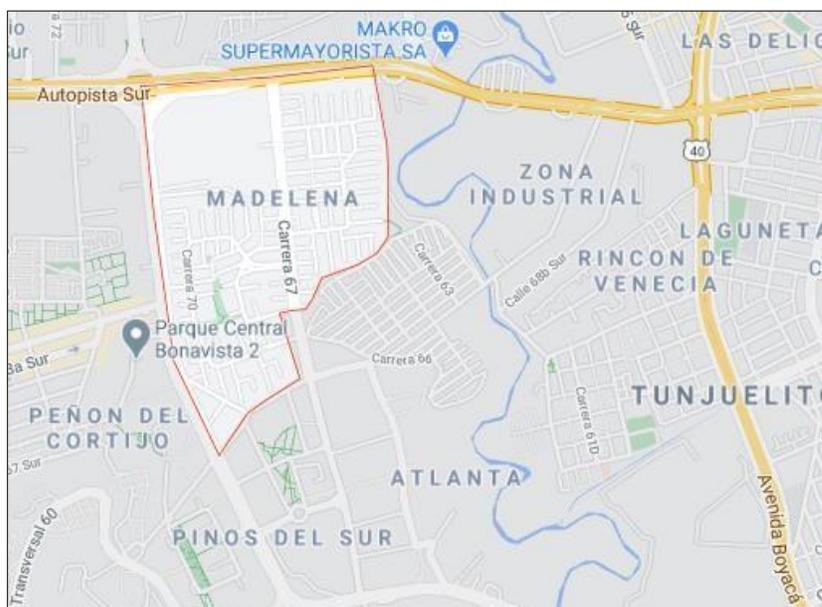
Caso de estudio

Ubicación

El caso de estudio es un conjunto, que tiene 12 años de haber sido construido, ubicado en el barrio Madelena ver Figura 10, pertenece a la UPZ 65 Arborizadora, es el barrio en su mayoría residencial con mayor valorización al sur de Bogotá, además que en los últimos años se han construido en sus periferias dos centros comerciales y tiene cerca sitios de interés como la sede tecnológica de la universidad Distrital Francisco José de Caldas, tiene varias vías de acceso, como la avenida Villavicencio, la Autopista Sur y la avenida Gaitán Cortés, que permiten a los habitantes un fácil desplazamiento a cualquier lugar de la ciudad (Alcaldía local de Ciudad Bolívar, 2016). En el año 2010 se inició la construcción de este conjunto VIS (vivienda de interés social) de estrato medio, el cual tiene 17 torres de 6 pisos cada una para un total de 408 apartamentos, construidas en mampostería estructural.

Figura 10

Ubicación Madelena, Bogotá.

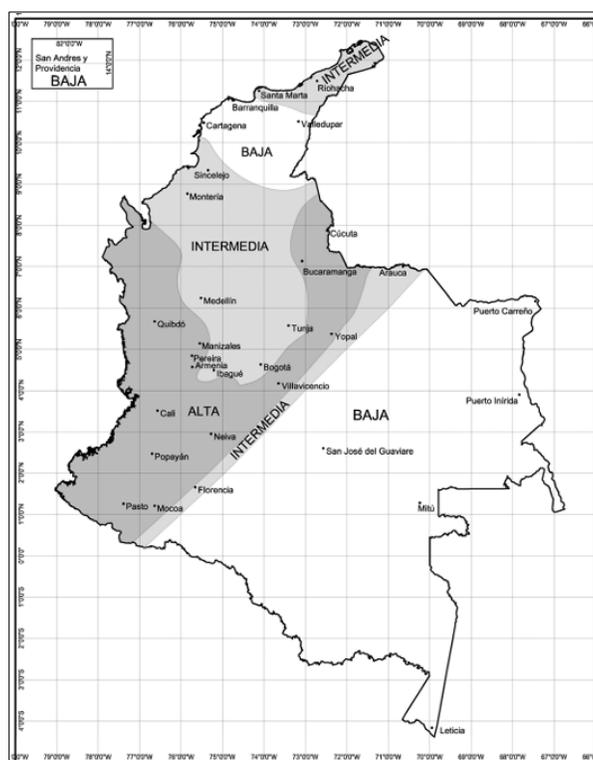


Nivel de amenaza sísmica

Los movimientos sísmicos pueden determinarse con base en el mapa de zonificación sísmica en función de A_a y A_v que se muestra en la Figura 11, también se puede determinar el valor de A_a y A_v de acuerdo con la localización del conjunto residencial. De acuerdo con la nomenclatura descrita en la norma sismorresistente A_a corresponde al coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva y A_v al coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva (NSR, 2010).

Figura 11

Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_a y A_v



Nota: Mapa tomado del Título A (NSR, 2010)

Tabla 3

Valor de Aa y Av para Bogotá D.C

Ciudad	Aa	Av.	Zona de Amenaza Sísmica
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia

Nota: Tabla tomada del Título A (NSR, 2010)

Por lo cual se determina que el conjunto se no se encuentra en una zona propensa a la afectación por sismos fuertes, por tanto, las patologías halladas no son producto de movimientos de la estructura, estas pueden ser producto del deterioro natural de los elementos, alguna patología en particular o puede ser por falta de mantenimiento.

Ejecución

La metodología que se utilizó para este proyecto es cualitativa, debido a que es un método para recoger y evaluar datos no estandarizados, basados en alguna cualidad o característica de algún elemento, en ese caso de las torres de apartamentos, por tanto, los resultados no son medibles en números, pero si son analizables.

En primer lugar, se debe consideraran las características del conjunto y las torres de vivienda, se describe todas las características de las torres, número de pisos, número de apartamentos, nombre del conjunto, en fin, cualquier dato que sirva para la posterior identificación, esta información se registró en la lista de revisión mostrada en la Figura 16. Este primer paso se denomina proceso de evaluación e inspección y es de gran ayuda para la elección de las acciones de mantenimiento y del plan de gestión de activos del conjunto residencial. Se continúa como segundo paso con la elaboración del plan de gestión de activos, con la selección de acciones de mantenimiento, que se realizó a partir del análisis de cada elemento y de la

determinación de cuál es el procedimiento y material más adecuado para su reparación, en ellas aparecerán, tanto las actuaciones obligatorias que se le estipulan en la normativa que las rija, como, las actuaciones recomendadas para el correcto mantenimiento de la edificación en la Figura 12 se presentan las etapas y la descripción de las actividades realizadas para la ejecución de esta investigación.

Figura 12

Etapas de ejecución del proyecto



Nota: Tabla de autoría propia.

Para dar alcance a la primera etapa, se realizó investigación de la información y estado actual del conjunto residencial objeto de estudio, se indago con la administración encargada sobre los mantenimientos realizados en el último año y sus costos, con esto se evidencio que las zonas con mayor intervención son los parqueaderos, pasos peatonales y mantenimiento de puertas, las cuales no fueron entregadas por la constructora, si no fueron instaladas posteriormente por la administración.

La intervención realizada en los parqueaderos se originó porque, desde la entrega del conjunto residencial, no se había realizado ningún tipo de intervención ni de mantenimiento por lo que se tuvo que realizar de manera correctiva, debido a que había bastantes zonas con

hundimientos y adoquines sueltos o fracturados, además, se realizó demarcación, cambio de reductores de velocidad y señalización. Es importante resaltar que el conjunto cuenta con 99 parqueaderos comunales para residentes, estos son para el uso de los propietario o arrendatarios que viven en el conjunto, para su asignación se hace un sorteo trimestral donde se asigna un parqueadero para este periodo de tiempo y genera un ingreso al conjunto de \$82.000 mensuales. Hay 5 para alquilar a los visitantes, los cuales se alquilan por hora y tiene un valor de \$1.000 y 2 para personas con movilidad reducida, además cuenta con 59 parqueaderos para motos, los cuales son únicamente para uso de residentes y tienen costo mensual de \$30.000.

El costo total por concepto de demarcación, cambio de reductores de velocidad y señalización se calculó en \$14.360.777 y el costo por el mantenimiento correctivo fue de \$55.000.000, para un total de \$69.360.777.

Figura 13

Parqueaderos comunales conjunto residencial caso de estudio.



Nota: Fotografía tomadas posterior a la intervención, ubicación conjunto residencial caso de estudio.

Así mismo, las puertas que se instalaron presentaron fallas de tipo eléctrico debido a que el sistema no funcionó de forma correcta, en consecuencia, se requirió el concepto de un ingeniero eléctrico, y esto junto con la reparación tuvo un costo de \$6.885.352. En este caso en particular, se puede ver claramente que es necesario el acompañamiento de un profesional especializado en el área que se vaya a intervenir para garantizar que quede de manera adecuada, la falla se debió un tema de conexión que se detectó únicamente cuando se recibió la asesoría adecuada.

Se evidencio que en total de mantenimientos por demás conceptos; eléctrico, de tanque de jardín y demás, generó un costo de \$34.682.561 de acuerdo con la Figura 15.

El conjunto tiene ingresos por administración, por uso de los parqueaderos y por uso de bicicletero, por tanto, se calculó un ingreso total mensual de \$45.668.352 como se presenta en la Tabla 4.

Figura 14

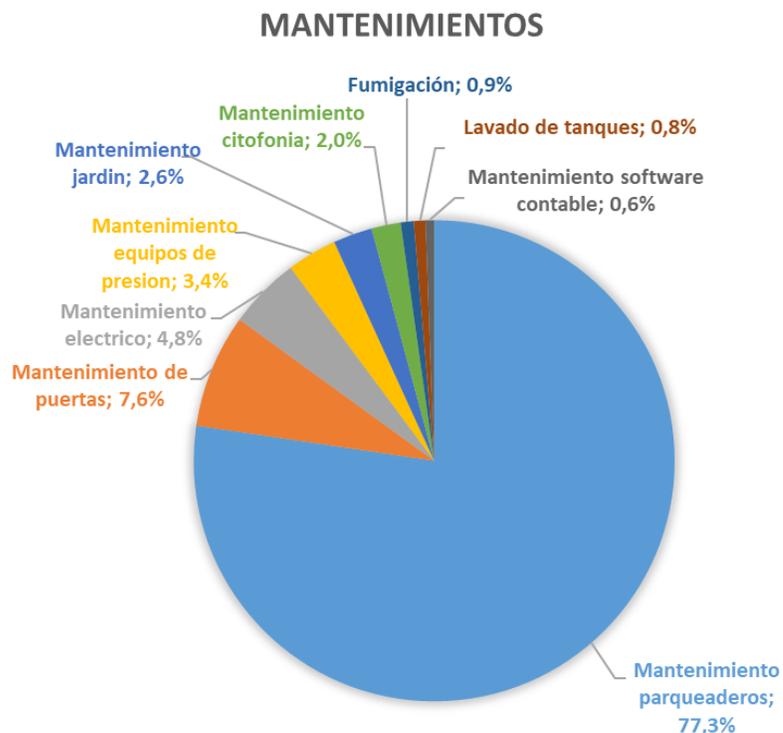
Sistema electrónico de puertas de acceso a las torres conjunto residencial caso de estudio



Nota: Fotografía tomadas en el conjunto residencial caso de estudio.

Figura 15

Distribución de gastos por mantenimientos año 2021.



Nota: Datos tomados de reporte contable del año 2021 del conjunto residencial caso de estudio.

Tabla 4

Ingresos mensuales al conjunto residencial caso de estudio

Ingresos	Mensual (para 2022)
Cuotas administración	\$ 35.471.352,00
Parqueaderos residentes	\$ 8.340.000,00
Parqueaderos visitantes	\$ 1.409.000,00
Bicicletero	\$ 448.000,00
Total ingresos mensuales	\$ 45.668.352,00

Nota: Datos tomados de informe contable del conjunto caso de estudio.

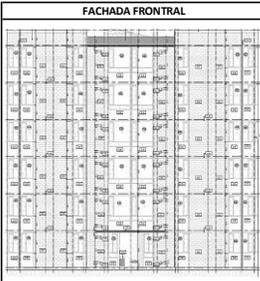
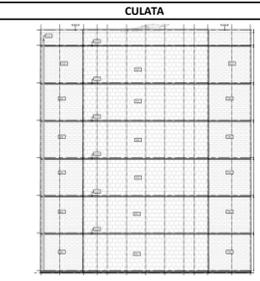
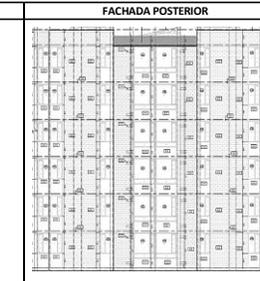
Posteriormente se procedió al recorrido del conjunto para identificar el estado físico de los elementos, teniendo en cuenta la información obtenida con la administración se concluyó que

las intervenciones realizadas han sido en zonas comunes externas, por tanto, la revisión se enfocó en las 17 torres de vivienda.

Para esto se utilizó el formato presentado en la Figura 16 donde se registra el estado actual, es decir si presenta alguna fisura, hongo, mancha, peladura, que pueda afectar la durabilidad de la estructura. En el formato se tienen en cuenta las diferentes afectaciones que se pueden identificar en las torres de vivienda que son las presentadas en la Tabla 5.

Figura 16

Formato de revisión de las torres de apartamentos.

FORMATO DE REVISIÓN CONJUNTO RESIDENCIAL		
FECHA DE REVISION: <u>feb-22</u> TIPO DE REVISION: <u>Visual</u>		TIPO DE CONSTRUCCION: <u>Mamposteria estructural</u> TORRE: _____
		
FACHADA FRONTAL	CULATA	FACHADA POSTERIOR
		
Lista de hallazgos A Piezas rotas / vencidas B Emboquille en mortero de pega muros C Emboquille de ventaneria D Aspecto de antepechos E Grafites a la vista F Presencia de manchas G Pintura antepechos H Pintura portico en acceso I Remate de zocalos J Detalles en Flanches K Estado de bajantes L Detalles en parapetos		Observaciones: Revisión realizada por: _____

Nota: Formato de revisión, autoría propia.

Tabla 5

Posibles patologías de las torres de vivienda

Patologías	
A	Piezas rotas / vencidas
B	Emboquille de muros
C	Emboquille de ventanería
D	Detalles en antepechos
E	Grañiles a la vista
F	Presencia de manchas
G	Oxidación de ventanería
H	Pintura pórtico en acceso
I	Remate de zócalos
J	Detalles en Flanches
K	Estado de bajantes
L	Detalles en parapetos

Nota: Autoría propia.

Figura 17

Torres de vivienda en conjunto residencial caso de estudio.



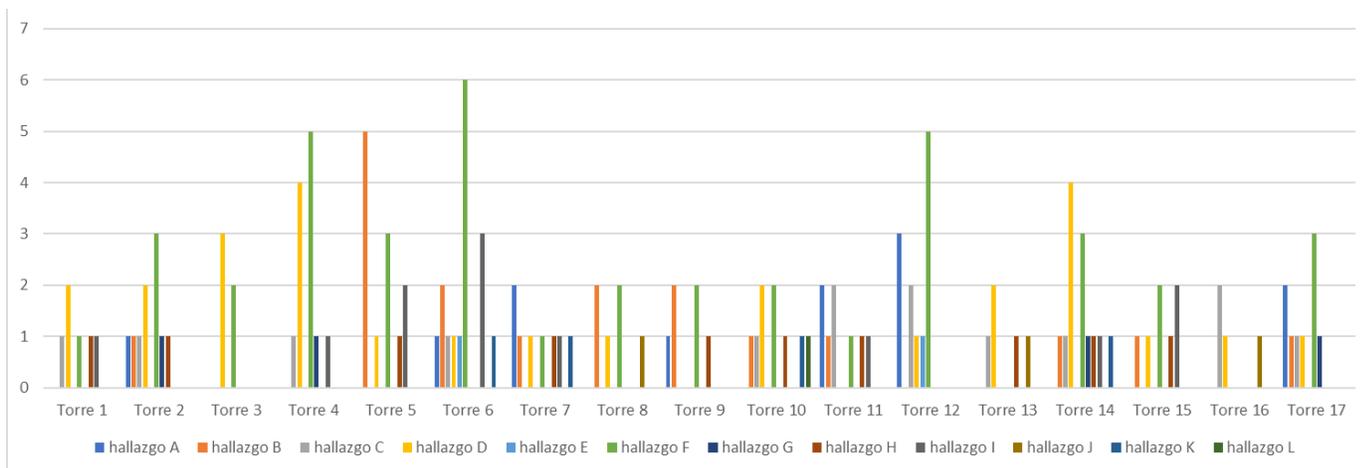
Nota: Fotografías de vista frontal y culata de las torres del conjunto residencial caso de estudio.

Análisis y resultados

En la Figura 18 se muestran las patologías encontradas para cada torre, donde se evidencia que todas las torres presentan algún tipo de patología. Así mismo, en la Figura 19 se presenta la cantidad de patologías por torre, donde se evidencia que las torres con mayor afectación son la torre 6, torre 14, torre 4, torre 5 y torre 12 y en la Tabla 7 se presentan las patologías que en su mayoría se corresponden a presencia de manchas. Entre la Figura 21 y la Figura 28 se pueden ver las patologías encontradas en el recorrido.

Figura 18

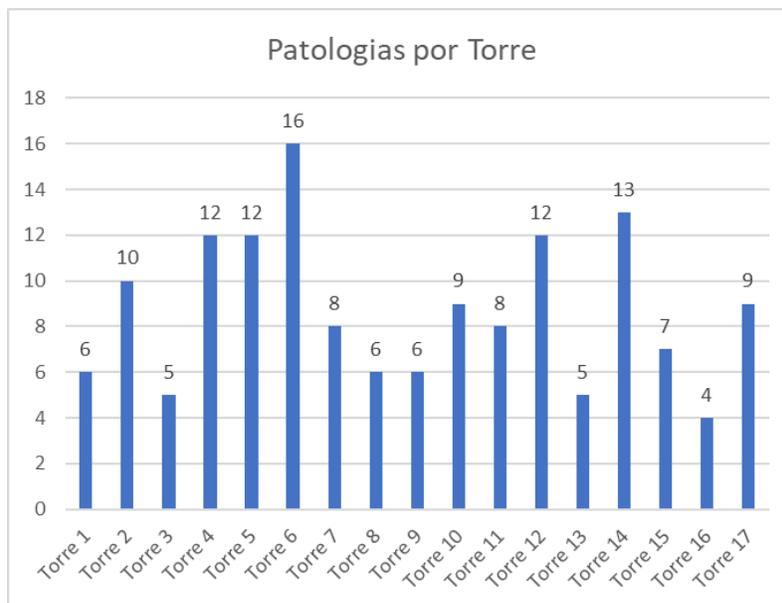
Análisis de patologías en las de vivienda del conjunto caso de estudio.



Nota: Autoría propia.

Figura 19

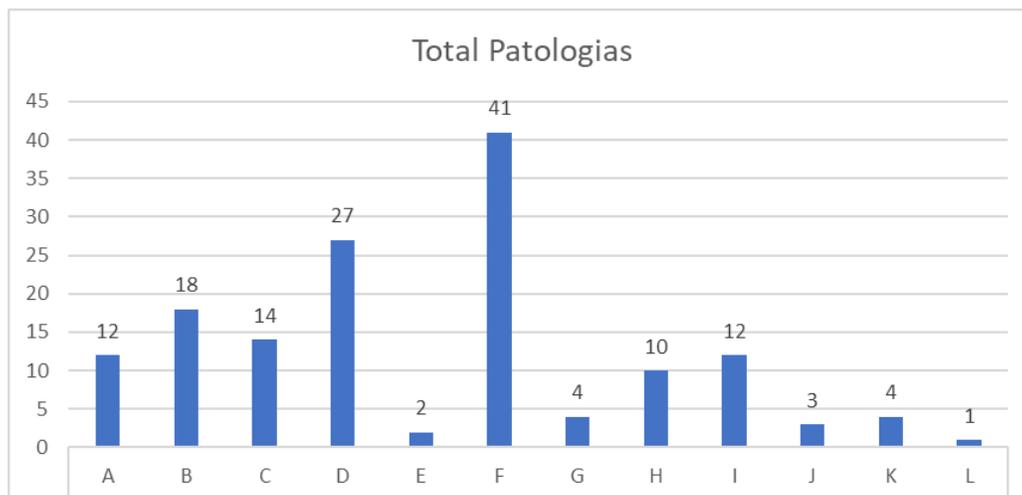
Análisis de patologías por torre.



Nota: Autoría propia.

Figura 20

Análisis de cantidad de patologías.



Nota: Autoría propia.

Figura 21

Patología A - Piezas rotas o vencidas



Figura 22

Patología B - Emboquille de muros



Figura 23

Patología C - Emboquille de ventanería



Figura 24

Patología D - Detalles en antepechos



Figura 25

Patología F - Presencia de manchas



Figura 26

Patología H - Pintura pórtico en acceso



Figura 27

Patología I - Remate de zócalos



Figura 28

Patología L - Detalles en parapetos



Plan de gestión de activos para torres de vivienda

En la Figura 20 se evidencia que la patología más representativa es la “F” que acorde con la Tabla 5, corresponde a presencia de manchas las cuales, se evidenció que son generadas por filtración de aguas producto de lluvias debido a que se detectaron en diferentes pisos. La

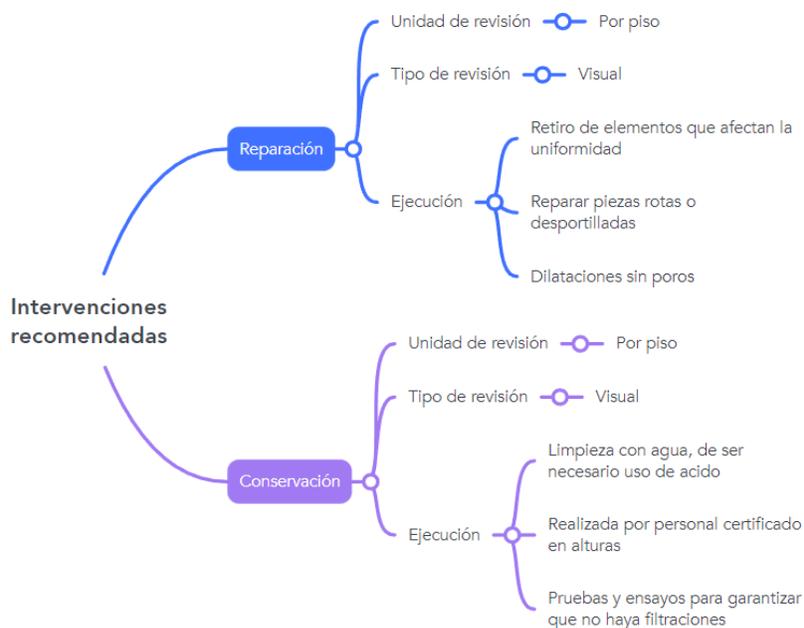
totalidad de patologías encontradas son de segundo grado de acuerdo con la Tabla 1, por lo que se requiere intervención.

Intervenciones

De acuerdo con las patologías evidenciadas se realizan recomendaciones de intervención como se muestra en la Figura 29, las cuales dependiendo de su tipo tendrán un tratamiento diferente.

Figura 29

Intervenciones recomendadas



Intervenciones recomendadas para reparación

Para iniciar con la actividad de resanes en las zonas donde se encontraron las patologías A, B, D, E, G, I, y L, se debe tener en cuenta que, si el elemento presenta porosidad u alguna otra observación, el resane se debe realizar con un mortero especial para este tipo de actividades.

Desarrollo

1. Se deben retirar brozas, aceros y elementos que afecten la uniformidad de la superficie.
2. Los ladrillos de la fachada no deben estar desportillados, fisurados ni partidos.
3. En los antepechos no debe haber aceros expuestos, su terminado y color debe ser uniforme.
4. Las dilataciones de entre ladrillos no deben estar porosas, ni incompletas.

Para mitigar la patología F se debe garantizar que todas las piezas y elementos de la fachada estén limpios y libres de manchas, cuando se requiera el cambio de alguna pieza de mampostería, se debe procurar que tenga el mismo tono de las piezas existentes y garantizar que quede libre de mortero, esta debe ser lavada posterior a su instalación.

Desarrollo

1. El lavado se debe realizar con un cepillo y agua limpia de forma manual, con cuidado de no afectar la superficie del mampuesto. Solamente en caso de ser necesario, se aplicará un producto desmanchante, para mampostería estructural, se recomienda el producto SIKA limpiador tipo rinse, el cual es tiene una mezcla de ácidos y aditivos especiales para el lavado de ladrillos y bloques, el ácido puede erosionar mortero de pega por lo que se recomienda solo en caso de ser necesario.
2. Esta actividad debe ser realizada por una persona certificada en alturas y con el uso de los elementos de protección personal requeridos.

Intervenciones recomendadas para conservación

La finalidad de esta actividad es garantizar que no existan filtraciones y/o humedades en fachada ya que los materiales de construcción de estos elementos no son impermeables.

Unidad de revisión

Se debe realizar la revisión por cada piso.

Tipo de revisión

Para la verificación del total cubrimiento de la fachada se puede realizar de dos formas; una es por medio de la prueba de perlado, que es de carácter visual, en ella se identifica que no haya adherencia de agua debido a que el producto crea un efecto de repelencia ver Figura 30 (Toxement, 2020) y la segunda se realiza por medio del ensayo de penetración de agua por medio de tubo en L que consiste en un tubo en forma de L de 1 cm² de sección que se adhiere al muro con masilla impermeable ver Figura 31. El tubo cuenta con una graduación en milímetros en la vertical, tras llenar el tubo con agua se toma la medición del agua absorbida cada minuto y se determina la permeabilización de acuerdo con la Tabla 6 lo ideal es que el resultado sea máximo 0,2 cm³ (Sanjuan, 2012).

Desarrollo

1. Se debe verificar que la reparación de piezas y reemboquille de fachada y que estos estén realizados a satisfacción.
2. Durante el proceso de ejecución de esta actividad los elementos de fachadas estén debidamente protegidos a fin de evitar deterioro (Ventanas, puertas, barandas).
3. Verificar la ficha técnica del material impermeabilizante que cumpla con lo que se requiere para tal fin.
4. Verificar la correcta instalación del material impermeabilizante en fachadas.

Figura 30

Efecto de prueba de perlado



Nota: (Toxement, 2020)

Figura 31

Prueba de impermeabilización en fachadas por medio del tubo en L



Nota: Autoría propia

Tabla 6

Estimación de permeabilidad

Penetración en cm³ en 10 minutos	Estimación
Mas de 3,0	Permeabilidad muy alta
De 2,4 a 3,0	Permeabilidad alta
De 1,0 a 2,4	Mediana Permeabilidad
De 0,4 a 1,0	Baja Permeabilidad
De 0,2 a 0,4	Impermeabilidad relativa
De 0,1 a 0,2	Impermeable
Menos de 0,1	Sin actividad capilar

Nota: (Sanjuan, 2012)

Para esta impermeabilización se realizó consulta con asesores especializados de la compañía SIKA Colombia, que es una compañía que desarrolla productos para esta actividad, y el producto sugerido por fue el hidrofugo Sika® Transparente-10, en la Tabla 7 se presentan las características del producto.

Tabla 7

Información del producto impermeabilizante Sika® Transparente-10.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO	
Empaques	1 gl, 5 gl, 55 gl.
Apariencia / Color	Incoloro
Vida en el recipiente	Un (1) año desde su producción.
Condiciones de Almacenamiento	Almacene en su envase original, bien cerrado en lugar fresco y bajo techo. Transportar con las precauciones normales para productos químicos inflamables
Densidad	0.77 kg/l ± 0,02 kg/l
Drying Rate Coefficient	1 hora a 20oC - 65% Humedad Relativa.

Consumo	20 m ² /gl/ capa (mínimo 2 capas) Consumo verificado bajo ensayo realizado en laboratorio en condiciones normales. La porosidad del sustrato puede variar por lo cual se recomienda realizar pruebas de rendimiento para verificar el consumo en el sustrato de la obra.
----------------	---

Nota: Tabla tomada de la ficha técnica del producto Sika® Transparente-10.

En cuanto a la protección contra filtraciones, no es solo la aplicación de hidrófugos, sino que es un concepto integral que involucra elementos y estructuras de diseño y construcción destinados a garantizar que el agua, no afecte la fachada durante su uso. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que el mantenimiento se debe realizar de acuerdo con el tiempo estimado en la ficha técnica del producto aplicado para la impermeabilización, que puede ser 3, 5 o 10 años, La duración de la impermeabilización y su eficacia dependerá de factores, como la calidad del producto aplicado, la correcta aplicación y el cuidado y mantenimiento de la zona impermeabilizada (Toxement, 2020).

Frecuencia

Es de gran importancia mantenerse vigilante ante los casos que puedan evidenciar alguna patología que pueda afectar el correcto uso y funcionamiento de los elementos de los conjuntos residenciales, es por esto que se requiere de un trabajo en equipo a la hora de realizar revisiones, por un lado, están los habitantes del conjunto residencial, sean propietarios o arrendatarios, debido a que pueden observar en el día a día de las patologías que puedan estar en progreso y así ser reportadas a tiempo al administrador o encargado del conjunto residencial para que se tomen las medidas necesarias, por otro lado está en ingeniero civil y la tarea será comprobar el buen estado y funcionamiento de los componentes del conjunto, evaluando, verificando y revisando a

profundidad todas las zonas. Los costos de cada intervención variarían dependiendo de la patología encontrada, al igual que varía la frecuencia de las revisiones de acuerdo con cada elemento, así como se muestra en la Tabla 8. Hay que resaltar que siempre será necesario efectuar una inspección general cada 10 años, en la que se realizará un dictamen, para ejecutar el tratamiento y reparaciones de las patologías evidenciadas en las revisiones periódicas, además de realizar la comprobación del funcionamiento de todos los componentes del conjunto residencial (Aristizábal, 2004).

Tabla 8

Frecuencia de intervenciones

Activo	Frecuencia	Responsable	Actividades
Cimentación	Permanentemente	Propietarios y arrendatarios	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas de agua o aparición de humedades. • Identificar cambios debido a construcción de vías, excavaciones, o en zonas cercanas al conjunto residencial. • Lesiones, grietas, desplomes, asentamientos en techos, paredes, divisiones o en los elementos estructurales.
Estructura	Permanentemente	Propietarios y arrendatarios	<ul style="list-style-type: none"> • Aparición de humedades. • Desplomes, oxidaciones, fisuras y grietas, en cualquier elemento constructivo. • Deformaciones: abombamientos en techos, baldosas, puertas o ventanas que no ajustan.
	Cada 5 años	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección del estado de remates, antepechos, zócalos y mampuestos de la fachada. • Revisión general del estado de conservación de las paredes (interiores y exteriores). • Estado general de la estructura. • Desplomes, fisuras y grietas.
Fachadas	Permanentemente	Propietarios y arrendatarios	<ul style="list-style-type: none"> • Aparición de humedades. • Desplomes, fisuras o grietas. • Desprendimientos, piezas sueltas.
	Cada 3 años	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Juntas de dilatación y el sellado de juntas. • Estado de conservación de los elementos. • Evaluación de humedades, manchas, fisuras.

	Cada 5 años	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de anclajes. • Estado de pinturas. • Desplomes, fisuras y grietas.
	Cada 10 años	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilización de torres de vivienda. • Repintado de los elementos metálicos de las torres de vivienda, ventanería, flanches y bajantes.
Cubiertas	Permanentemente	Propietarios y arrendatarios	<ul style="list-style-type: none"> • Estancamientos de agua. • Aparición de humedades en los techos de los últimos pisos.
	Anual	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de mantos, juntas de dilatación y cunetas. • Evidencia de estancamientos de aguas lluvias. • Aparición de manchas u hongos • Estado de parapetos
	Cada 5 años	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de acabados superficiales, anclajes, manto • Estado de sujeciones de piezas, juntas, tejas, bajantes. • Aparición de vegetaciones. • Fisuras, grietas, hundimientos y piezas sueltas.
Redes húmedas y secas	Permanentemente	Propietarios y arrendatarios	<ul style="list-style-type: none"> • Atascos y malos olores. • Roturas de tubos o cables. • Cables a la vista. • Reiterados saltos de interruptores automáticos, • Aparatos eléctricos sueltos o rotos.
	Cada 6 meses	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de los desagües, canales y bajantes • Estado de sumideros • Estado los aparatos eléctricos. • Deterioros de llaves de corte, empaques. correcto funcionamiento de los interruptores • Inexistencia de señalización, prohibiciones, etc..
	Anual	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de canalizaciones, registros, bajantes. • Estado de cajas, sumideros
Equipos de presión	Permanentemente	Propietarios y arrendatarios	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosiones. • Aparición de fugas de agua. • Falta de presión en la red.
	Anual	Ingeniero civil	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de anclajes y placa antivibratoria. • Funcionamiento del equipo de presión. • Limpieza y desinfección de tanque. • Limpieza exterior del depósito de presión. • Ajustes y sustituciones, según sea el caso, de elementos del equipo de presión.

Nota: Tabla adaptada de (Oliva, 2009).

Estimación de Costos

Los costos por intervenciones recomendadas se calcularon en la Tabla 11 de acuerdo con una cotización solicitada a una firma especializada en estas actividades, en la que se determinó que el costo es de \$19.500 por metro cuadrado, de acuerdo con las medidas obtenidas del plano arquitectónico de una torre, se tiene una altura total de 14.75 metros; ancho de frente de 22.52 metros y ancho de culata de 16.62 metros, por lo que se obtiene la Tabla 9. La distribución de las torres es en pachas, es decir torres agrupadas, así; de la torre 1 a la 4, de la torre de la torre 5 a la 8, de la torre 9 a la 12 y de la 13 a la 17, por lo que solo hay 8 culatas a la vista.

Tabla 9

Cálculo de área por cada cara de las torres de vivienda

Altura de torre (m)	Ancho de torre - frente (m)	Ancho de torre - posterior (m)	Ancho de culata (m)	Área Frente	Área Posterior	Área Culata
14,75	22,52	22,52	16,62	332,17	332,17	245,145

Tabla 10

Cálculo de área total de torres

Cantidad de torres con 1 culata	Cantidad de torres sin culata	Área torre con 1 culata	Área torre sin culata	Área total torres 1 culata	Área total torres sin culata
9	8	909,485	664,34	8185,365	5314,72

Tabla 11

Costos por intervenciones recomendadas

Costo (m2)	Áreas totales (m2)
\$ 19.500,00	\$ 263.251.657,50

Conclusiones

Se elaboro un estado de conocimiento sobre la gestión de la infraestructura física de los conjuntos residenciales como activos, se concluye que el desarrollo de la gestión de activos en los conjuntos residenciales debe ser puntual y específico para cada conjunto residencial, puesto que depende de varios factores como; ubicación, tipo de construcción, materiales de construcción entre otros, y siempre debe ser realizado por un ingeniero civil quien tiene el conocimiento para identificar patologías y dar un concepto acerca de estas.

Se realizo un plan de gestión de infraestructura para el conjunto residencial caso de estudio con base en la información existente y una inspección visual, donde se identificó que la patología más significativa son manchas en la superficie de loa torres de vivienda, que corresponden a humedad, por lo que se requiere de manera urgente realizar impermeabilización de las torres de vivienda para evitar mayor deterioro, cabe aclarar que esto no es solamente un tema de estética, debido a que la presencia de humedad puede causas problemas de salud del tipo respiratorio, ahora en cuanto a la infraestructura, si la humedad es producto de filtración considerable puede comprometer su estabilidad, ya que la mampostería podría ceder con el tiempo generando un daño mayor a largo tiempo. La impermeabilización de la fachada de las torres de vivienda, de acuerdo con las recomendaciones dadas por el fabricante del hidrófugo, se debe realizar cada 10 años y esta no se había hecho después de 12 años.

Se determino que es de gran importancia la aplicación de la gestión de infraestructura de edificaciones como activos debido a que, con esto se puede lograr dar cumplimiento a la durabilidad de las estructuras de la manera adecuada y sin generar sobrecostos y mayores gastos

Se presentó el resultado de esta investigación a la administración del conjunto caso de estudio, donde se explicó la importancia de un plan de gestión de la infraestructura y se presentaron las patologías evidenciadas. La administración y el consejo del conjunto se mostraron receptivos con la investigación, las sugerencias dadas.

Referencias Bibliográficas

- Abu-Elanien, & S. (2010). Asset management techniques for transformers. *Electric Power Systems Research*.
- Alcaldía local de Ciudad Bolívar. (2016). *Conociendo mi localidad*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
- Almeida, N. S. (2015). *Gestión del riesgo técnico de estructuras de construcción basada en el rendimiento*.
- Amaya, H. (2008). *Manual de uso, Conservación y Mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital*. Bogotá Distrito Capital: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Ardila J. (2019). *Estudio patológico por humedades en los muros exteriores e interiores en las casas que conforman el conjunto residencial guazuca en el municipio de guasca*. Bogotá: universidad santo tomas.
- Aristizábal, V. (2004). *Manual de Fachadas: Manejo y Protección del Ladrillo a la Vista*.
- CAMACHO, P. (2009). *Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE. Colegio oficial de arquitectos de canarias*.
- Código Civil. (2016). *artículos 2060, 2061 y 2351*. Colombia.
- Cortes B. (2017). *Identificación de patologías estructurales en edificaciones indispensables del municipio de santa rosa de cabal (sector educativo)*.
- Dojutrek, S. L. (2016). *Una metodología de criterios múltiples para medir la resistencia de los activos*.
- Eweda, A. (2021). Condition assessment model of building indoor environment: a case study on educational buildings. *Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University, Montréal, Canada*.
- Fiol, F. (2014). *Manual de patología y rehabilitación de edificios*. España: Universidad de Burgos, Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional.
- García, O. (2006). *El Mantenimiento General*. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

- Hallegatte, S. (2012). *Una solución rentable para reducir las pérdidas por desastres en los países de desarrollo.*
- Harrison, A. (2016). *Definición de activos económicos.*
- Henderson, K. (2014). Integrated Asset Management – An Investment in Sustainability. *Procedia Engineering.*
- IGAC. (2008). *Resolución 620.* Colombia.
- INGEOMINAS, M. D. (2005). *Geología de la sabana de Bogotá.* República de Colombia .
- ISO 55000. (2014). *Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología.*
- ISO 55001. (2014). *Gestión de activos — Sistemas de gestión — Requisitos.*
- ISO 55002. (2018). *Gestión de activos — Sistemas de gestión — Directrices para la aplicación de la ISO 55001.*
- ISO 9001. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad (SGC).*
- Izaddoost, A. (2021). Integrating resilience into asset management of infrastructure systems with a focus on building facilities. *College of Engineering, Univ. of Tehran.*
- JR Mackechnie, M. A. (2020). *Predicciones de durabilidad utilizando pruebas de índice de durabilidad de edad temprana.*
- Ley 675. (2021). *Ley 675 régimen de propiedad horizontal.*
- Li, B. A.-R. (2017). *Financial risk, inventory decision and process improvement for a firm with random capacity.*
- Li, K. (2016). *Diseño de Durabilidad de Estructuras .*
- Lobo C, L. L. (2005). *Especificaciones basadas en el desempeño para constuccion de vivienda.*
- Mardiasmo, D. S. (2018). *Gestión de activos y gobernanza: análisis de flotas de vehículos en organizaciones intensivas en activos.*
- Martínez-Barrios, H. E. (2016). *Origin, causes and consequences of closed residential complexes in Valledupar-Colombia.* Colombia: Universidad Popular del Cesar.
- Martins, J. (2021). *El origen del ciclo PHVA.*
- Morrison, N. (2019). *Selling the family silver? Institutional entrepreneurship and asset disposal in the English housing association sector.*

- Moya J. (2017). *Servicio de mantenimiento y limpieza de fachadas en edificaciones y grandes superficies en la ciudad de Bogotá*. Bogota: Universidad la Gran Colombia facultad de ingeniería civil .
- Nepal, M. P. (2021). Towards an integrated approach to infrastructure damage assessment in the aftermath of natural hazards. *School of Architecture & Built Environment, Queensland University of Technology (QUT), Brisbane, 4001, Australia*.
- Norma Técnica Colombiana. (2008). *NTC Materiales de reparación a base de hormigón, mortero y cemento*.
- NSR, 1. (2010). *NSR 10*. Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS.
- Oliva, J. C. (2009). Manual general para el uso mantenimiento y conservación de edificios destinados a viviendas. *Consejería de vivienda y ordenación del territorio*.
- ONU. (2021). *Managing Infrastructure Assets for Sustainable Development: A Handbook for Local and National Governments*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean.
- Parlikad, A. (2016). *Desafíos en la gestión de activos de infraestructura*.
- Rezvani, S. N. (2022). *Mejora de la resiliencia urbana*.
- Rita, U. (2022). Infraestructura Activo administración: Perspectiva histórica y futura de herramientas, evaluación de riesgos y digitalización para la competencia Edificio. *Institute Community, Departamento de Infraestructura*.
- Rodríguez, V. (2004). Manual de patología de la edificación. *Departamento de tecnología de la edificación (E.U.A.T.M)*.
- Rönkkö, E. A. (2017). *Towards Strengths-Based Planning Strategies for Rural Localities in Finland*.
- Sanjuan, C. (2012). Ensayo de permeabilidad en fachadas tubo en L o tubo RILEM. *Patologia + Rahabilitacion + Construccion*.
- Schiller, G. M. (2017). *Mapping the anthropogenic stock in Germany: Metabolic evidence for a circular economy*.
- Scussolini, P. T. (2017). *Adaptation to Sea Level Rise: A Multidisciplinary Analysis for Ho Chi Minh City, Vietnam*.
- Servicio Geológico Colombiano. (2005). *Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá*. Obtenido de http://srvags.sgc.gov.co/Jsviewer/Mapa_Geologico_Sabana_Bogota/.

- Sharifi, A. C.-L. (2020). *Conceptualizing dimensions and characteristics of urban resilience: Insights from a co-design process*.
- Sieg, T. V. (2017). *Tree-based flood damage modeling of companies: Damage processes and model performance*.
- Toxement. (2020). Especificación técnica para el lavado y protección de fachadas en ladrillo a la vista.
- Trillo G. (abril de 2018). Problemas más comunes en fachadas.
- Trindade, M. A. (2017). *Oportunidad basada en el valor proceso para organizaciones intensivas en activos*.
- Ugarelli, R. (2022). Infrastructure Asset Management: Historic and Future Perspective for Tools, Risk Assessment, and Digitalization for Competence Building. *Institute Community, Department of Infrastructure*.
- Universidad Militar Nueva Granada. (2019). El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo.
- Viviescas, J. (2010). *Grietas en construcciones ocasionadas por problemas geotécnicos*.
- Vona, M. (2020). Proactive actions based on a resilient approach to urban seismic risk mitigation. *School of Engineering, University of Basilicata, Potenza, Italy*.
- Walraven, J. (2018). *Diseño para la vida útil: cómo debería implementarse en códigos futuros, conferencia internacional sobre reparación, rehabilitación y reacondicionamiento de las estructuras*.
- Wijnia. (2018). *Riesgo del procesamiento en la gestión de activos; explorando los límites de optimización basada en riesgos bajo incertidumbre para un administrador de activos de infraestructura energética*.
- Xu, W. L. (2017). *A Study on Project Portfolio Models with Skewness Risk and Staffing*.