

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN PÚBLICA DE “PRODUCE, IQUITOS” – PERÚ, 2021.

Autores:

Mendoza Campos, Maritza Concepción

Santillán Iglesias, Jerson Brian

Asesor: Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera

Co Asesor: Ing. Claudia de Jesús Morales Aquituari

Requisito para optar el título profesional de Ingeniero Civil

IQUITOS – PERÚ

2021

I. DEDICATORIA

Siempre en primer lugar a Dios por ser el principal responsable de la culminación de este proyecto, a nuestras madres que han dedicado su vida a nosotros y, siendo la motivación más preciada y hermosa de nuestras vidas, a Ágata Alessia Santillán Mendoza, nuestra hija.

Jerson Brian Santillán Iglesias y Maritza Concepción Mendoza Campos

II. AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos dado tantas oportunidades para ser profesionales, a nuestras madres que han contribuido en nuestro desarrollo personal, a los docentes y asesor que han contribuido en conocimiento y experiencias en nuestro desarrollo y crecimiento profesional.

Jerson Brian Santillán Iglesias y Maritza Concepción Mendoza Campos

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

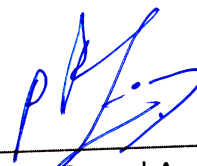
La Tesis titulada:

**“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE
LA EDIFICACIÓN PÚBLICA DE “PRODUCE, IQUITOS” – PERÚ, 2021”**

De los alumnos: **MENDOZA CAMPOS MARITZA CONCEPCIÓN Y SANTILLÁN IGLESIAS JERSON BRIAN**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **4% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 12 de Agosto del 2022.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERIACIVIL_2022_TSP_JERSONSANTILLAN_MARITZAMENDOZA_V1.pdf (D142803136)
Submitted	2022-08-10 17:54:00
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	4%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	libro.docx Document libro.docx (D20895583)	 27
SA	John Guaranda.docx Document John Guaranda.docx (D29694241)	 3
SA	T3_TallerdeTesis 2_VillalobosVilchez Marita.docx Document T3_TallerdeTesis 2_VillalobosVilchez Marita.docx (D119371953)	 5
SA	TESIS NICOLAS LAMB.docx Document TESIS NICOLAS LAMB.docx (D74264067)	 1
SA	MONOGRAFIA PATOLOGIAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y....docx Document MONOGRAFIA PATOLOGIAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y....docx (D110744409)	 3
SA	alcivar prueba.doc Document alcivar prueba.doc (D29794182)	 2
SA	TESIS 1.2 ing gillen.pdf Document TESIS 1.2 ing gillen.pdf (D29557821)	 1
SA	PROCESO DE TITUCACION JOSE HENRIQUEZ.docx Document PROCESO DE TITUCACION JOSE HENRIQUEZ.docx (D21724168)	 1

Entire Document

1 UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN PÚBLICA DE "PRODUCE, IQUITOS" – PERÚ, 2021. . Autores: Mendoza Campos, Maritza Concepción Santillán Iglesias, Jerson Brian Asesor: Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera Co Asesor: Ing. Claudia de Jesús Morales Aquituari Requisito para optar el título profesional de Ingeniero Civil IQUITOS – PERÚ 2021

2 I. DEDICATORIA Siempre en primer lugar a Dios por ser el principal responsable de la culminación de este proyecto, a nuestras madres que han dedicado su vida a nosotros y, siendo la motivación más preciada y hermosa de nuestras vidas, a Ágata Alessia Santillán Mendoza, nuestra hija. Jerson Brian Santillán Iglesias y Maritza Concepción Mendoza Campos

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°783-2021-UCP-FCEI de fecha 12 de noviembre de 2021, La FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- Ing. Felix Wong Ramírez, M.Sc.
- Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.
- Ing. Jefree Stefano Arévalo Flores, Mg.

Presidente
Miembro
Miembro

Como Asesor: Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.

Como Co Asesor: Ing. Claudia de Jesús Morales Aquituari, M.Sc.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 19:00 horas del día 13 de septiembre del 2022, en las instalaciones de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LA EDIFICACIÓN PÚBLICA DE "PRODUCE, IQUITOS" – PERÚ, 2021"**.

Presentado por los sustentantes:

**MARITZA CONCEPCIÓN MENDOZA CAMPOS y
JERSON BRIAN SANTILLÁN IGLESIAS**

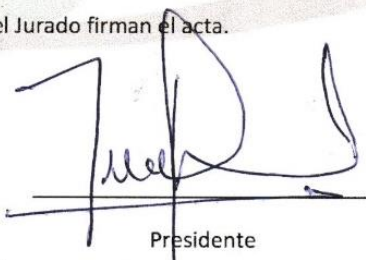
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORIA.**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

Contáctanos:

Iquitos – Perú
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú
42 - 58 5638 / 42 - 58 5640
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compañón 933

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe

III. ÍNDICE DE CONTENIDO

I. DEDICATORIA	2
II. AGRADECIMIENTO	3
III. ÍNDICE DE CONTENIDO.....	4
IV. ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS.....	8
V. ÍNDICE DE GRÁFICOS O FIGURAS	¡Error! Marcador no definido.
VI. RESUMEN	9
VII. ABSTRACT	10
1. MARCO TEÓRICO	11
1.1. Antecedentes del estudio	11
1.2. BASES TEÓRICAS.....	26
1.2.1. Control integral de la edificación, planeamiento, construcción, administración y mantenimiento	26
1.2.2. Acciones degradantes y daños en las edificaciones.....	29
Figura 1. La calidad física y funcional de las obras.....	41
Figura 2. La degradación de las obras	41
Tabla 1. Causas comunes de deterioros.....	45
Tabla 2. Mantenimiento	46
Tabla 3. Fallos posibles en el proceso de construcción de infraestructura	47
1.2.2.1. Acciones degradantes	47
1.2.2.1.1. Acciones físicas	47
Tabla 4: Acciones físicas.....	47
1.2.2.1.2. Acciones químicas	48
1.2.2.1.3. Acciones mecánicas	49
Tabla 5. Acciones mecánicas.....	49
1.2.2.1.4. Acciones biológicas	51
1.2.2.1.5. Acciones accidentales.....	52
Tabla 6. Acciones accidentales	52
1.2.2.2. Daños en la edificación	53
1.2.2.2.1. Daños superficiales.....	53
1.2.2.2.2. Daños mayores.....	54
1.2.2.2.3. Daños graves.....	54
1.2.2.2.4. Daños críticos	54
Figura 3. Proceso de mantenimiento en la construcción.....	55
1.2.2.2.5. Fisuras y grietas.....	56
Tabla 7. Fisuras.....	56

1.2.2.2.6.	Proceso de Carbonatación.....	57
1.2.2.2.7.	Efectos de las altas temperaturas en el concreto armado	59
1.2.2.2.8.	Efecto de las altas temperaturas en las estructuras de acero	71
1.2.2.2.9.	Efectos del fuego y las altas temperaturas en las edificaciones	73
1.2.2.2.10.	Corrosión	86
Tabla 8.	Recomendaciones.....	86
1.2.2.2.11.	Humedades	86
1.2.2.2.12.	Desprendimientos	87
1.2.3.	Criterios y conceptos de mantenimiento de edificaciones.....	88
1.2.3.1.	Clasificación de mantenimiento de edificaciones	89
1.2.3.2.	Organización del mantenimiento	92
1.2.3.2.1.	Mantenimiento de cimentación.....	93
Tabla 9.	Cimentación.	93
1.2.3.2.2.	Mantenimiento de estructura.....	93
Tabla 10.	Estructura.	94
1.2.3.2.3.	Mantenimiento de mampostería y fachadas.....	95
Tabla 11.	Mampostería y fachada.	96
1.2.3.2.4.	Mantenimiento de muros y divisiones interiores.....	97
1.2.3.2.5.	Mantenimiento de carpintería interior	98
Tabla 12.	Muros y puertas.....	99
1.2.3.2.6.	Mantenimiento de cubiertas	100
Tabla 13.	Cubiertas.	101
1.2.3.2.7.	Mantenimiento de revestimiento y acabados	103
1.2.3.2.7.1.	Revestimientos verticales.....	103
1.2.3.2.7.2.	Revestimientos de suelos.....	104
1.2.3.2.7.3.	Revestimientos de cielo rasos	106
1.2.3.2.7.4.	Pinturas	106
1.2.3.2.7.5.	Barnices	107
Tabla 14.	Revestimientos.....	108
1.2.3.2.8.	Mantenimiento de instalaciones sanitarias y electromecánicas....	110
1.2.3.2.8.1.	Mantenimiento de instalaciones sanitarias.....	111
Tabla 15.	Instalaciones sanitarias.	112
Tabla 16.	Instalaciones hidráulicas.	115
1.2.3.2.8.2.	Mantenimiento de instalaciones electromecánicas	116
Tabla 17.	Instalaciones eléctricas y pararrayos.....	119
1.2.4.	Manual de uso, conservación, y mantenimiento de edificaciones públicas.....	120

1.2.5. Ventajas del mantenimiento de edificaciones	121
1.2.6. Vida útil de una edificación	121
1.3. Definición de términos básicos.....	123
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	127
2.1. Descripción del problema.....	127
2.2. Formulación del problema.....	128
2.2.1. Problema general.....	128
2.2.2. Problemas específicos.....	128
2.3. Objetivos	129
2.3.1. Objetivo general.....	129
2.3.2. Objetivos específicos	130
2.4. Hipótesis	131
2.4.1. Hipótesis general	131
2.4.2. Hipótesis específicas	131
2.5. Variables	131
2.5.1. Identificación de variables.....	131
2.5.2. Definición conceptual y operacional de variables	132
2.5.2.1. Definición conceptual de variables	132
2.5.2.2. Definición operacional de variables.....	132
Tabla 4. Operacionalización de Variables	132
3. Metodología.....	133
3.1. Tipo y diseño de la investigación	133
3.1.1. Tipo de investigación	133
3.1.2. Diseño de la investigación	134
3.2. Población y muestra.....	134
3.2.1. Población	134
3.2.2. Muestra.....	134
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	135
3.3.1. Técnicas.....	135
3.3.2. Instrumentos	136
3.3.3. Procedimientos de recolección de datos.....	138
3.4. Procesamiento y análisis de datos.....	138
4. Resultados y discusión de resultados	139
4.1. Resultados	139
4.2. Discusión de resultados	143
5. Conclusiones y recomendaciones	146
5.1. Conclusiones.....	146

5.2. Recomendaciones	¡Error! Marcador no definido.
6. Referencias bibliográficas.....	150
Anexo 1	158
Anexo 2	162
Anexo 3	165
Anexo 4	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 5	168
Anexos. (Instrumento de recolección de datos; Matriz de consistencia.)	178

IV. ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS

Figura 1. La calidad física y funcional de las obras.....	41
Figura 2. La degradación de las obras	41
Tabla 1. Causas comunes de deterioros.....	45
Tabla 2. Mantenimiento	46
Tabla 3. Fallos posibles en el proceso de construcción de infraestructura	47
Tabla 4: Acciones físicas.....	47
Tabla 5. Acciones mecánicas.....	49
Tabla 6. Acciones accidentales	52
Figura 3. Proceso de mantenimiento en la construcción.....	55
Tabla 7. Fisuras.....	56
Tabla 8. Recomendaciones.....	86
Tabla 9. Cimentación.	93
Tabla 10. Estructura.	94
Tabla 11. Mampostería y fachada.	96
Tabla 12. Muros y puertas.....	99
Tabla 13. Cubiertas.	101
Tabla 14. Revestimientos.....	108
Tabla 15. Instalaciones sanitarias.	112
Tabla 16. Instalaciones hidráulicas.	115
Tabla 17. Instalaciones eléctricas y pararrayos.....	119
Tabla 4. Operacionalización de Variables	132

RESUMEN

En esta investigación descriptiva, se abundan diferentes conceptos y criterios sobre la degradación y el mantenimiento de edificios. Se propone contribuir al conocimiento sobre el tema, considerando la incidencia en la degradación de la resistencia del concreto cemento-arena de la exposición a altas temperaturas desencadenadas por un incendio y por la afectación del fenómeno natural de la carbonatación. A medida que la temperatura aumenta, el concreto presenta una degradación progresiva de sus propiedades fundamentales debido a distintos efectos que la acción de la misma va causando en la matriz cementicia; asimismo, el efecto del tiempo de exposición al CO₂, del concreto cemento-arena de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, se relaciona en la profundidad de carbonatación y la degradación de la resistencia a la compresión. La profundidad de carbonatación se determinó mediante el test de fenolftaleína. Se propone ejes directrices para la elaboración de planes de conservación y mantenimiento de las edificaciones públicas de la jurisdicción de la región Loreto; y un método de organización del mantenimiento, su planificación y responsabilidad, propendiendo mostrar las ventajas de alargar la vida útil y sus efectos tanto para la economía nacional como para los usuarios.

Palabras Clave: Acciones degradantes; daños en edificaciones; carbonatación; exposición al fuego; mantenimiento.

ABSTRACT

In this descriptive research, different concepts and criteria about the degradation and maintenance of buildings abound. It is proposed to contribute to the knowledge on the subject, considering the incidence in the degradation of the resistance of the cement-sand concrete of the exposure to high temperatures triggered by a fire and by the affectation of the natural phenomenon of carbonation. As the temperature increases, the concrete presents a progressive degradation of its fundamental properties due to different effects that its action causes in the cementitious matrix; likewise, the effect of the exposure time to CO₂, of the cement-sand concrete of $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, is related to the depth of carbonation and the degradation of the compressive strength. Carbonation depth was determined by the phenolphthalein test. Guidelines are proposed for the preparation of conservation and maintenance plans for public buildings in the jurisdiction of the Loreto region; and a maintenance organization method, its planning and responsibility, tending to show the advantages of lengthening the useful life and its effects both for the national economy and for the users.

Keywords: Degrading actions; building damage; carbonation; exposure to fire; maintenance.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del estudio

Para Babé (1986) el mantenimiento no es más que los trabajos que deben realizarse de forma cíclica para la atención de los equipos y de los elementos componentes de las construcciones con el fin de subsanar sus deficiencias, y mantener de manera eficaz los servicios que brinden con énfasis especial de aquellas partes que por su uso continuado o por su ubicación se encuentran más expuestos al deterioro. (Babé, 1986)

En Loria (2005) se consideran obras, trabajos y actuaciones de mantenimiento todas aquellas acciones encaminadas a la conservación física y funcional de un edificio a lo largo del ciclo de vida útil del mismo. Mantener, en general, significa conservar y también mejorar las prestaciones originales de un elemento, máquina, instalación o edificio a lo largo del tiempo. (Loria, 2005)

Según Tejera (2003), el mantenimiento de un edificio es un conjunto de trabajos periódicos programados y no programados que se realizan para conservarlo durante el período de vida útil en adecuadas condiciones para cubrir las necesidades previstas. (Tejera, 2003)

Tejera (2003), planteó que el usuario del inmueble juega un papel importante en la realización de los mismos cuando este no depende de personal especializado, entre estas tareas pueden citarse: limpieza de las azoteas, pintura de interiores y exteriores, etc. Aquellas en las que el usuario del inmueble no sea capaz de llevarlas a cabo es necesario que se solicite un especialista para su ejecución. (Tejera, 2003)

Camacho (2009), en su trabajo de investigación, con el objetivo de documentar las herramientas utilizadas para planificar el mantenimiento de edificios, presenta los procedimientos utilizados para diseñar un Plan Modelo de Mantenimiento para edificios del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Para demostrar el funcionamiento de su propuesta tomó como base el edificio "Torre Z", el cual consta de 4 409 m² de construcción, ubicado en zona de San Pedro de Montes de Oca, San José y alberga

oficinas administrativas de la División de Servicios y División de Seguridad del ICE principalmente. El plan estaba enfocado en integrar el mantenimiento preventivo a un sistema donde se trabaja de forma correctiva, además se centra en crear una herramienta que permita generar históricos de mantenimiento. Mediante guías de ciclos de mantenimiento, inspecciones periódicas, intervenciones programadas y un sistema generador de base de datos, obtuvo un método para generar históricos de mantenimiento (estadísticas). (Camacho, 2009)

Camacho (2009), señaló: “Para llevar a cabo un sistema de planificación se debe crear los procedimientos y herramientas necesarios para medir el comportamiento de un edificio. Para ello se requiere de inspecciones periódicas, y a partir de ellas realizar las intervenciones requeridas (reparaciones, sustituciones, renovaciones y limpieza). Es importante que independientemente, de si una intervención se haya planificado o no, ésta se registre en una base de datos, para así generar registros históricos de mantenimiento. Si éstos se llevan a cabo, a futuro se podrán obtener índices de la cantidad de bienes y servicios demandados por cada edificio para cubrir sus necesidades de conservación, así poder estimar la cantidad y monto requeridos para dar mantenimiento a las edificaciones”. (Camacho, 2009)

Caro y Rubio (2019), realizaron su investigación en un Club de Esparcimiento que brinda servicios de entretenimiento familiar a sus asociados, contando con áreas implementadas y especializadas para poder desarrollar más de diez distintos deportes, talleres y cuenta con academias donde se promueve y se practican dichos deportes. (Caro y Rubio, 2019).

Como parte del proceso de la investigación, realizaron un diagnóstico actual al Club de Esparcimiento en estudio para lograr implementar todo lo propuesto referente al plan de mantenimiento preventivo. El principal objetivo del trabajo de investigación desarrollado fue reducir los costos operativos del área de mantenimiento con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. (Caro y Rubio, 2019).

Zavala C. (2018) en su investigación tuvo como objetivo diseñar un plan de mantenimiento preventivo aplicando principalmente la técnica RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) y otras herramientas como análisis de criticidad, análisis funcional, diagrama de bloques, árboles de fallas y análisis de FMECA para un chancador primario Fuller. (Caro y Rubio, 2019).

La finalidad de su investigación surge a causa de que en la compañía minera Mantos Copper, operación Mantoverde se aplicaba muchas veces mantenimiento correctivo a su chancador primario Fuller, lo que afectaba directamente en los volúmenes de producción y en los costos de mantenimiento. (p.17) [...] (Caro y Rubio, 2019).

A partir de los resultados obtenidos el autor concluyó que al realizar un estudio de las fallas del chancador primario Fuller y entregar un plan de mantenimiento para evitar fallas tales como: el cambio del eje de extensión o la reparación del estanque de aceite del sistema de lubricación, se puede ahorrar en costos de mantención correctiva que superan los US\$200.000, ya que estas son fallas evitables aplicando una correcta pauta de mantención semanal. (p.111, 112). (Caro y Rubio, 2019).

Montoya S. (2017) en su tesis tuvo como objetivo, elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Estructuras del KAFEE debido a que no existía un adecuado control y seguimiento a las máquinas que se utilizaban en la producción e instalación de estructuras metálicas y junto a ello la falta de capacitación de personal, poca organización y poca administración de los equipos. Todo lo mencionado generaba bajo rendimiento y eficiencia de los equipos ocasionando altos costos por fallas, paros de producción y reduciendo la vida útil de las máquinas al no contar con información confiable del estado del equipo y el cumplimiento de las actividades de mantenimiento.(Pág.12)[...] (Caro y Rubio, 2019)

La metodología para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo fue en base a la elaboración de fichas técnicas de los equipos críticos los cuales fueron seleccionados por el director de la producción y la directora administrativa de los procesos junto con la ayuda de los operarios que eran

los que tenían mayor conocimiento sobre el uso de la maquinaria. También realizó la distribución de la maquinaria mediante un layout de la planta e inventario y codificó los equipos críticos para poder tener una mejor administración de ellos. (Caro y Rubio, 2019).

Montani (2000) en México en el artículo científico: La carbonatación, enemigo olvidado del concreto menciona: La carbonatación es un fenómeno natural que ocurre todos los días en miles de estructuras de concreto en todo el mundo. Es un proceso bien comprendido que ha sido investigado y documentado perfectamente. Así mismo define ¿Qué es la carbonatación?, Factores que afectan la carbonatación, Estrategias de reparación y protección; concluye enfatizando la necesidad de que Estados Unidos reconozca a la carbonatación como una causa seria de la corrosión del acero de refuerzo, por lo que es necesario para evitar esta secuela se efectúen las pruebas de la profundidad de carbonatación, y deben siempre incluirse en la evaluación del concreto dañado por corrosión. (Montani, 2000)

Moreno, Domínguez, Cob, & Duarte (2004) en México publicaron el estudio del efecto que causa la relación agua/cemento en la velocidad de carbonatación usando cámara de aceleración, para ello diseñaron cuatro diferentes tipos de mezclas de concreto para su estudio en ambientes acelerados de CO₂, con el fin de determinar sus coeficientes de carbonatación para cada una. Por cada mezcla se elaboraron 12 probetas cilíndricas de concreto simple de 7,5 cm de diámetro y de 15 cm de altura para realizar las pruebas de profundidad de carbonatación, 4 probetas de 10 cm de diámetro y de 20 cm de altura para determinar la porosidad, y 3 probetas de 15 cm de diámetro y de 30 cm de altura las cuales se utilizaron para determinar el esfuerzo a la compresión. También elaboraron por cada mezcla 3 probetas de concreto en forma de prismas de 5 x 10 x 20 cm. reforzadas con dos varillas de acero # 3, a las que las expusieron a carbonatación acelerada en una cámara por 121 días. Como conclusión mencionan que existe una relación entre la pérdida de masa por secado al ambiente y el tipo de mezcla; a mayor a/c, mayor porcentaje de pérdida de masa. La profundidad de carbonatación varía de acuerdo al tipo de mezcla

siendo mayor profundidad de carbonatación conforme aumenta relación a/c. (Moreno, Domínguez, Cob, & Duarte, 2004)

Babiche (2004) en Perú a través del Instituto Peruano de Energía Nuclear publicó: Carbonatación del recubrimiento de concreto; en el que se menciona que el acero de refuerzo y el concreto conforman el “hormigón armado” porque presentan una buena adherencia y sus coeficientes de dilatación térmica son del mismo orden. La carbonatación, es un fenómeno natural que ocurre todos los días en miles de estructuras de concreto en todo el mundo. En estructuras de concreto que no contengan acero de refuerzo, la carbonatación es, generalmente, un proceso de pocas consecuencias, sin embargo, en el concreto reforzado, este proceso químico aparentemente inocuo, avanza lenta y progresivamente hacia adentro desde la superficie expuesta del concreto, y asalta al acero de refuerzo causando la corrosión. Aunque la carbonatación es una causa de la corrosión menos importante que los cloruros, no por ello es menos seria en términos del daño que provoca y del dinero que cuesta remediar sus efectos, concluyendo que es importante el uso de inhibidores de corrosión aplicados a la superficie que se difundan a través del concreto. (Babiche, 2004).

Thiery, Dangla, Villain, & Platret (2005) en Francia en la X-DBMC International Conférence On Durability of Building Materials and Components; presentaron un modelo de predicción para la carbonatación a través iones de $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ y reacciones químicas, en el que mencionan que es un hecho reconocido que la corrosión del acero reduce la capacidad de servicio y la seguridad del hormigón armado. Por lo general, las condiciones de alta alcalinidad en el hormigón conducen a la formación de una capa pasiva en la superficie del acero. Sin embargo, la difusión natural del dióxido de carbono atmosférico (CO_2) en el hormigón induce una disminución del valor de pH del agua intersticial después de reacciones con hidratos tales como portlandita Ca(OH)_2 y silicato de calcio hidratado CSH. Concluye que el modelo propuesto basado en la transferencia de $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ acopladas y reacciones químicas genera resultados interesantes, que

permiten mejorar la comprensión global de los procesos de carbonatación y constituyen una poderosa herramienta de predicción.

Carvajal, Silva, Valiente, & Venegas (2007) en Chile en la revista científica de la Construcción publicaron: Los efectos de la carbonatación acelerada en distintos tipos de cemento y hormigones. Se realizó la investigación experimental en diversos tipos de cemento chileno y tres razones agua/cemento (0,45; 0,50 y 0,55), teniendo como conclusión: En base a las probetas cortadas por la mitad, que se aplicó fenolftaleína, se determinó que los cementos que presentaron el mejor comportamiento frente al ataque de CO₂ fueron el Portland corriente, el segundo un 25% menos efectivo; la penetración de CO₂ en probetas confeccionadas con la razón a/c de 0,45 fue aproximadamente el 50% inferior a la penetración obtenida con las razones a/c de 0,50 y 0,55; entre otras.

Chavéz, Pérez, Reyes, Corvo, & Osorno (2010) en Cuba publicaron: Carbonatación de concreto en atmósfera natural y cámara de carbonatación, para ello construyeron 12 vigas de concreto simple (15 x 15 x 60 cm), de las cuales se elaboraron 6 vigas de concreto con relación a/c 0,49 y 6 vigas de concreto con relación a/c 0,69; se realizaron en los agregados pruebas de absorción, humedad, permeabilidad, consolidación y granulometría de acuerdo a los requerimientos de las normas mexicanas (NMX-C-111, 2004). La relación a/c empleada para la elaboración de la mezcla, se eligió considerando las características de absorción que presentó el agregado grueso proveniente de la trituración de roca caliza. Llega a concluir que los factores principales en el proceso de carbonatación son la porosidad del concreto y de la humedad relativa del medio ambiente. Así mismo la relación a/c repercutió en el proceso de avance del frente de carbonatación en el concreto elaborado con agregados calcáreos. El uso de ensayo acelerado mediante cámara de carbonatación es una herramienta importante que permite aproximar en períodos cortos las condiciones de avance de la neutralización del concreto originados por el CO₂.

Galán (2011) en España estudió: La carbonatación del hormigón teniendo en consideración la combinación de CO₂ con fases hidratadas del

cemento y frente al cambio de pH, lo desarrollo de manera experimental, para ello fabricó pastas de cemento, morteros y hormigones (concretos), los que se sometieron a diferentes procesos de carbonatación natural, acelerada y supercrítica.

Con diferentes técnicas de caracterización, teniendo como resultados experimentales dos bloques; el primero de carbonatación natural y el segundo de acelerada, siendo las más importantes y de interés para el investigador las que menciona: **Carbonatación Natural: (Pastas; Cantidad de CO₂ Vs Tiempo)**. Las probetas fabricadas con cemento con caliza, presentan valores considerablemente superiores al resto. El parámetro **A** (la amplitud), equivale al máximo de absorción de CO₂ varían entre 15 y 30% en el exterior y entre 15 y 20% en el interior. Las probetas del interior son las que menor máximo de CO₂ absorbido presentan, variando a/c 0,6 entre 12 y 20% y en las de a/c 0,45 entre 14 y 23%. En el exterior protegido entre 17 y 30% para a/c 0,6 y entre 18 y 38% para las de a/c 0,45. En el exterior no protegido los valores se encuentran entre 18 y 35% en las de a/c 0,6 y entre 17 y 26% en las de 0,45. **(Porosidad)**. Probetas a los 28 días con relación a/c 0,6 presentan mayor porosidad que las de a/c 0,45, en algunos casos llegando incluso al doble. En general, el volumen de poros en las probetas de a/c 0,45 se encuentra entre 20 y 30% y en las de 0,6 entre 30 y 40%. **(Medida y Peso)**. En probetas de a/c 0,5 y 0,45 las pérdidas de peso en el secado son ligeramente inferiores en las de a/c 0,45, y las ganancias posteriores ligeramente superiores en las de a/c 0,5. **(Profundidad del frente de cambio de pH vs tiempo $x = k \cdot \sqrt{t}$)**.

Galán (2011). También menciona que los hormigones tipo edificación presentan constantes de proporcionalidad superiores, alrededor del doble. **(Cantidad de CO₂ combinado en un año)**.

Las probetas del exterior no protegido absorben más CO₂ en la zona de pH<8-9 que las del exterior protegido, las probetas del interior son las que menos absorben, en el exterior no protegido varían entre 15 y 25%, en el exterior protegido entre 10 y 25%, y en interior entre 5 y 20%. **Carbonatación Acelerada: (Carbonatación de pastas a 0,5% CO₂ 1**

año: Peso). Existe una pérdida de peso durante estabilización en (Humedad relativa) HR constante y una ganancia de peso por carbonatación 0,5% CO₂ en HR constante. **(Profundidad del frente de cambio de pH).** Mediante el indicador de pH de fenolftaleína solo las probetas estabilizadas y carbonatadas en HR de 53% y 65% presentaban un pH inferior a 8, siendo esta mayor en las probetas de mayor a/c. En ambas relaciones a/c la 'profundidad' de las probetas carbonatadas al 53% de HR es mayor que la de las probetas carbonatadas al 65%. **(Porosimetría).** Antes de la carbonatación las probetas tienen porosidades similares, alrededor del 25%, después de la carbonatación las probetas disminuyen su porosidad, lo que implica que no tiene ninguna relación con la humedad relativa, con la mayor o menor carbonatación, ni con la relación a/c. (Galán, 2011). En consecuencia concluye:

Que se logró obtener las ecuaciones que describen la evolución temporal de los procesos de absorción de CO₂, y avance del frente de pH en el hormigón. Asimismo, encontró ecuaciones sigmoideas para describir la distribución espacial del carbonato cálcico y de la portlandita en el interior del material. Los parámetros relacionados con las propiedades mecánicas y químicas del cemento y del hormigón. Las propiedades de durabilidad del hormigón armado se consiguen gracias a la acción protectora que el hormigón ejerce sobre el acero. Además de suponer una barrera física que dificulta la entrada de agentes agresivos, la elevada alcalinidad del hormigón desarrolla sobre el acero una capa pasiva que lo mantiene inalterado mientras no se modifiquen esas condiciones. La carbonatación, produce una disminución del pH, la que, si llega a alcanzar la armadura da lugar a la destrucción de la capa pasiva del acero y a la corrosión generalizada del mismo; el principal producto de la reacción de carbonatación es el carbonato cálcico, el que, por su estabilidad hasta temperaturas por encima de los 600°C fija el CO₂ de manera irreversible en condiciones normales de presión y temperatura. (Galán, 2011)

Campos (2011) en México, desarrolló la investigación: Carbonatación del concreto en condiciones aceleradas y naturales: Aplicación al ambiente de la zona metropolitana de Monterrey, lo realizó con especímenes de

forma cilíndrica de 7,5 x 15 cm. los que para cuantificar la carbonatación natural fueron sometidos en laboratorio a un ambiente de $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\pm 5\%$ humedad relativa. A carbonatación acelerada, fueron almacenados en un cuarto con una humedad relativa de 60 % y una concentración de CO_2 de 5 y 100%. Para el 100% de concentración de CO_2 se realizaron pruebas a 1, 2 y 5 días, para el 5% de concentración de CO_2 se realizaron pruebas a 1,26 meses de exposición, con lo que obtuvo los siguientes resultados: Determinó la relación entre el coeficiente de carbonatación y la resistencia a la compresión a los 28 días. La misma que a igual resistencia a la compresión, el coeficiente de carbonatación aumenta conforme crece el porcentaje de reemplazo de la ceniza volante. Existen fuertes relaciones entre la carbonatación realizada en un ambiente natural con la realizada en condiciones aceleradas. En consecuencia, concluye: Que el coeficiente de carbonatación aumenta, con el incremento de ceniza volante adicionada. El coeficiente de carbonatación es mayor, para especímenes con bajo contenido de CaO en la ceniza volante. Existen fuertes relaciones entre la profundidad de carbonatación de especímenes expuestos al ambiente natural y los expuestos a una cámara de carbonatación acelerada. (Campos, 2011).

Lee, Kim, Lee, & Cho (2012) en Corea, en la International Journal of Civil and Environmental Engineering, publicaron el estudio para el grado de carbonatación en concreto utilizando el indicador de fenolftaleína, en el que se menciona que una estructura de concreto se diseña y construye con un propósito de uso, y se espera que mantenga su función por muchos años lo cual es el objetivo. Sin embargo, a medida que pasa el tiempo, las estructuras se deterioran gradualmente y luego se degrada hasta el punto en que la estructura no puede ejercer la función para la cual fue construida. El tema de durabilidad es importante, pero esta se ve afectada especialmente por el daño que causa el cloruro, la carbonatación, el congelamiento descongelamiento, etc. En el estudio presentado resaltan que la carbonatación es una de las principales causas del deterioro de la durabilidad de una estructura de hormigón, por lo que se investigó este factor cómo afecta al concreto a través de una técnica de análisis de

microestructura, utilizando el método indicador existente y el método de medición del progreso de la carbonatación de forma cuantitativa se estudió simultáneamente utilizando un espectrómetro FT-IR (Infrarrojo de Transformada de Fourier) junto con la técnica de análisis de microestructura. Para la investigación se elaboró una muestra de forma cúbica de 50 × 50 × 50 mm según lo normado por la ASTM. Dichas muestras las elaboró con cenizas volantes en una proporción de reemplazo del 20% de cemento Portland en masa, para determinar el cambio en la profundidad de la carbonatación en función de la relación agua/cemento, siendo en las proporciones de 0,40; 0,45; 0,50, y se elaboraron muestras de hormigón en 3 piezas en cada prueba para un total de 155, con lo que se midió el cambio de profundidad. Como resultado obtuvo que a medida que la relación a/c aumentó, la profundidad de la carbonatación apareció notablemente. En los casos de pasta y mortero, no hubo diferencias significativas en la velocidad de aumento en la profundidad de carbonatación. (Lee, Kim, Lee, & Cho, 2012)

Moreano & Palmisano (2012) en Perú efectuaron el estudio: Afectación de la contaminación atmosférica, efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM10 y CO, para ello se escogió un área de muestra en la Pontificia Universidad Católica del Perú, el campus universitario que cuenta con vida silvestre, áreas verdes, tráfico de personas y vehículos siguiendo la metodología de toma de muestras conocida como monitoreo densiométrico pasivo de la calidad del aire; teniendo como resultados: Que existe contaminación, más por el lado de las partículas en suspensión que por las de monóxido pues los valores resultaron por debajo de los estándares permitidos, por lo que se optó por utilizar datos vigentes de otro compuesto, SO₂ y de esta manera poder desarrollar ecuaciones que expliquen la presencia de ciertos fenómenos y cuantificarlos, así mismo concluye: que la solución para corregir o disminuir el efecto de las emisiones en los materiales estudiados, es efectuar barreras verdes, las que debido a sus características propias, funcionan como filtros naturales. (Moreano & Palmisano, 2012).

Tung (2013) en Francia en The Open Civil Engineering Journal publica: modelamiento de procesos de carbonatación en materiales de cemento, dicho estudio lo efectuó preparando muestras de mortero de cemento y pasta de cemento a las que sometió a carbonatación acelerada a 20 ° C, 65% de humedad relativa, 20% ó 50% de concentración de CO₂. La profundidad de carbonatación se determinó usando la prueba clásica de fenolftaleína. Se hizo el análisis termogravimétrico. Obteniéndose diferentes factores que influyen en el proceso de carbonatación, tales como: concentración de CO₂, tipo de material, exposición superficial al CO₂, porosidad accesible al agua, duración de la carbonatación. En base a los resultados experimentales, se desarrolló una simulación numérica para predecir la profundidad de carbonatación. (Tung, 2013).

Silva, V. P. (2004). El 11 de setiembre de 2001, un ataque terrorista destruyó las dos torres del World Trade Center (WTC), en New York (NY), y parte del edificio del Pentágono, en Washington. “Los dos edificios estuvieron sometidos a incendios muy intensos y las estructuras de acero del WTC y de concreto del Pentágono no resistieron. Según Silva, V. P. (2004), las conclusiones de los estudios realizados para explicar las causas del colapso de las torres gemelas apuntaron a diferentes direcciones: “deformaciones axiales exageradas de las vigas-arriostramiento de piso (Usmani et als., 2003); insuficiente espesor del revestimiento contra fuego (Quintiere, 2002); aumento de los esfuerzos en los pilares centrales por la destrucción de parte de ellos debido al choque del avión y el desprendimiento del revestimiento de las estructuras de acero con la consiguiente reducción de su capacidad resistente en incendio (Kodur, 2003 y NIST, 2005a); deformación axial exagerada del arriostramiento del piso asociada a daño del revestimiento contra-fuego, provocando la flexión de los pilares que no resistieron (NIST, 2005b). La estructura del WTC era bastante sencilla: un gigantesco tubo externo proyectado para resistir los esfuerzos de viento y un conjunto de pilares internos proyectado tan solo para fuerzas verticales. La unión era una losa apoyada en viguetas metálicas (steel joists) que debían garantizar la estabilidad del conjunto. El

choque causó la destrucción parcial del tubo. Esa gigantesca fuerza horizontal no causó el colapso, ya que el tubo poseía capacidad de redistribución de los esfuerzos verticales y porque el edificio había sido proyectado para esfuerzos horizontales de vientos de gran magnitud y choques de avión, aunque de menor envergadura de la realmente alcanzada. El incendio provocado por el choque fue alimentado en parte por el queroseno del avión, que aumentó bruscamente la temperatura de los gases calientes si se le compara con los incendios a base de material celulósico (madera, papel, textiles, etc.). Pero la participación de este tipo de combustible, también, no era tan importante, porque la causa del derrumbamiento de las estructuras, en general, no es el tiempo bajo altas temperaturas, pero si la temperatura máxima que alcanza el acero y debería suponerse que la protección contra incendios ha sido calculada para esta temperatura elevada. A los pilares centrales se les había retirado el revestimiento y alcanzaron temperaturas más altas que las previstas en el proyecto. En virtud del calor cedieron los arriostramientos aumentando la longitud del pandeo de los pilares. El conjunto de sustentación de las losas colapso y las losas cayeron unas sobre otras provocando un colapso progresivo, derribando las torres. Lo que se debe enfatizar es que no fue un “incendio” lo que derribó las torres WTC 1 y 2 y si una sucesión de acciones excepcionales provocadas por un “acto de terrorismo” imprevisto, hasta entonces en proyecto. Por otro lado, la causa de la caída del WTC 7, edificio construido con acero, de 47 pisos, parece haber sido el incendio (las investigaciones aún no han concluido). En el centro del edificio había estructuras de transición que fueron afectadas durante cerca de 7 horas por el intenso calor, proveniente de la explosión de una tubería de transporte de combustible a base de hidrocarburos. Esta alta temperatura prolongada es completamente diferente a la de un incendio, por severa que sea pero convencional, en que se da una brusca elevación de la temperatura y su posterior descenso. Simplificando podría decirse que el incendio en el WTC 7 recuerda los incendios ocurridos en túneles”. (Silva, V. P. 2004).

Xargay, et al. (2016). Los efectos destructivos de la exposición a las altas temperaturas han ocasionado una gran cantidad de accidentes severos, tal es el caso del incendio del edificio Windsor (Madrid, España), de 32 pisos, que poseía una estructura resistente compuesta por elementos de acero y hormigón armado y que había sido diseñado bajo las normas del código Español de edificación que regía en su época de construcción. Cuando el fuego comenzó, se propagó rápidamente a través del edificio y en consecuencia, toda la estructura resultó severamente dañada comprometiendo la estabilidad global de la estructura. (Xargay, et al. 2016).

Otro ejemplo importante, es el incendio en el “Channel Tunnel”, túnel que conecta Inglaterra y Francia, que se desató en el año 1996 y tuvo una duración de 10 horas con temperaturas que alcanzaron los 700°C. A raíz del incendio, su estructura de hormigón reforzado con fibras sufrió un importante descascaramiento superficial en una longitud mayor a 100 metros. Además de las preguntas que surgieron en torno a la seguridad estructural y a las pérdidas económicas (US\$1.5M por día, durante los 6 meses de su clausura por reparaciones), el incendio del túnel dejó entrever la falta de conocimiento que existe respecto de los mecanismos que gobiernan el comportamiento del hormigón bajo altas temperaturas. (Xargay, et al. 2016).

Sin embargo, las altas temperaturas no sólo se presentan como parte de un siniestro, sino que también pueden formar parte de la vida útil de la estructura como es el caso de los reactores nucleares, los hornos y las chimeneas industriales, que a pesar de no estar expuestos a temperaturas extremadamente altas, deben ser diseñados para funcionar a temperaturas mayores a la ambiente, tal es el caso de un reactor nuclear que opera a temperaturas que rondan los 300°C. Por esta razón, los códigos de diseño estructural generalmente se limitan a establecer recubrimientos mínimos de hormigón, que garanticen en el acero temperaturas menores a la crítica durante un tiempo razonable de exposición al fuego. (Xargay, et al. 2016). En este trabajo, se presenta una síntesis del estado del conocimiento relativo a los efectos que causan las temperaturas elevadas sobre el

hormigón y se presenta una campaña experimental actualmente en desarrollo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, avocada al estudio de la incidencia de la calidad del hormigón y de la adición de fibras sobre el comportamiento del hormigón frente a la acción térmica. (Xargay, et al. 2016).

Castillo J. (2017) en su trabajo de investigación planteó desarrollar un plan de mantenimiento preventivo en base al modelo de gestión de calidad TPM (Mantenimiento Productivo Total) enfocándose en los equipos críticos de la edificación central de una compañía de servicios en el mercado de seguros. (Caro y Rubio, 2019).

En la compañía de seguros los equipos no contaban con un plan de mantenimiento preventivo de calidad, provocando la deficiencia en la gestión de mantenimiento para los equipos de climatización, transporte y generación eléctrica, considerados críticos dentro de las instalaciones de la edificación. (Caro y Rubio, 2019).

El trabajo se ejecuta según un esquema de solución de 3 etapas, con las cuales se pretende responder y cumplir los objetivos planteados, comenzando por un diagnóstico de los equipos, mediante la identificación y descripción de aquellos que son críticos para la compañía, dando paso luego al análisis de factores críticos que corresponden al proceso de mantenimiento, generando así indicadores de desempeño adecuados para el monitoreo eficiente (p.10) (Caro y Rubio, 2019).

Frente Cívico de Loreto (1998), refiere: “En una manifestación pública del 24 de octubre de 1998, se produjeron disturbios debido a la presencia de los miembros del “Comité en Apoyo de la Paz y el Desarrollo de Loreto” creado por el gobierno central con el objetivo de contrarrestar al “Frente Cívico de Loreto” que convocó a una demostración pública de apoyo a los acuerdos con el Ecuador, en la esquina de las calles San Martín y Huallaga. La multitud saqueó y quemó el hotel “Río Grande” donde estaban reunidos una comitiva oficial enviada desde Lima, prosiguió a saquear y quemar la

sede del CTAR-Loreto (calle Ricardo Palma y Ramírez Hurtado) y el local de pesquería ubicado en el cruce de las calles San Martín / Ramírez Hurtado. Se saquearon e incendiaron los siguientes edificios: Edificio de la SUNAT (Putumayo 1ra cuadra), el local de “Canal 7” denominado “radio y Televisión del Perú “RTP” (Raimondi 1ra cuadra), edificio de Contraloría General de la República (esquina calles Napo / Raimondi), local de la Municipalidad distrital de Punchana (Intersección avenidas Freyre / 28 de Julio), incendio y saqueo de la sede de la Corte Superior de Justicia de Loreto; saqueos de la sede central del Banco de la Nación (Intersección calles La Condamine / Yavarí), y el Banco de Materiales (calle Putumayo)” (Frente Cívico de Loreto, 1998).

Estas edificaciones se recuperaron y la única que no se sometió ni a evaluación y tampoco a su recuperación posterior fue la parte de la edificación que correspondía a la Dirección de Pesquería, materia de investigación en la presente tesis.

El tema de planificación del mantenimiento debe ser de interés para que el Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Científica del Perú promocióne en sus estudiantes de término de carrera, proyectos de investigación de este tipo, pues existe poca documentación del tema especialmente índices y estadísticas. Además actualmente el ritmo de la construcción ha empezado a disminuir debido a la crisis financiera actual, por lo que se debe dar mayor interés en conservar las edificaciones para que éstas alcancen su vida útil de diseño, por lo que se debe propender desde la academia obtener un modelo con base técnica para transformar el modo de operación actual de atención de los edificios a uno que incluya planificación y medidas preventivas (Camacho, 2009).

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. Control del proceso de edificación, planeamiento, construcción, administración y mantenimiento

“Uno de los requisitos más importantes que debe de cumplir un edificio es el de mantenerse estable ya que si no cumple con esto no podrá satisfacer las necesidades, todos los materiales, componentes y equipos de la edificación, así como los medios y métodos que se utilizan para su construcción, deben de ser controlados con el fin de garantizar que se cumpla con todas las especificaciones del proyecto como tal. Es muy importante tener claro que el ciclo que hace cumplir los planes trazados y lograr las metas propuestas son: planeamiento donde se establecen como se van a desarrollar las actividades previas, se toman decisiones básicas hasta el último evento antes de iniciar los trabajos, también se encontró la fase de construcción que comprende todos los trabajos que van a ser efectuados en el terreno y que culmina con la entrega definitiva”. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Según Quintero, Solano y Pandales (2013), *“La función del control en la construcción, que en los aspectos de orden técnico busca garantizar la calidad de las obras, no concluye con la entrega definitiva”* (Puyana, 1986). La calidad durante el proceso de edificación, incluyendo la ejecución de obra se debe proyectar a la etapa de servicio, ya que el edificio debe de mantener no solo buen aspecto, sino fundamentalmente, satisfacer las necesidades y todas las expectativas de los usuarios durante el periodo de su vida útil; por eso es tan importante tener un control durante las etapas de planteamiento y construcción, y llevar a cabo un mantenimiento durante el periodo de servicio, este mantenimiento consiste en un conjunto de labores de aseo, higiene, renovación y reconstrucción los cuales deben efectuarse para que conserven o restablezcan al máximo las condiciones de apariencia del edificio. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

El uso de la infraestructura inevitablemente genera un desgaste, ésta va acompañada del envejecimiento y va relacionada inclusive con la calidad del proyecto inicial, el uso de materiales apropiados, la mano de obra y dirección

técnica idónea y el cumplimiento de las especificaciones técnicas de diseño durante la ejecución, así como de un control y supervisión, efectivos. Al concluirse la construcción todos tienden a pensar que cesa la inversión en ella, sin embargo, ésta requerirá siempre de un mantenimiento para asegurar el adecuado desempeño durante toda su vida útil. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Una edificación debe llegar al cumplimiento de su vida útil, garantizando la seguridad y el confort para sus ocupantes. Los daños y colapsos de las edificaciones se deben, generalmente a la falta de control de calidad en la construcción y a una ineficaz o ausencia de supervisión técnica. Durante la vida útil de una edificación se van a presentar daños, unos leves, moderados y otros severos, dependiendo la causa que los genere, los cuales deben de ser reparados tratando de minimizar la vulnerabilidad del edificio. (Quintero, Solano y Pandales, 2013)

“Para realizar un plan de mantenimiento se toman aspectos de mantenimiento preventivo y correctivo, y el costo de oportunidad para aplicar cada uno con el propósito de seleccionar el método menos costoso para atender las necesidades de cada edificio. La ley Sitter señala que el mantenimiento correctivo puede llegar a ser cinco veces más costoso que el mantenimiento preventivo (Do Lago, 1997)” (Camacho, 2009). “El administrador de edificios debe sopesar la cantidad de mantenimiento preventivo y correctivo brindada, porque, si bien es cierto, el costo de reparar anticipadamente una falla es menor, el gasto incurrido en la inversión de trabajar preventivamente puede llegar a ser mayor a operar correctivamente (Matulionis & Freitag, 1990)” (Camacho 2009). “Para llevar a cabo un sistema de planificación se debe crear los procedimientos y herramientas necesarios para medir el comportamiento de un edificio. Para ello se requiere de inspecciones periódicas, y a partir de ellas realizar las intervenciones requeridas (reparaciones, sustituciones, renovaciones y limpieza). Es importante que independientemente, de si una intervención se haya planificado o no, ésta se registre en una base de datos, para así generar registros históricos de mantenimiento. Si éstos se llevan a cabo, a futuro se

podrán obtener índices de la cantidad de bienes y servicios demandados por cada edificio para cubrir sus necesidades de conservación, así poder estimar la cantidad y monto requeridos para dar mantenimiento a las edificaciones”. (Camacho, 2009).

“Un plan de mantenimiento (preventivo/correctivo) provee beneficios tanto a los usuarios del edificio como al encargado de administrar el mantenimiento, pues busca minimizar las fallas prematuras de los elementos componentes de un edificio, también anticipar que estas fallas se den y poder atenderlas a tiempo” (Camacho, 2009). Para lograr el diseño del plan de mantenimiento se necesita una revisión documental para proveer de base teórica y técnica a los procedimientos y herramientas generados en otros planes de mantenimiento de infraestructura similar; debe realizarse entrevistas con el personal involucrado en el mantenimiento de los edificios. También se necesita aplicar entrevistas al personal de mantenimiento de otras instituciones públicas y privadas y organizaciones dedicadas al rubro de mantenimiento y conservación de obras civiles si los hubiera. Para adaptar el plan de mantenimiento a los edificios públicos de toda una ciudad o región, se debe evaluar desde los proyectos, los procesos constructivos, la antigüedad, el servicio que presta la edificación; y, el método de operar de una muestra de edificios para proyectar a la población, los deterioros y fallas más comunes para la tipología de edificios de la muestra, tomando como base un edificio patrón.

En el caso específico de haberse realizado trabajos de mantenimiento preventivo anteriores, se evalúa el Proceso de Ejecución Técnica del Servicio, y a partir de la evaluación y de una revisión documental, se elabora una matriz de guías de ciclos de mantenimiento preventivo; asimismo, para la obtención de registros históricos de mantenimiento, se crea una herramienta para registrar los reportes de mantenimiento de cada edificio y puedan ser consultados de forma ágil y automatizada (Camacho, 2009). “Las herramientas para planificar el mantenimiento están integradas en un sistema gestor de base de datos. Para la realización de este proyecto se utiliza Microsoft Access. Éste permite realizar consultas automatizadas de los reportes de mantenimiento y crear informes. Para recopilar la información de

las actividades de mantenimiento se elaboraron dos tipos de formularios: uno para inspecciones y otro para intervenciones. Para que el plan de mantenimiento pueda ser funcional se deben integrar todos los procedimientos y herramientas de planificación como lo son las guías de ciclos de mantenimiento, inspecciones periódicas a los elementos de un edificio y realizar intervenciones como resultado de un reporte de alguna inspección. A su vez, estos reportes quedarán registrados en la base de datos para consultas posteriores” (Camacho, 2009).

A la hora de realizar una inspección en una edificación se deben de identificar bien cuáles pueden ser las probables causas por las que se degrada dicha edificación, las cuales pueden ser: problemas propios de la construcción, acciones externas, el terreno, las condiciones climáticas, desarrollo constructivo, el material u otra causa; y justamente, es por eso que es muy importante determinar bien cuál es el origen del deterioro para adoptar bien la solución adecuada. (Quintero, Solano y Pandales, 2013)

1.2.2. Seguridad y evaluación de la seguridad en los edificios

La seguridad de un edificio se alcanza cuando es realmente capaz de soportar, sin el mínimo deterioro y de forma estable, el conjunto de acciones a que se ve sometido por los usos para los que ha sido construido y por los efectos del medio físico en que se ubica durante un tiempo de vida cuya duración depende de los criterios vigentes en cada sociedad y momento histórico concreto (García, 2014).

El conocimiento que aporta la Ingeniería de Materiales y diversos trabajos de investigación sobre la durabilidad del concreto y las acciones degradantes a los que está expuesto durante su vida, permiten realizar evaluaciones teóricas sobre el grado de seguridad de un edificio, a través de ensayos de capacidad resistente de los materiales y del cálculo de la rigidez y flexibilidad de la estructura integral; asimismo, del establecimiento de la geometría de los elementos estructurales y sus dimensiones mínimas resistentes a la fecha de su evaluación. La evaluación puede realizarse a partir del modelamiento

estructural, utilizando métodos de cálculo actuales que arrojan resultados lo suficientemente aproximados al comportamiento real de la estructura. De esta forma, es posible acercarse al conocimiento de las acciones admisibles en ésta transcurrido un periodo de su uso y, emitir opinión sobre su capacidad (suficiencia) o incapacidad para soportar las cargas a las que está sometida y las acciones ambientales degradantes del entorno. (García, 2014).

El desarrollo del proyecto de edificación, su estudio definitivo de ingeniería y la ejecución permiten suponer la seguridad del edificio con suficiente garantía a pesar de que la generalidad de valores son estimados tanto en la calidad de materiales usados, como en las acciones previsibles, resistencias de rotura, módulo elástico, módulo de corte y deformaciones, están evaluadas en base a porcentajes probabilísticas que no suponen la certeza absoluta; sin embargo, en el proceso de diseño estructural, la mayoración de las acciones, minoraciones de resistencia y otros recursos, permiten establecer grados de seguridad cuya validez y eficacia muestra la práctica ingenieril; no obstante, muy poco, la ingeniería ha evaluado el comportamiento de las edificaciones durante o más allá de su vida útil estimada (García, 2014).

Para la evaluación de edificaciones de concreto armado antiguas habría que aplicar técnicas y ensayos especiales tan pronto haya pasado algún evento o incidente causante o agravante de deterioro como el caso de incendios, en base a casuística de la ingeniería de conservación y mantenimiento de obras civiles. “El procedimiento más eficaz para la evaluación de elementos parciales es el sometimiento de los mismos a pruebas de carga, lo que no es factible como aplicación integra sobre un edificio, dada la extensión, diversidad y diferente grado de simultaneidad en el conjunto de acciones concurrentes”. (García, 2014).

1.2.3. El umbral de seguridad en los edificios

En las actuaciones de conservación y mantenimiento sobre edificaciones antiguas se carece tanto de la referencia a una normativa como de una clasificación normalizada de sus elementos estructurales y no estructurales

según sus características técnicas y conservación de sus propiedades físicas y mecánicas a lo largo de su vida útil. García (2014), para el caso español establece, tres escalones en la clasificación de las edificaciones según la época en que se construyeron:

- Conforme a un tiempo sin normativas. Las estructuras anteriores al siglo XIX no responden a métodos de cálculo sino a procedimientos empíricos.
- Conforme a normativas derogadas.
- Conforme a la normativa vigente. Los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, las solicitaciones y la capacidad resistente y de deformaciones establecidos se basan en consideraciones probabilísticas. (García, 2014).

García (2014) clasifica el *nivel de seguridad* que puede alcanzar cada edificación, de acuerdo a su estado físico de conservación hasta en cuatro estados: de confianza, precariedad, peligro y de ruina física.

- **Estado de confianza:** No se aprecian situaciones de riesgo en la edificación. (García, 2014).
- **Estado de precariedad:** Se detectan carencias en la edificación que disminuyen las garantías de seguridad por debajo del nivel considerado como adecuado, pero sin poner en peligro su estabilidad y habitabilidad al no descender a índices críticos. (García, 2014).
- **Estado de peligro:** La edificación no puede soportar las acciones a que puede verse sometida en su utilización normal, tales como sobrecargas de uso o acciones naturales previsibles como viento y nieve. Así mismo, esta calificación es aplicable cuando la estructura o la parte considerada ofrece daños tales como roturas, deformaciones extremas o desarticulaciones, niveles visibles de corrosión del acero y carbonatación del concreto que ya no es posible aplicar los procedimientos de cálculo para investigar su capacidad resultante, manteniéndose en pie la edificación mediante una indeterminada redistribución de cargas en sus elementos, ya sean estructurales o no. (García, 2014).
- **Estado de ruina física:** “El edificio original pierde su identidad como tal, debido a la reconversión total o parcial de su construcción en un conjunto de

elementos residuales inútiles para el uso originario. Se puede llegar a este estado por diversas formas degenerativas que comprenden desde una deformación paulatina de la construcción hasta sus últimas consecuencias, hasta el derrumbe fortuito” (García, 2014). Esta clasificación atiende al estado físico de las edificaciones, dejando a un lado otros términos por los que se puede alcanzar lo que se denomina “Declaración del Estado Ruinoso”. Esta declaración, de carácter administrativo, se obtiene cuando los daños en la edificación adquieren cierta relevancia conforme a unos límites establecidos en normativa de acuerdo a parámetros técnicos, económicos o urbanísticos. (García, 2014).

1.2.4. La Seguridad y vida de la edificación

El sistema estructural de los edificios se ve afectado tanto por los procesos naturales de metamorfosis que se producen en sus materiales como por el uso a que se destinan. “Inciden en su periodo de vida el nivel de calidad de los materiales, las técnicas de puesta en obra, los sistemas constructivos adoptados y la intensidad de ocupación y uso. La vida efectiva de la edificación resulta un factor más determinante en su nivel de seguridad que el de su edad de ejecución” (García, 2014). La aparición de deficiencias en el edificio constituye clara manifestación del fenómeno natural de agotamiento de su vida útil. (García, 2014).

Mediante un diagrama en el que se registre la relación entre la vida efectiva y el estado de conservación de un edificio se obtiene una línea descendente que indica una situación de declive acorde con el paso del tiempo. “El último tramo de esta curva se corresponde con lo que denominábamos ruina física. La adopción de medidas provisionales o definitivas puede evitar una evolución traumática de este proceso natural, pero no puede detenerlo”. (García, 2014). La acción de los agentes degradantes: el fuego, el agua, el viento, la exposición a la contaminación ambiental urbana, los insectos xilófagos, las explosiones, etc. puede agudizar la curvatura o introducir saltos en este diagrama, acortando la vida útil de la edificación (García, 2014). “La aparición de deficiencias no achacables a un proceso de envejecimiento

requiere la adopción de medidas con diverso carácter de urgencia según la magnitud del daño causado. En casos extremos, esta intervención puede resultar inútil para recuperar la habitabilidad del inmueble”. (García, 2014).

Aunque el nivel de seguridad pudiera experimentar una reducción ante la persistencia de unos daños estabilizados, su estado no calificará de precario siempre que dicho nivel no descendiera a un índice crítico y requiera intervención técnica; sin embargo, si se comprueba la persistencia de daños degenerativos procede la aplicación de un primer paquete de medidas que detengan tal proceso o, en el peor de los casos, protejan la integridad de las personas ante una situación irreversible. (García, 2014). Luego, en caso que se optara por un proceso de reparación de los daños, se adoptará las medidas tendentes a recuperar los niveles de habitabilidad. (García, 2014).

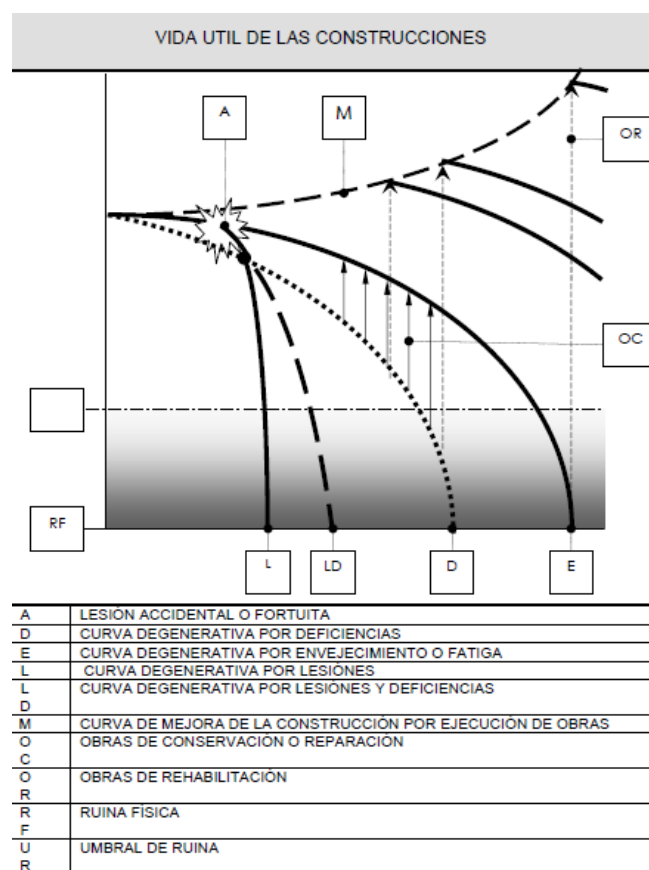


Figura 1. Vida útil de las construcciones

Fuente: Consideraciones sobre la seguridad en los edificios. (García, 2014)

1.2.5. Clasificación de las medidas de seguridad en los edificios

García (2014), clasifica las medidas de seguridad a tomarse con relación a las condiciones de habitabilidad de una edificación, en función del grado de estabilidad que ofrece el edificio en: preventivas, restitutivas, restrictivas, aditivas

- Preventivas.

Cuando el edificio ofrece garantías de estabilidad pero puede sufrir alteraciones por actuaciones internas: apeos en obras o reformas parciales, o externas: zonas de seguridad en demoliciones o excavaciones de edificios o solares próximos.

- Restitutivas.

Necesarias ante la aparición de daños en proceso degenerativo que sitúan al edificio en estado de peligro o ruina, ya sea en la globalidad del edificio o en alguna de sus partes o elementos estructurales. Las medidas necesarias tienden a garantizar las condiciones mínimas de seguridad: refuerzo o apeo de elementos estructurales agotados. (García, 2014).

Atendiendo al tipo de intervención que requieren:

- Restrictivas.

Cuando implican la supresión o condena de determinados espacios o instalaciones que no reúnen las condiciones de servicio o suponen un peligro ante la existencia de daños: estancias con forjados de piso cedidos, canalizaciones de agua ante la presencia de socavaciones, etc. (García, 2014).

- Aditivas

Suponen la instalación de elementos complementarios o supletorios de los deficitarios: sistemas de apeo y refuerzo. (García, 2014).

El técnico ante las medidas de seguridad La panorámica de las decisiones a tomar por el técnico en una edificación dañada varía en función de una serie de factores que condicionan la eficacia y puesta en marcha de las medidas de seguridad: (García, 2014).

- Tiempo necesario de ejecución.
- Dificultad de puesta en obra.
- Disponibilidad de personal y medios.

- Nivel de ocupación del edificio afectado.
- Costes de ejecución.

1.2.6. Situaciones frecuentes de atención en la gestión de la seguridad de los edificios

Según (García, 2014), las **situaciones más frecuentes** de atención o actuación en la gestión de la seguridad de los edificios a afrontar son: Actuaciones de emergencia, actuaciones para obras de reparación, actuaciones de mantenimiento sin previsión futura, y actuaciones para demolición

“Actuaciones de emergencia: Son aquellas en las que el objetivo prioritario es resolver, en el menor tiempo posible, una situación de peligro surgida de improviso para el técnico. La situación requiere adoptar las medidas perentorias que eliminen o palien el peligro existente de la forma más rápida. Ante ello se presenta como objetivo secundario el mantenimiento de la habitabilidad del edificio. Este segundo objetivo podrá tenerse en cuenta en la medida en que no demore excesivamente la realización de las medidas de seguridad de urgencia tanto en su puesta en marcha como en su realización, aún a costa de hipotecar la acción futura con procesos más complicados o costosos. Esta jerarquía de objetivos debe prevalecer sobre consideraciones de costes o demoras en las decisiones que prolonguen la amenaza de un hundimiento”. (García, 2014).

En las actuaciones de emergencia han de tenerse en cuenta, en primer lugar, los riesgos de ocupación durante el tiempo previsto para la adopción de las medidas de seguridad proyectadas, por lo que se decidirá sobre la necesidad o no de desalojar el edificio en la zona en peligro o en su totalidad, requiriendo la presencia inmediata de la autoridad que lo ocupa (sólo si fuera Institución Pública); e incluso, si fuera preciso, el auxilio del Servicio de Bomberos, funcionarios de los gobiernos locales, fuerza pública, defensa

civil, , y representantes de la Fiscalía de la Nación y el Poder Judicial. (García, 2014).

“Una vez que se decide actuar, hay que reconocer y marcar las circulaciones dentro del edificio afectado, advirtiendo de forma expresa las zonas de peligro o cerradas al paso tanto para operarios como para los ocupantes del inmueble. Se deben trazar las áreas de influencia sobre los edificios y vías colindantes advirtiendo de ello a los vecinos o, en su caso, a las autoridades municipales”. (García, 2014).

“En estas situaciones debe vigilarse escrupulosamente el cumplimiento de las medidas de seguridad referidas al personal y a las instalaciones de obra. La maquinaria a emplear - grúas con canastilla, plataformas elevadoras, palas de brazo largo, etc.- se selecciona en función de las posibilidades de acercamiento y permanencia en el edificio dañado sin peligro para los operarios. Si se instala un sistema de apeo se debe recurrir a elementos ligeros y de puesta en obra inmediata”. (García, 2014).

“Actuaciones para obras de reparación. Es, quizás, el tipo de actuación más habitual en la mayoría de las obras en edificios antiguos. Las obras de reparación estructural requieren la adopción de medidas de seguridad previas. El proceso y tipo de medidas de seguridad previsibles se encuentran indisolublemente ligadas al proceso concreto de reparación, sin entorpecerlo físicamente y adecuándose a sus fases en el tiempo. El sistema de medidas de seguridad debe contemplarse en este caso con ahorro de medios y materiales, adoptando el más económico. No obstante, su carácter secundario respecto al objetivo primario de reparación del edificio no debe ir en detrimento de su eficacia, ni subestimar su necesidad. Este hecho, por desgracia frecuente a la vez que temerario, conduce a convertir las medidas de seguridad en un mero decorado que no resiste el menor análisis técnico”. (García, 2014).

Para este tipo de actuación es obligatorio formular básicamente un Plan de Mantenimiento y un Manual de Recuperación de los materiales para elementos de apeo. En el Plan es necesario que se describa y coordine, en todas las fases de la obra, las medidas de seguridad adoptadas con las obras de reparación previstas. Los procesos de montaje y desmontaje de apeos

deben supeditarse en todo momento a este Plan, evitando cualquier situación intermedia de riesgo por retirada improcedente de algún elemento de apeo; asimismo, el Plan debe incluir la alternativa de adoptar directamente sistemas de refuerzo permanente. El Manual de Recuperación de los materiales para elementos de apeo facilita la utilización de piezas recuperables en los sistemas de apeo. (García, 2014).

“Actuaciones de mantenimiento sin previsión futura. La existencia de edificios con daños estructurales que exijan la adopción de medidas de seguridad sin que esté prevista su reparación a mediano o largo plazo se vincula normalmente a casos en que la Administración impide que sean consolidados -edificios fuera de ordenación- o aquellos en los que la propiedad ejerce su derecho a demostrar la superación del límite de conservación - tramitación de expedientes contradictorios de ruina-. Se inician entonces procesos, normalmente de varios años, durante los que es necesario garantizar la estabilidad del edificio mediante la adopción de medidas de seguridad”. (García, 2014). Estas actuaciones de mantenimiento, requieren, asimismo prever futuras actuaciones y permanente revisión de las medidas adoptadas.

- **Previsión de futuras actuaciones.** “Las medidas de seguridad dependen del grado de convicción sobre el futuro definitivo del edificio – demolición o reparación -. Ha de tenerse en cuenta que la ubicación de elementos de forma que no entorpezca futuras reparaciones, ya que en ese caso habría que reubicarlo, o que ésta resulte indiferente ante una perspectiva de demolición, optando entonces por la solución más simple y económica. En el caso de actuar sobre edificios desocupados sin previsión futura de intervención, deben mantenerse las posibles vías de acceso a través de los huecos del edificio. Hay que prever la intromisión de personas ajenas a un edificio en el que, dado su estado constructivo y carencias de habitabilidad, se pudieran producir accidentes. Un método consiste en cegar los huecos de puertas, ventanas y buhardillas mediante tabiques o tabicones de fábrica, dejando siempre unas hiladas en celosía para permitir la ventilación del

inmueble y un acceso permanente para efectuar las oportunas revisiones periódicas del estado del edificio”. (García, 2014).

Revisión de las medidas adoptadas. “Un factor fundamental es la estanqueidad del edificio a las aguas pluviales. Deben mantenerse en servicio todos los sistemas de evacuación y ha de vigilarse el buen estado de las carpinterías o de los cerramientos alternativos en los huecos de ventilación del edificio. Hay que estimar la durabilidad del apeo, tanto de sus materiales como de su mecanismo de ajuste, procurando su estabilidad ante las variaciones de temperaturas, desecaciones, humedades, etc. Finalmente, han de establecerse revisiones periódicas para proceder a los ajustes y ampliaciones necesarias”. (García, 2014).

“Actuaciones para demolición. Las técnicas de demolición constituyen una materia extensa y variada, condicionada por el estado del edificio y su ubicación urbana. Desde las demoliciones por voladura hasta las más simples demoliciones manuales requieren una serie de medidas de seguridad que afectan a diferentes periodos de la obra” (García, 2014). En este tipo de actuación es necesario tomar en cuenta medidas de seguridad durante y posteriores a la demolición.

- Medidas de seguridad previas

“Deben cortarse todas las acometidas de instalaciones de telefonía, gas y electricidad, manteniendo en su caso las de agua para servicio de obra durante el proceso de demolición, y preservando la de saneamiento para una futura evacuación de aguas pluviales en el solar resultante. Ha de asegurarse antes del comienzo de los trabajos el desalojo total del inmueble así como de todas aquellas zonas aledañas que pudieran resultar afectadas en función del sistema de demolición elegido. Se debe prever el proceso de hundimiento controlado, para lo que se puede recurrir a sistemas de apeo. Dichos apeos conviene realizarlos mediante piezas irrecuperables”. (García, 2014).

“En los casos de existencia de edificaciones colindantes resulta inexcusable contemplar las previsibles consecuencias de la demolición sobre las mismas.

Un estudio de las características estructurales, del estado de los elementos constructivos que pueden verse afectados se hace imprescindible estableciendo, en función de ello, las medidas de seguridad precisas para garantizar que no se produzcan daños o que no se incrementen los existentes. Si en dichas edificaciones vecinas se detectaran previamente daños es necesario dejar constancia fehaciente de ello, en revisión de posibles reclamaciones infundadas”. (García, 2014).

- Medidas de seguridad durante la demolición

En los procesos de demolición manual deberá ejecutarse un sistema de apeos que garantice la estabilidad de la edificación ante las cargas y sobrecargas a que se somete durante el proceso de demolición, evitando de esta manera, entre otros, los hundimientos incontrolados. (García, 2014).

- Medidas de seguridad posteriores (García, 2014).

El terreno del solar resultante de la demolición deberá dotarse de obras de drenaje suficiente para absorber las aguas pluviales, protegiendo las bases de los cerramientos colindantes ante posibles filtraciones, restituyendo, en su caso, la acometida de la red de saneamiento. (García, 2014).

Cuando la demolición es de parte de una edificación mayor, “Desde el momento en que se elimina la edificación objeto de demolición, es preciso evaluar si se produce un incremento peligroso de la esbeltez en los elementos verticales de las construcciones vecinas. Para atajar este peligro, deben simultanearse las obras de demolición con la instalación de un sistema de apeos o refuerzos que mantenga la estabilidad de las construcciones afectadas. Un sistema de refuerzo sencillo consiste en configurar contrafuertes de fábrica con los restos macizados de los muros transversales a las edificaciones vecinas aún sin demoler”. (García, 2014).

1.2.7. Análisis de la patología en la seguridad de los edificios

El análisis de la patología como fase de la intervención en la seguridad de la edificación abarca un campo de casuísticas considerablemente extenso, complejo y variado, y siendo materia de esta investigación, tópicos como

carbonatación, corrosión, efectos de altas temperaturas por incendio, tiempo de exposición sin cobertura y sin mantenimiento, han sido abordados como parte del Marco Teórico, proponiéndonos en este ítem solamente a esquematizar los pasos elementales que se dan en un proceso de análisis patológico. Según García (2014), estos pasos son: Lectura de la sintomatología, elaboración de una hipótesis general, verificación de la hipótesis deducida.

El diagnóstico obtenido del estudio y análisis de la patología se formula el diagnóstico actualizado del estado de conservación o deterioro de la edificación, a partir del cual se debe formular el Plan de Mantenimiento.

1.2.8. Acciones degradantes, daños y deterioro en las edificaciones

Si bien el control de calidad durante el proceso de construcción de una edificación concluye con la entrega de la obra de parte del constructor, éste debe prolongarse a cuenta del propietario en la etapa de servicio, pues, ésta se degrada con el tiempo, y va sufriendo daños y deterioros a causa de una serie de factores tanto intrínsecos, propios de la calidad de la obra, como exógenos ajenos a ella, dependientes del uso y el ambiente durante su vida de servicio, a las cuales en general se les denomina acciones degradantes, y frente a las cuales se prevé acciones de mantenimiento para que el edificio conserve su apariencia, estabilidad y garantice confort y seguridad a los ocupantes.

Puyana (1986) esquematiza el proceso de envejecimiento, su relación entre la edad y el fenómeno de la degradación física y funcional de los edificios en las figuras (2) y (3) y señala: “El mantenimiento en líneas generales consiste en el conjunto de aseo, higiene, refacción, renovación, reparación y aún de reconstrucción que deben efectuarse para conservar o restablecer al máximo las condiciones de apariencia y de confort del edificio y la adecuada operación de sus instalaciones y equipos” (Puyana, 1986).



Figura 2. La calidad física y funcional de las obras.

Fuente: Control Integral de la edificación III. Administración y Mantenimiento. (Puyana, 1986).

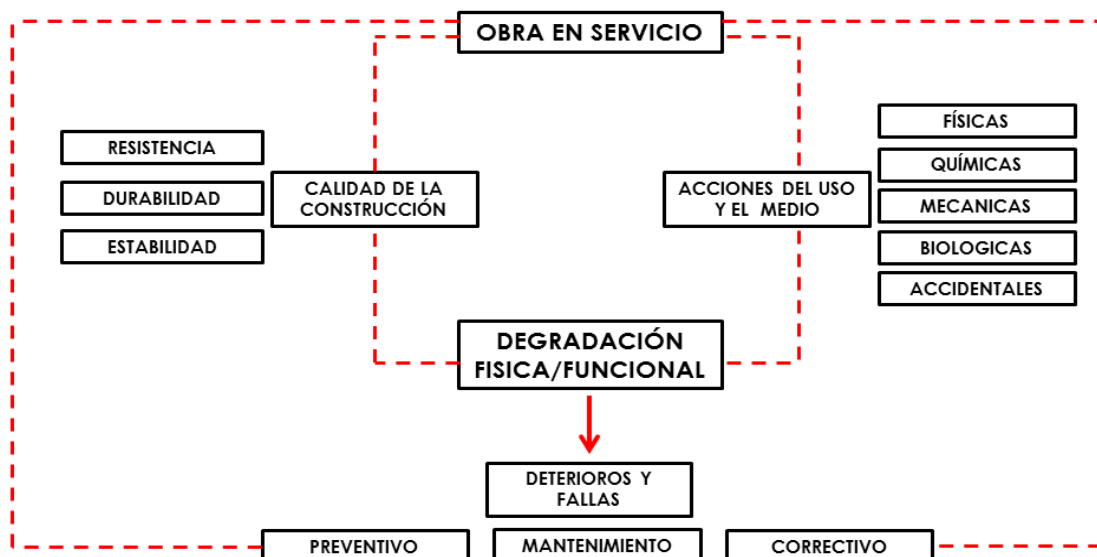


Figura 3. La degradación de las obras

Fuente: Control Integral de la edificación III. Administración y Mantenimiento. (Puyana, 1986).

1.2.9. Criterios y conceptos de mantenimiento de Edificaciones

El mantenimiento y las reparaciones son las tareas fundamentales que garantizan la prolongación de la vida útil del fondo de viviendas existentes y de las edificaciones, evitando con ello su deterioro y finalmente su destrucción. Las características del mantenimiento y de las reparaciones están en función de la tipología de la edificación en sí y están estrechamente relacionadas con la época de construcción y de los materiales que se emplearon en su ejecución. (Arencibia, 2007)

Existen dos tipos de mantenimientos, el preventivo y el correctivo. El preventivo, como su nombre lo indica previene cualquier inconveniente que pueda ocurrir en la vida útil de las edificaciones evitando así que esta cumpla los objetivos para la cual se diseñó. El correctivo trata de corregir aquellos errores que ya presenta la edificación para así lograr extender su vida útil hasta el máximo y conservar su patrimonio arquitectónico. (Arencibia, 2007).

Según Arencibia (2007): "El mantenimiento preventivo tiene la posibilidad de ser programado en el tiempo y, por lo tanto, evaluado económicamente. Está destinado, como su nombre indica, a la prevención, teniendo como objetivo el control "a priori" de las deficiencias y problemas que se puedan plantear en el edificio debido al uso natural del mismo. El mantenimiento corrector comprende aquellas operaciones necesarias para hacer frente a situaciones inesperadas, es decir, no previstas ni previsibles. Las reparaciones y sustituciones físicas y/o funcionales son operaciones típicas de este tipo de mantenimiento. (Loria, 2005)" (Arencibia, 2007).

"El mantenimiento comprende los trabajos de carácter preventivo o planificado que se realizan periódicamente en las edificaciones y viviendas durante su vida útil para conservar las propiedades y capacidades funcionales, subsanar las deficiencias o afectaciones que son provocadas por la acción del uso, agentes atmosféricos o su combinación, sin que sus

elementos componentes fundamentales sean objeto de modificación o sustitución parcial o total. (Tejera, 2003)” (Arencibia, 2007).

“Dentro de los trabajos que el mantenimiento comprende, pueden citarse los siguientes: pintura, arreglo de desconchados y fisuras superficiales en revoques y enlucidos, rejuntado en soladura de azotea, sustitución de tejas, impermeabilización de áreas de cubiertas, fijaciones de losas de piso o zócalo, engrase de bombas de agua o de otros motores, limpieza de tanques y cisternas, limpieza de tanques sépticos, destupición de instalaciones hidráulicas y sanitarias, colocación de zapatillas en llaves, ajustes de válvulas, ajustes de interruptores eléctricos, ajustes de puertas y ventanas, reposición de vidrios y herrajes, etc. Estos trabajos en dependencia de cuando se empleen podrán considerarse preventivos o correctivos. (Arencibia y Borroto, 2005)” (Arencibia, 2007)

“Se puede plantear que las correcciones serán más durables, más efectivas, más fáciles de ejecutar y mucho más económicas, cuanto antes son ejecutadas, para esto se dividen las etapas de construcción y de uso en cuatro períodos. Estos períodos se corresponden con el de diseño, el de ejecución propiamente dicha, el del mantenimiento preventivo efectuado antes de los tres primeros años, y el del mantenimiento correctivo efectuado posterior al surgimiento de los problemas. (Do Lago, 1997)” (Arencibia, 2007).

Do Lago (1997) en Arencibia (2007) indica: Una interpretación adecuada de cada uno de estos períodos puede ser la que se muestra a continuación:

- Proyecto: Toda medida a nivel de diseño con el objetivo de aumentar la protección y durabilidad de la estructura, por ejemplo, aumentar el espesor del recubrimiento del refuerzo, reducir la relación agua-cemento del concreto, especificar tratamientos protectores superficiales, etc. (Do Lago, 1997)
- Ejecución: Toda medida fuera del proyecto, tomada durante la ejecución propiamente dicha, incluyendo en ese mismo período la obra recién construida, implica un costo cinco veces superior al costo que se hubiese ocasionado si esta medida hubiera sido tomada a nivel de diseño, para

lograr el mismo grado de protección y durabilidad de la estructura. (Do Lago, 1997)

- Mantenimiento Preventivo: Toda medida tomada con antelación y previsión, durante el período de uso y mantenimiento de la estructura. Como ejemplo puede ser citado la eliminación del moho ácido y la limpieza de la fachada, resanes y remedios de las superficies expuestas, pinturas con barnices hidrofugantes, renovación y construcción de botaguas, goteras, pretils y otras medidas de protección. (Do Lago, 1997).

- Mantenimiento Correctivo: Corresponde a los trabajos de diagnóstico, pronóstico, reparación y protección de las estructuras que ya presentan manifestaciones patológicas, o sea corrección de problemas evidentes. (Do Lago, 1997).

“Para Arencibia y Borroto (2005) el mantenimiento no es más que los trabajos que se deben realizar de forma cíclica, sus tareas deben tener como objetivos la conservación física y funcional de un edificio a lo largo de su vida útil. Estos trabajos de mantenimiento pueden clasificarse en preventivos y correctivos según el momento en que se aplican. El mantenimiento se lleva a cabo realizando una serie de tareas como son: pintura, limpieza de tanques e instalaciones hidráulicas entre otras”. (Arencibia, 2007)

Para Cadena (2015): “El mantenimiento consiste en prevenir fallas en un proceso continuo, principiando en la etapa inicial de todo proyecto y asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía, uso y, de las normas de seguridad y medio ambiente aplicables” (Cadena, 2015).

Bajo un enfoque técnico, económico y social, la acepción más entendida sobre el concepto de Mantenimiento en general, corresponde y aplica "al conjunto de actividades desarrolladas con el fin de conservar las propiedades o bienes; donde se incluyen: inmuebles, instalaciones, máquinas, equipos, sistemas, herramientas, componentes y accesorios en condiciones óptimas para su funcionamiento en condiciones de seguridad,

de máxima eficiencia y economía, previendo daños y/o reparándolos oportunamente cuando éstos ya se hubiesen producido. (Cadena, 2015)

1.2.10. Acciones degradantes de deterioro y mantenimiento a seguir

Las causas más comunes que dan lugar a deterioros en la infraestructura; y, los tipos de mantenimiento correspondientes a seguir, respectivamente, se presentan, en la tabla 1 y tabla 2, siguientes:

Tabla 1. Causas comunes de deterioros.

Mala ejecución de obras o siniestros	Uso cotidiano	Mal uso
1. Inadecuado procedimiento constructivo. 2. Utilización de materiales de mala calidad. 3. Utilización de mano de obra no calificada. 4. Por fenómenos de naturaleza: - Vendavales - Terremotos - Inundaciones - Deslizamientos - Avalanchas	Uso: extremar medidas para limitar al máximo la incidencia de las instalaciones minimizando: • Consumo energético • Reduciendo el gasto • Generación de residuos • Producción de contaminación Conservación: Es la resistencia de los edificios al paso del tiempo y al uso, dadas por las condiciones de sus materiales alargando la vida útil mediante un adecuado uso de él. Mantenimiento: Dirigido a prever y asegurar el funcionamiento normal.	• Vandalismo • Intervenciones sin asesoría técnica • Ausencia de mantenimiento • Cambio de uso de las instalaciones.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital. En (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Tabla 2. Mantenimiento

Mantenimiento				
Recurrente	Preventivo	Correctivo	Predictivo	Obras de emergencia de alto riesgo y contingencia
Son todos los procesos o trabajos rutinarios de limpieza y aseo que deben ser revisados: -Pisos -Muros -Baños -Vidrios -Carpintería metálica De todas las áreas de la planta física	Tiene que ver con los procesos de conservación de las edificaciones, se realiza mediante un programa de inspección, reparación y de verificación del estado en cuanto a: - Instalaciones eléctricas -Instalaciones Hidrosanitarias -Mantenimiento de cubiertas -Impermeabilizaciones -Filtraciones -Canales y bajantes -Enchapes -Pinturas -Vidrios -Lámparas y bombillas -Zonas verdes -Áreas exteriores	Hace referencia a las reparaciones ocasionadas por deficiencias en los materiales o en los sistemas constructivos	Corresponde a todos los procesos que se realizan mediante inspecciones periódicas, con reemplazo de partes y elementos antes de que se presenten deterioro o falten: -Bombas de presión -Tanques de reserva -Antenas -Instalaciones especiales -Pararrayos -Extintores	Se da cuando se presentan hechos que no se hayan podido prever en el plan de mantenimiento: -Caída de un muro: donde es necesario la evacuación o traslado inmediato de los alumnos de un colegio a un lugar de tránsito.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital. En (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

El conocimiento de las etapas del proceso de construcción de infraestructura permite identificar cuál de ellas es la que más influye en su deterioro o siniestro; sin embargo, muchos investigadores han concluido de que los fallos se pueden dar en estos cuatro grupos: proyecto, materiales,

ejecución, uso y mantenimiento (Quintero, Solano, Pandales, 2013). Ver Tabla 3.

Tabla 3. Fallos posibles en el proceso de construcción de infraestructura

PROYECTO	MATERIALES	EJECUCIÓN	USO Y MANTENIMIENTO
Ausencia de cálculos: -Concepción -Evaluación de acciones -Cálculo de esfuerzos -Errores e imprecisiones en la normatividad -Dimensionamiento -Deformaciones Excesivas -Detalles constructivos	Asentamientos -Retracción -Resistencias	-Encofrado -Recubrimiento -Montaje -Junta	-Agresión medio ambiental -Cambios de uso -Actuación de acciones accidentales -Ataques

Fuente: Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado. En (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.10.1. Clasificación de las acciones degradantes

Estas acciones como causas del deterioro, pueden ser agrupadas según acciones físicas, químicas, mecánicas, biológicas y accidentales:

1.2.10.1.1. Acciones físicas

Tabla 4: Acciones físicas

ACCIONES FÍSICAS			
EL AGUA	EL SOL	EL VIENTO	LA TEMPERATURA
Causa deterioro, acorta la vida útil. Afectan materiales y componentes. Agente destructivo por efectos de: Capilaridad en el interior de muros o a través de pisos. Absorción de la lluvia por los materiales expuestos a la interperie. Filtraciones en cubiertas, ya sea por	Afectan notablemente ciertos materiales sensibles a la exposición directa de sus rayos. Ejemplo: El sol es un factor físico que motiva acciones químicas causantes de fisuras, quiebres o alabeos.	El viento puede motivar efectos de abrasión en los materiales expuestos, produciendo deterioros en aquellos sensibles. Tales efectos dependen, por una parte, de las condiciones intrínsecas del material, de su	Los cambios de temperatura, generan deterioros físicos como las fisuras o cambios químicos en su estructura como, por ejemplo: la cristalización. En la localidad donde se dan

gotereo de canaletas o cañerías averiadas o con uniones deficientes. Los problemas se agravan: El agua es a presión (una simple avería en la red puede producir daños muy considerables). Las aguas negras se potencializan por el contenido de altas sustancias que generan malos olores, desagradable aspecto y focos infecciosos. Los efectos físicos de la abrasión hidráulica se potencializan al combinarse con sustancias químicas como los álcalis o ácidos, contenidas en el medio ambiente y/o en los mismos materiales.	Afecta las tinturas y pigmentos, causando decoloración y desperfectos. Pueden sufrir efectos de desecamiento como los plásticos, masillas o mantos de impermeabilización, que al fisurarse permiten el paso del agua en forma de humedad, gotas o chorros.	durabilidad y resistencia al desgaste y por la otra, de la frecuencia e intensidad de la acción abrasiva a la cual están sometidos. Mientras ciertos materiales como los metales, son prácticamente inalterables a la abrasión por el viento, otros como por ejemplo: los revestimientos de mortero pueden resultar susceptibles y erosionarse, muy particularmente cuando su acción se combina con la lluvia y/o la arena.	muy bajas temperaturas, el ciclo de congelación – deshielo produce efectos destructivos al expandirse el agua dentro de las fisuras o poros de los materiales donde se haya depositado, como en el concreto, constituyendo un importante fenómeno en la patología de este material.
---	---	--	--

Fuente: Control Integral de la edificación III. Administración y Mantenimiento. (Puyana, 1986) en (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.10.1.2. Acciones químicas

En Quintero, Solano y Pandales (2013), Puyana (1986), con relación a las acciones degradantes del tipo químicas indica que éstas: “Constituyen fuente de daños progresivos que se agravan gradualmente si no se suspenden las causas que les dieron origen y las circunstancias que mantienen vigentes tales procesos.

Los gases ácidos de la atmósfera en los centros urbanos y el agua al actuar como solventes de ciertas sustancias, constituyen causas primordiales de un gran conjunto de deterioros motivados por el fenómeno de la oxidación que ocurre en virtud de la tendencia de los materiales metálicos particularmente, a volver a su estado natural estable, tomando para ello

oxígeno del agua, de la lluvia, de la atmosfera, del suelo o de cualquier otro material hidráulico con el cual esté en contacto.

Los procesos de oxidación pueden también ser de origen electroquímico, los cuales se generan cuando dos metales diferentes se encuentran en contacto directo en presencia de la humedad del ambiente, de la lluvia o de otras sustancias contenidas en el polvo depositado en sus superficies, con ello el material más electronegativo se corroe y se va disolviendo paulatinamente hasta desaparecer en el área afectada por tal fenómeno". (Puyana, 1986).

1.2.10.1.3. Acciones mecánicas

Tabla 5. Acciones mecánicas

ACCIONES MECÁNICAS	
Conjunto de causas de diverso origen y naturaleza que motivan solicitaciones mecánicas como esfuerzos simples o combinados de compresión, tensión, tracción, flexión u otros.	
CARGAS MUERTAS / PERMANENTES	CARGAS VIVAS / VARIABLES
Las correspondientes al peso propio de la estructura y demás elementos fijos de la construcción como la mampostería, los pisos, los revestimientos o las cubiertas. Dada la simplicidad de su estimación en el cálculo y su carácter invariable, las cargas fijas no suelen presentar en condiciones normales mayores niveles de riesgo como causas directas de daño en las estructuras.	Tal caso se presenta cuando las fallas son consecuencia de solicitaciones extremas causadas por una excesiva concentración de personas y/o por un uso de la edificación muy diferente al previsto, como sería el utilizar como bodega un edificio de vivienda.
EL TERRENO	
El suelo actúa como agente de las fuerzas generadas por los movimientos del terreno como los empujes, las presiones del agua subterránea o los asentamientos que experimentan el edificio, al consolidarse bajo su propio peso, lo cual ocurre al emigrar el agua intersticial en los estratos del subsuelo, así como por eliminación de sus gases y vacíos.	
ACCIONES MECÁNICAS	
En razón directa de la magnitud de los asentamientos, cuando no son uniformes, la edificación puede experimentar deterioros de diversos tipos y grado de importancia y aún en ciertas situaciones de gravedad extrema, constituir una amenaza para su misma estabilidad. Aún sin llegar el riesgo del colapso, los desperfectos que por este motivo sufre un edificio en su apariencia y los daños producidos en sus componentes e	

instalaciones, podrían deteriorar hasta hacerlas nulas en la práctica, sus condiciones originales de servicio.

Tal es la situación que se presenta en edificaciones, donde por efecto de asentamiento los pisos se desnivelan, los elementos frágiles como vidrios o tuberías se quiebran, las partes móviles como puertas o ventanas no abren o no ajustan, equipos como los ascensores trabajan en forma irregular y las cañerías que desaguan por gravedad no funcionan por haberse modificado las pendientes.

Los asentamientos diferenciales con su secuela de desplomes, desniveles y aún de rotura de elementos, constituyen uno de los capítulos más importantes de la patología de la construcción que, en zonas donde

El subsuelo acusan particulares condiciones de compresibilidad tiene gran importancia, no solamente en la construcción de edificios altos, si no aún en edificaciones corrientes.

Por su parte los empujes del terreno sobre elementos de la cimentación como zapatas o muros de contención, también producen solicitaciones mecánicas y pueden causar daños como fisuras, grietas e inclusive volcamientos.

EL VIENTO

La presión del aire en movimiento origina tensiones que pueden motivar desórdenes en la edificación, directamente por la deformación reiterada y/o la eventual ruptura de los elementos sometidos a la acción del viento en sus efectos habituales de presión y succión e indirectamente por cuanto éste facilita el ingreso del agua de lluvia, del polvo o de sustancias agresivas de la atmósfera al interior del edificio, las cuales a su vez actúan como agentes degradantes desencadenando procesos de deterioro físicos y químicos, cuya causa primaria es el viento.

El viento junto con la nieve y el granizo como cargas de origen climático, producen esfuerzos de diversa magnitud y efectos en las edificaciones.

Así mismo las vibraciones causadas por el viento, el tráfico externo o las máquinas incorporadas, cuando son de amplitud importante, pueden producir agrietamientos por las solicitaciones mecánicas a que dan origen.

LOS SISMOS

Aunque un temblor excepcionalmente fuerte se le pueda considerar como una causa accidental, este criterio sólo sería válido para regiones de bajo o moderado riesgo sísmico, donde históricamente esta actividad telúrica haya sido excepcional o secundaria en sus manifestaciones, pero no resultaría aplicable en cambio a otras donde haya antecedentes importantes o donde potencialmente exista riesgo de esta naturaleza.

Los sismos, por clase y la intensidad de los esfuerzos que generan y combinados por las variables propias de cada caso, como el suelo, el tipo de cimentación y la geometría del edificio, produce solicitaciones mecánicas de enorme importancia que así sea ocasionalmente pueden causar efectos destructivos como características de catástrofes, cuando motivan el colapso de edificaciones o las afectan estética y funcionalmente en tal forma y medida que por simple seguridad deben demolerse.

Fuente: Control Integral de la edificación III. Administración y Mantenimiento. (Puyana, 1986).

En (Quinteros, Solano y Pandales, 2013).

1.2.10.1.4. Acciones biológicas

En Quintero, Solano y Pandales (2013), Puyana (1986), con relación a las acciones degradantes del tipo biológicas indica que éstas “Aunque no se les suela dar mayor atención, algunos agentes de origen animal y vegetal afectan los componentes de las obras hechos de materiales orgánicos, como las maderas o los de tejidos naturales. Entre los agentes degradantes de origen animal se destacan los insectos xilófagos, como las termitas y las larvas de algunos coleópteros que pueden causar efectos destructivos graves cuando atacan elementos portantes en estructuras de madera.

Las acciones degradantes de estos agentes pueden combinarse con ciertas variables haciendo más delicado el problema como en climas tropicales como humedad elevada, cuando se utilizan maderas blandas, no inmunizadas o con protección deficiente, casos en los cuales la destrucción que causan podría ser muy grande u muy rápida.

Además de los agentes de origen animal ya mencionados, los roedores en circunstancias especiales causan serios daños que pueden llegar hasta la destrucción total de elementos de madera o de otros componentes de origen orgánico como las alfombras o cortinas de lana natural.

Finalmente como agentes biológicos de origen vegetal pueden destacarse ciertos hongos que atacan las maderas produciendo su decoloración y aún la desintegración de sus tejidos, particularmente en climas tropicales.

A medida que la humedad y la temperatura del ambiente son mayores, favorecen la acción de los agentes destructores de la madera haciendo más necesario el control preventivo de estas acciones como la protección por inmunización o pintura y la periódica revisión de los elementos hechos con materiales orgánicos.

La inspección preventiva de estos componentes depende en buena medida de las circunstancias del medio en que se encuentran, teniendo presente que ciertos daños inclusive pueden pasar desapercibidos y progresar con el tiempo hasta hacer necesaria la renovación de un conjunto de elementos y aún la reconstrucción de una estructura.” (Puyana, 1986)

1.2.10.1.5. Acciones accidentales

Aunque los diversos agentes destructivos como el fuego y explosiones, salen de la clasificación de las sollicitaciones mecánicas, por la accidentabilidad e imprevisión de su generación y no podrían ser atribuibles al diseñador o constructor, pero no dejan de significar grandes acciones mecánicas, y dependiendo del tipo y magnitud sus efectos son demoledores como las explosiones o de naturaleza diferente según la intensidad del calor y el tiempo de exposición al fuego.

Ver a continuación la Tabla 6.

Tabla 6. Acciones accidentales

ACCIONES ACCIDENTALES
Independientemente de su naturaleza, un último grupo de agentes de deterioro y destrucción de las edificaciones son originados en accidentes y no pueden por tanto ser imputables al uso, al medio físico o al ambiente. Entre tales causas que si bien son de carácter excepcional tienen de ordinario efectos sumamente destructivos por su potencia devastadora, se destacan el fuego, los impactos por choques, las explosiones de gases o de bombas.
FUEGO
Los incendios constituyen una de las causas que con mayor frecuencia, ocasionan la destrucción parcial o total de los edificios. En razón de que desde el punto de vista práctico resultaría inconcebible un control preventivo del fuego al utilizar únicamente materiales incombustibles y/o eliminar los riesgos de ignición suprimiendo los múltiples elementos y equipos que puedan darle origen; éste control debe hacerse a nivel de planeamiento, diseñando los medios de evacuación y especificando los materiales que impiden a las llamas propagarse rápidamente a otras zonas y durante la construcción, vigilando la calidad de los materiales y la ejecución de aquellas partes que justamente tienen por objeto impedir su avance.

EXPLOSIONES
Los impactos motivados por explosiones tienen igualmente efectos destructivos radicales e instantáneos contra los cuales, salvo en edificios muy especiales, no es lógico ni económico precaverse, pues se trata de fenómenos fortuitos y excepcionales que no obedecen a circunstancias de uso normal, ni siquiera excesivo de los edificios. Se exceptúa lógicamente las explosiones de origen volcánico o los rayos en zonas donde estos fenómenos constituyen riesgos típicos que deben por tanto preverse.

Fuente: Control Integral de la edificación III. Administración y Mantenimiento. (Puyana, 1986) en (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.10.2. Daños en la edificación

Durante su vida útil, los edificios están expuestos a acciones degradantes que les causan daños y deterioros de naturaleza, nivel y frecuencia diferentes, los cuales alteran sus condiciones de apariencia y funcionamiento que tenían al ser entregados al servicio; y para corregirlos, cuando se presenten, se realizan actividades de mantenimiento que varían de acuerdo con las circunstancias específicas del caso (Puyana, 1986).

Los daños progresivamente van tomando diferentes niveles de gravedad; y Puyana (1986) en su libro Control Integral de la edificación III Administración y Mantenimiento, los clasifica en daños: superficiales, mayores, graves y críticos.

1.2.10.2.1. Daños superficiales

Son aquellos desperfectos precoces que, generalmente, se presentan durante el periodo inicial de servicio de las edificaciones, y afectan levemente la función de un componente, en forma y medida poco significativas o apenas afectan la apariencia de un elemento siendo posibles corregirlos fácilmente mediante retoques, ajustes o arreglos simples; sin embargo, algunos de estos daños superficiales se pueden

agravar si no son corregidos oportunamente, con lo cual su posterior enmienda se hace más difícil y costosa. (Puyana, 1986)

1.2.10.2.2. Daños mayores

Son desordenes ya más significativos por su tipo o magnitud que los superficiales, cuyos efectos resultan relevantes, en cuanto deterioran la apariencia o el confort de edificio haciendo necesaria su refacción o reparación. Estos daños no son generalizados y su mantenimiento no requiere conocimientos especiales para efectuarlos y tampoco representa gastos considerables; aunque, en algunos casos, pueden requerirse reparaciones importantes para enmendarlos satisfactoriamente (Puyana, 1986).

1.2.10.2.3. Daños graves

Son aquellos que ocasionan serios trastornos en las condiciones generales de uso, de funcionamiento y aún de seguridad del edificio o en particular de una zona, instalación, equipo o componente del mismo, causando no solamente insatisfacción en los usuarios, sino también pudiendo convertirse en fallas críticas. Estos daños, aun cuando no sean ni se conviertan fatalmente en críticos al afectar la estabilidad o seguridad del inmueble, deben corregirse sin dilatación, ya que las perturbaciones que causan menguan las condiciones de servicio a niveles intolerables y para su corrección exigen trabajos especiales a realizarse por personal idóneo, e inclusive requieren la renovación de componentes o partes dañadas que no ofrezcan las debidas garantías (Puyana, 1986).

1.2.10.2.4. Daños críticos

Son aquellos daños que generan el más alto nivel de riesgo al afectar en grado máximo las condiciones de uso y funcionamiento del edificio, llegando hasta poner en peligro la seguridad de las personas. Los daños

críticos, deben ser atendidos en forma inmediata, exigen para su investigación y arreglo, personal idóneo que utilice medios y métodos apropiados para determinar las causas que lo originan y enmendarlos correctamente con la debida urgencia y seguridad. (Puyana, 1986).

“Aunque es evidente que pueda variarse esta clasificación de los daños en los edificios, lo que interesa no es designar su grado de nocividad ya que ésta siempre será subjetiva, si no relieves los puntos de su control preventivo en el diseño, la construcción y el mantenimiento, habida cuenta del relativo grado de importancia que tienen”. (Figura 4) (Puyana, 1986)

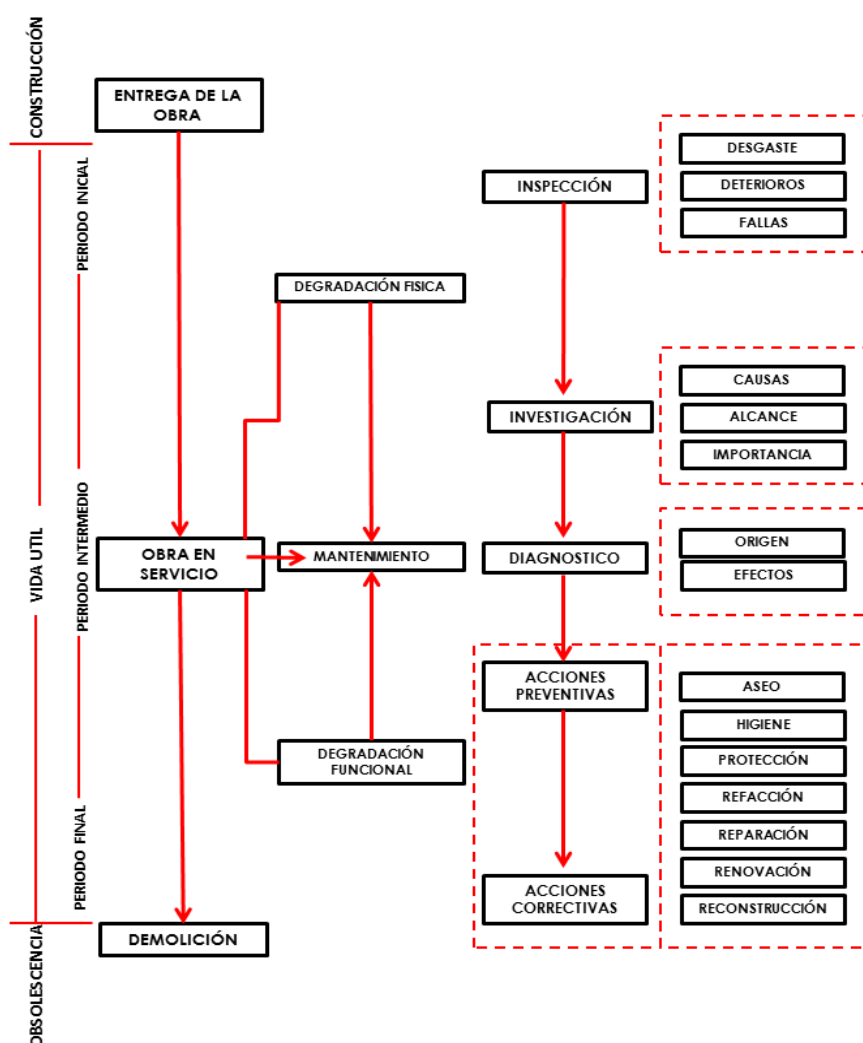


Figura 4. Proceso de mantenimiento en la construcción.

Fuente: Control Integral de la edificación III. Administración y Mantenimiento en (Puyana, 1986) en (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.10.2.5. Fisuras y grietas

Las fisuras y grietas constituyen un género de desperfectos muy frecuentes en la construcción, ya sea en sus manifestaciones mínimas como microfisuras casi imperceptibles o de mayor entidad como las grietas, que inclusive pueden aparecer durante la misma ejecución de la obra. Se producen por la acción de fuerzas externas o la combinación de esfuerzos exteriores e internos de materiales que sufren deformaciones por retracción, temperatura y por hinchamientos que a su vez son producidos por un vasto conjunto de causas como los movimientos del terreno, la acción de cargas y sobrecargas, los cambios en las dimensiones, en los contenidos de humedad, en las condiciones físicas y aún en la composición química de los materiales, como se indica en la Tabla 7. (Puyana, 1986).

Tabla 7. Fisuras motivadas por diferentes causas.

Causa de origen de fisuras					
Movimientos	Retracción	Secamiento	Temperatura	Corrosión	Acciones mecánicas
El control					
Verificando la adecuada resistencia y rigidez.	Especiales y/o con el empleo de armaduras de acero de pequeño diámetro como las mallas electrosoldadas para absorber los esfuerzos de tracción	Evitar en lo posible fundir concreto bajo los rayos del sol, en tiempo excesivamente seco y/o con fuertes vientos	Dejar juntas de dilatación en la estructura	Obtener un óptimo grado de compacidad del concreto y un adecuado espesor de la capa de recubrimiento de las armaduras que las protejan de la acción agresiva del medio con el cual están en contacto los elementos estructurales	Compresión simple Tracción simple Torsión Flexión
Recomendaciones					
No reparar las grietas hasta no determinar su origen y haber tomado las medidas para que cese su acción.					

Fuente: Control Integral de la edificación III. Administración y Mantenimiento. (Puyana, 1986)

1.2.10.2.6. Proceso de Carbonatación del concreto

A pesar de la gran bondad que ofrece el concreto en las construcciones, este se ve afectado por una serie de factores tanto internos como externos, siendo los segundos la causa más común de deterioro, al generar el fenómeno natural de la carbonatación. Una consecuencia de la carbonatación es la disminución del pH del hormigón desde 13 hasta 9 después del proceso. La profundidad carbonatación y la consecuente reducción de la alcalinidad del mismo generan la despasivación del concreto, pudiendo llegar eventualmente a la profundidad de las armaduras de acero, en las mismas que con la presencia de humedad y oxígeno se producirá la corrosión del acero de refuerzo, llevando primero a la fisuración y luego al desprendimiento del recubrimiento del concreto por el empuje de las láminas de acero sub producto de la corrosión e incremento de volumen (Martínez, 2010).

“Los hidróxidos de calcio, sodio y potasio, disueltos en el componente acuoso el concreto, son los responsables del elevado pH que actúa como protector del acero, y es cuando el CO₂ penetra en el concreto que se produce una reacción entre los hidróxidos de la fase líquida intersticial y los compuestos hidratados del cemento, de tal manera que cuando todo el Ca (OH)₂, Na(OH) y K(OH) presente en los poros ha sido carbonatado, el pH empieza a decrecer, dando como resultado un medio ácido que produce un constante y progresivo efecto corrosivo en el acero” (Mosqueira y Paredes, 2019).

“Cuando el valor del pH llega a niveles inferiores a 9,5 la alcalinidad del concreto ya no es suficiente para mantener pasiva la capa de óxido protectora de las armaduras de acero. Esto provoca que, ante la presencia de la humedad y del oxígeno, se active la corrosión de las armaduras embebidas en el concreto (Mosqueira y Paredes, 2019).

El concreto en estas condiciones de precariedad alcalina se conoce como “Concreto carbonatado”, que en estudios efectuados lo llaman cáncer del

concreto. Las posibilidades de cantidades excesivas de la carbonatación en el concreto están en relación directa al tiempo y la profundidad. Es por ello que el espesor del recubrimiento de las armaduras de acero es un factor determinante ante estas variables (Montani, 2000) en (Mosqueira y Paredes, 2019).

Mosqueira y Paredes (2019), en su tesis doctoral indican: Se puede estimar la profundidad de carbonatación mediante la siguiente fórmula:

$$X = K \sqrt{T}$$

Donde:

X: Profundidad de carbonatación (mm).

T: Edad del elemento de estudio (años).

K: Coeficiente que depende de la humedad relativa:

$$K = 72 \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{f'_c}{10}}} \right) - 0.126$$

En diversas investigaciones se determinó que, el efecto del tiempo de exposición del concreto de $f'_c=210$ kg/cm², en la profundidad de carbonatación estuvo directamente relacionada con el tiempo de exposición al CO₂, el mismo que se observó claramente en las muestras de concreto sin ningún tipo de recubrimiento (Mosqueira y Paredes, 2019). La profundidad de carbonatación en el concreto de $f'_c = 210$ kg/cm² frente a la exposición de CO₂, en muestras sin recubrimiento, depende directamente de: la concentración de CO₂ en el aire; la permeabilidad, presencia de micro y macro poros en el concreto y la humedad relativa. La profundidad de carbonatación en el concreto de $f'_c = 210$ kg/cm² frente a la exposición de CO₂, en muestras recubiertas con aditivo Chema Seal®, mostró un comportamiento inicial resistente; sin embargo, el concreto se tornó sensible y vulnerable a la carbonatación conforme transcurrió el tiempo de exposición al CO₂ (Mosqueira y Paredes, 2019).

La resistencia a la compresión en el concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ frente a la exposición de CO_2 , tanto en muestras con aditivo y sin aditivo, produjo un efecto inicial de tendencia ascendente hasta un 13%, con respecto a la resistencia de la muestra patrón (o de diseño), posteriormente las acciones a las que está sometido el concreto por la inducción a CO_2 períodos más prolongados, generan disminución de pH volviéndolo ácido. El concreto en estas condiciones de labilidad alcalina generó que el concreto pierda progresivamente su resistencia, en este sentido Mosqueira y Ramirez (2019) afirman que existe una fuerte relación entre la profundidad de carbonatación y la resistencia a la compresión del concreto, existiendo un efecto negativo, pues al aumentar la profundidad de carbonatación disminuye la resistencia a la compresión del concreto en tiempos prolongados por cada 30 días de exposición, lo que validó la hipótesis planteada. (Mosqueira y Paredes, 2019).

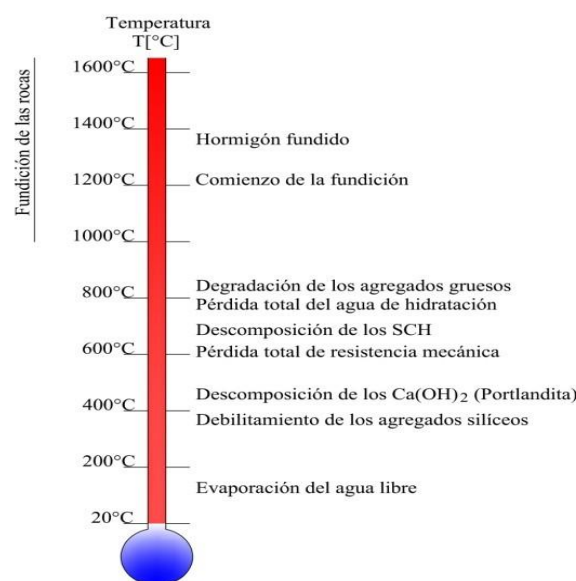
Por otro lado, al observar la variación del peso de las muestras por efecto del tiempo de exposición del concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al CO_2 , afirman que existe aumento de peso en las muestras en cada una de las etapas de estudio, esto se debió a las ganancias que han tenido las muestras por el CO_2 inducido, en los poros y microporos que la textura del concreto presenta. (Mosqueira y Paredes, 2019).

1.2.10.2.7. Efectos de las altas temperaturas en el concreto armado

“Al comienzo no se suponía que el concreto armado también podría tener problemas a altas temperaturas. Morch (1948), en un artículo interesante advirtió sobre la necesidad de estudiar las estructuras de hormigón armado incendiadas y asociadas solamente con la armadura en su interior. Hoy se sabe que la capacidad de resistencia del concreto (EC2, 2004), del acero (EC3, 2005), de estructuras mixtas (EC4, 2005), de madera (EC5, 2004), de mampostería estructural (EC6, 2005) y de aluminio (EC9, 1998) en situación de incendio se reduce por degeneración de las propiedades mecánicas de los materiales (Figuras 2 y 3) o por la reducción del área resistente.” (Pignatta, 2019).

“Durante exposiciones prolongadas a temperaturas elevadas, la composición química, la estructura física y el contenido de humedad de la pasta de cemento pueden experimentar cambios drásticos (Piasta, 1984^[1]; Kizilkanat et al., 2013^[2]; Gawin et al., 2003^[3]), dando lugar a dos efectos fundamentales: (1) la deshidratación de la pasta de cemento endurecida y (2) la falla por “spalling” o fractura del material en planos paralelos a la superficie calentada. La deshidratación de la pasta de cemento, da lugar a la degradación irreversible de dos propiedades fundamentales del material: la rigidez elástica (por daño térmico) y la resistencia mecánica (por descohesión)”. (Xargay, et. al., 2016).

“Los efectos del calor sobre el hormigón varían según el nivel de temperatura alcanzado, ver Figura 4 (Ripani, 2016^[4]). Por debajo de 200°C, sólo tiene lugar la expulsión del vapor de agua alojado en la red de poros interconectados y no se evidencian cambios significativos en las propiedades mecánicas del material (Mihashi et al., 1992^[5]). Sin embargo, y debido a la acción de los gradientes térmicos, pueden manifestarse daños a nivel estructural y en algunas propiedades físicas del material, como es el caso de la permeabilidad, comprometiendo la durabilidad de la estructura (Di Maio et al., 1999^[6]; Lee et al., 2008^[7])”. (Xagay et. al., 2016).



(a)



(b)

Figura 4: (a) Esquema de los efectos térmicos sobre el hormigón. Fuente: (Xargay et. al., 2016).

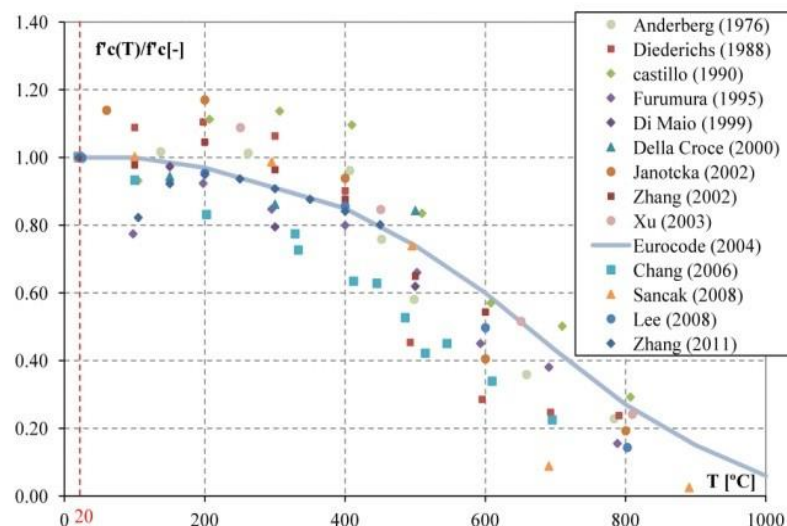
(b) Spalling en pilar de concreto. Fuente: (Pignatta, 2016)

“La deshidratación de la pasta de cemento, más específicamente de los silicatos de calcio hidratados (SCH), comienza por encima de los 200°C, consecuentemente, crece el tamaño de los poros y su distribución se torna más uniforme (Janotka and Bagel, 2002^[8]), tal es así, que la porosidad puede incrementarse hasta un 40% (Harmathy, 1970^[9])”. (Xargay et. al., 2016).

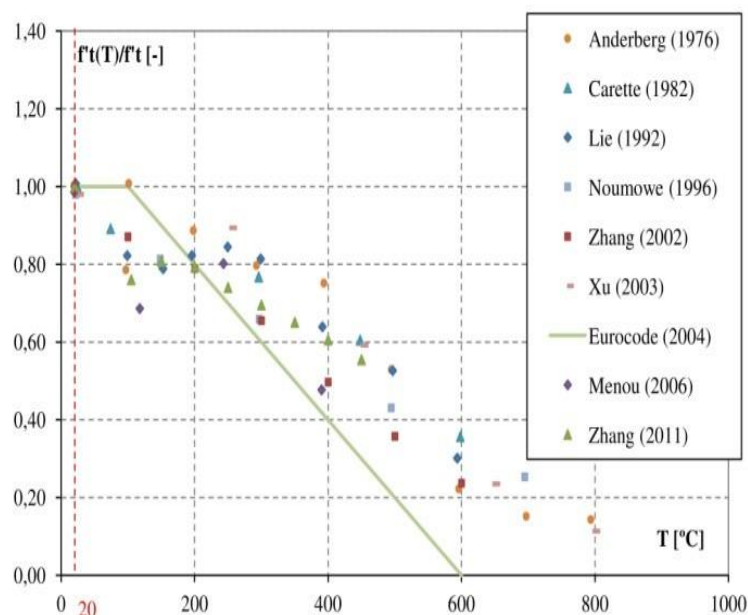
“Por otro lado, el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), también responsable de la resistencia mecánica de la pasta de cemento, se descompone químicamente a 500°C. Más allá de los 500°C, también los agregados gruesos comienzan a degradarse y los cambios químicos y físicos del hormigón se tornan sustanciales e irreversibles”. (Xargay et. al., 2016).

“La evidencia experimental demuestra claramente aquello hasta aquí expuesto. En las Figuras 5 a 7 se presentan gráficos (Ripani, 2016^[4]) en los que se representan resultados de distintos ensayos experimentales obtenidos de la bibliografía, con el objetivo de mostrar la variación de las diferentes propiedades del hormigón con el aumento de la temperatura (Marechal, 1972^[10]; Anderberg and Thelandersson, 1976^[11]; Carette et al., 1982^[12]; Diederichs et al., 1988^[13]; Castillo and Durrani, 1990^[14]; Lie, 1992^[15]; Furumura et al., 1995^[16]; Noumowe et al., 1996^[17]; Della Croce et

al., 2000^[18]; Janotka and Bagel, 2002^[8]; Phan and Carino, 2002^[19]; Xu et al., 2003^[20]; Chang et al., 2006^[21]; Sancak et al., 2008^[22]; Tanyildizi and Coskun, 2008^[23]; Guo and Shi, 2011^[24]; Bahr et al., 2013^[25]”. (Xargay et al., 2016).



(a)

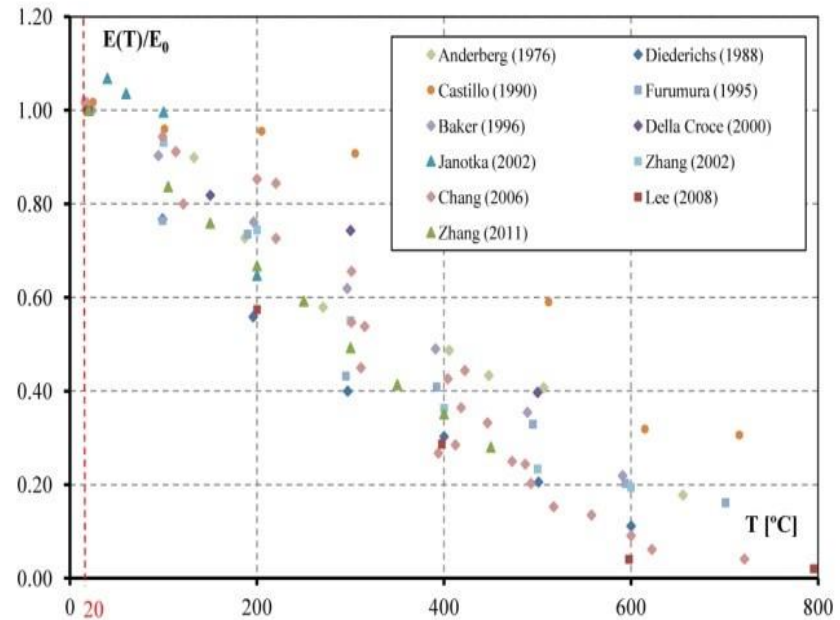


(b)

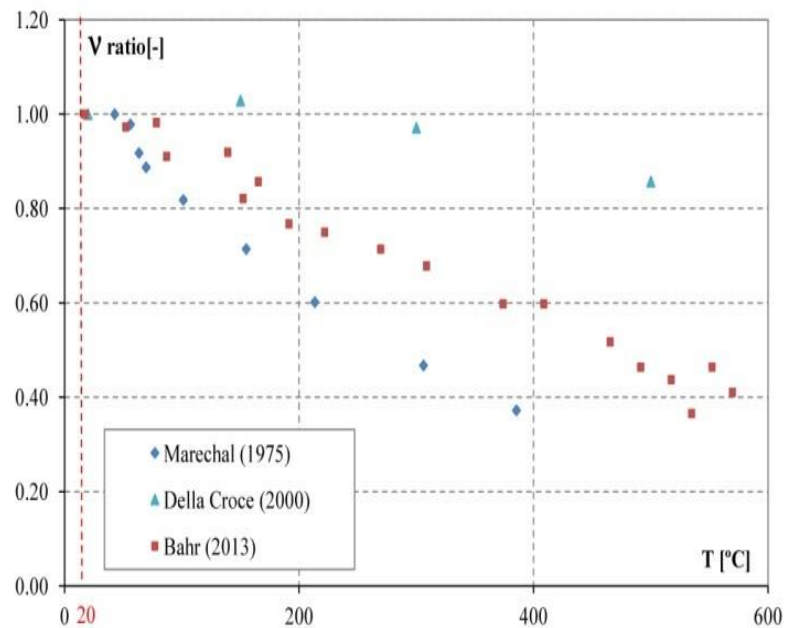
Figura 5: Datos experimentales (a) de la degradación de la resistencia a compresión y (b) de la degradación de la resistencia a compresión

Fuente: (Xargay, et. al., 2016)

“La figura 5 (a y b) muestra que, a temperaturas elevadas, tiene lugar una drástica caída de la resistencia mecánica, tanto a compresión como a tracción”. (Xargay, et. al., 2016).



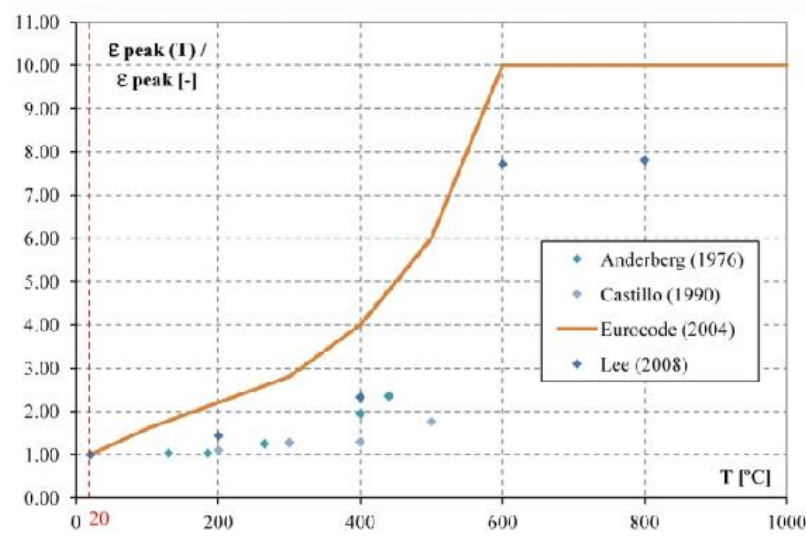
(a)



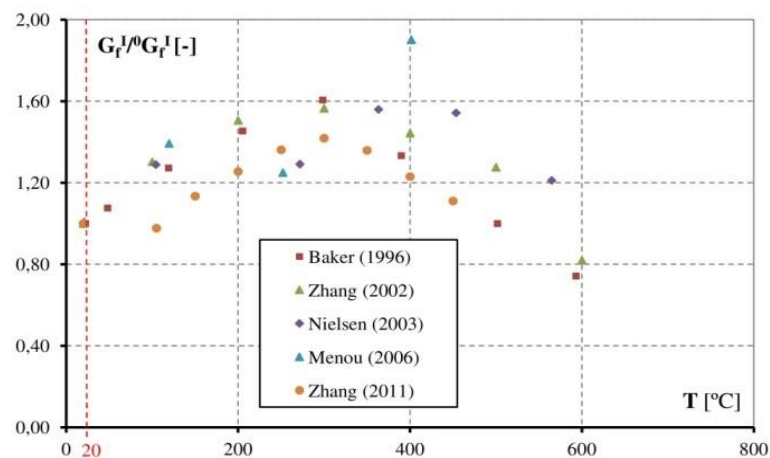
(b)

Figura 6: Datos experimentales (a) de la degradación del módulo de elasticidad y (b) de la degradación del coeficiente de Poisson con el aumento de la temperatura Fuente: (Xargay et. al., 2016).

La Figura 6 (a y b) puede observarse que el módulo de Young y el coeficiente de Poisson resultan severamente disminuidos, evidenciando una elocuente degradación de las propiedades elásticas.



(a)



(b)

Figura 7: Datos experimentales (a) de la deformación pico en ensayos de compresión uniaxial y (b) la energía de fractura para distintas temperaturas.

Fuente: (Xargay et. al., 2016).

“En la Figura 7 puede observarse que el hormigón se vuelve, en cierto modo, más dúctil, es decir, la deformación correspondiente a la resistencia máxima es mayor conforme aumenta la temperatura. Las superficies donde se localiza la falla se tornan más tortuosas, incrementándose la energía de fractura liberada a través de las fisuras” (Xargay, et. al., 2016).

“En general, este aumento de energía se mantiene hasta los 400°C, y luego disminuye a causa del excesivo daño térmico y a la fuerte pérdida de resistencia a tracción y a compresión (Baker, 1996^[26]; Zhang et al., 2002^[27]; Nielsen and Bicanic, 2003^[28]; Menou et al., 2006^[29]; Zhang, 2011^[30])”. (Xargay, et. al., 2016).

La pérdida de peso es otro efecto importante de las altas temperaturas sobre el hormigón. “La disminución del peso está relacionada al aumento de la porosidad por pérdida de humedad y por efecto spalling (Janotka and Bagel, 2002^[8]). Entre los 20 y los 200°C, el hormigón pierde su humedad rápidamente por pérdida de agua evaporable. Entre 200 y 600°C la tasa de pérdida de peso disminuye, porque depende principalmente de la deshidratación de la pasta de cemento, es decir, de la evaporación del agua químicamente adherida a los SCH. Más allá de los 600°C, la pérdida de peso puede alcanzar valores de hasta un 10% y esto se debe a la descomposición de los agregados gruesos (Anderberg and Thelandersson, 1976^[11]; Zhang et al., 2002^[27]; Lee et al., 2008^[7]; Zhang, 2011^[30]). En general, hasta 300°C, la pérdida de peso es un poco mayor en hormigones de resistencia normal que hormigones de alta resistencia (Zhang et al., 2002^[27]). Además, cuanto mayor es el tiempo de permanencia de las temperaturas elevadas, mayor es la pérdida de peso”. (Xargay, et. al., 2016).

Según Xargay et. al., (2016): “La información obtenida en los resultados experimentales varía en función de la calidad del hormigón, del tipo de agregados, de la tasa de calentamiento, del tiempo de permanencia de la temperatura y del momento de la medición. La mayoría de los autores coinciden en que los hormigones de alta resistencia se vuelven más frágiles cuando son expuestos a las altas temperaturas (Chan et al., 1996^[31]; Balendran et al., 2003^[31]; Gawin et al., 2003^[3]; Li et al., 2004^[33]; Mehmet and Ozturan, 2010^[34]; Zhen-jun and Yu-pu, 2010^[35]). Sin embargo, la degradación del módulo de elasticidad se manifiesta de manera similar para

las distintas calidades de hormigón y bajo distintas condiciones de precarga (Castillo and Durrani, 1990^[14]). (Xargay, et. al., 2016).

“[...]. Además, durante la fase de enfriamiento ocurre una importante reacción química en el hormigón: el óxido de calcio (que previo al calentamiento era hidróxido de calcio) se expande conforme va absorbiendo la humedad del ambiente, dando lugar a nuevas fisuras. Este proceso puede reducir la resistencia a compresión hasta un 20% más. Por lo tanto, para propósitos de diseño es conveniente considerar la resistencia a compresión uniaxial del ensayo residual (Hertz, 2005^[38]). (Xargay, et. al., 2016). En cambio, en los ensayos a flexión, la resistencia que se obtiene a través de ensayos en caliente resulta menor que aquella obtenida en los ensayos residuales. Esto se debe a que durante el calentamiento la expansión de los agregados origina tensiones que favorecen la propagación de las fisuras de flexión (Watanabe et al., 2013^[39]). (Xargay, et. al., 2016).

“[...], el spalling es uno de los efectos fundamentales de la acción de las altas temperaturas en el hormigón. Antiguamente, este efecto solo se atribuía al aumento de la presión de poro. En hormigones rápidamente calentados, el agua viaja en forma de vapor desde las zonas más calientes hacia las más frías, donde se condensa formando una barrera de humedad, [...] (Ulm y Coussy, 1999^[40]). Dicha barrera de humedad impide la expulsión de nuevo vapor de agua induciendo fuertes presiones de poro, que dan origen al descascaramiento de la superficie del elemento estructural. En la actualidad, se cree que el aumento de la presión de poro solo actúa como un disparador de la falla (Mindeguia et al., 2010^[41]), es decir, una vez iniciada la fisura por sobrepresión, el desarrollo del spalling depende de las tensiones inducidas por los gradientes térmicos (Hager, 2013^[42]). (Xargay, et. al., 2016).

Los valores sobre la relación de la presión de poro en función de la temperatura actuante fueron extraídos de ensayos experimentales

realizados en hormigones de resistencia normal (Kalifa et al., 2000^[43]; Mindeguia et al., 2010^[41]; Pereira et al., 2011^[44]). La presión de poro aumenta fuertemente alrededor de los 250°C, denominada temperatura de disparo, pero a temperaturas mayores ocurre una fuerte reducción de ésta por fisuración del hormigón; sin embargo, la máxima presión de poro ronda en 1 MPa para hormigones de resistencia normal, y 4 MPa para hormigones de alta resistencia (Kalifa et al., 2000^[43]). (Xargay, et. al., 2016).

“La falla estructural durante un incendio, depende de la naturaleza del fuego, de las cargas actuantes y del tipo de estructura. Los códigos para el diseño de estructuras que incluyen el diseño frente a fuego, especifican curvas de temperatura a considerar, pudiéndose distinguir distintos tipo de fuego, como por ejemplo: (1) Curva Tiempo-Temperatura celulósica estándar (ISO 834), que es la más utilizada en el mundo entero, especialmente por las normas BS 476, AS 1530, DIN 4102, ASTM y la nueva norma Europea (BS EN 1363-1). Representa un fuego natural controlado por ventilación, es decir fuegos en edificios comunes, donde se considera que el aumento de la temperatura es de 842°C luego de 30 minutos. (2) Curva de Hidrocarburos (HCFIRE), que simula un fuego combustible ventilado, con un incremento de temperatura de 1110°C luego de 30 minutos. (3) Curva RABT (Alemana), que representa fuegos provocados por vehículos tales como automóviles o trenes. Esta curva muestra un rápido aumento de la temperatura, alrededor de 1200°C en 5 minutos. (4) Curva RWS (Rijkswaterstaat) desarrollada en los países bajos, que modela un fuego de 300MW basado en la combustión del petróleo en un área cerrada, como es el caso de los túneles. Esta curva está internacionalmente aceptada y especifica que luego de 30 minutos la temperatura alcanza un nivel de 1300°C”. (Xargay, et. al., 2016).

Respecto de la incidencia del tipo de fuego en la ocurrencia del spalling, el fuego HC resulta más agresivo que el fuego ISO-834. Esto se debe a que en el primer caso, la tasa de aumento de temperatura es más alta que en el segundo. Sin embargo, la presión de poro en un HC puede resultar menor que aquella experimentada en la ISO- 834, ya que en el caso del fuego HC

el daño térmico es mayor, el hormigón incrementa su permeabilidad a causa de la fisuración inducida por el daño térmico permitiendo que los fluidos puedan escapar más fácilmente hacia el medio ambiente (Pereira et al., 2011^[44]). (Xargay, 2016).

Según Britez, Carvalho y Elene (2020): “El concreto (visto exclusivamente como material) es reconocido por su buena resistencia a temperaturas elevadas debido a sus características térmicas, tales como: incombustibilidad y baja conductividad térmica. Además, el concreto no emite gases tóxicos cuando se calienta y los elementos tienen mayor masa y volumen en comparación con otros materiales como, por ejemplo, los elementos de estructuras metálicas y de madera, o sea, potencialmente resisten por más tiempo” (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“En caso de incendio, el concreto sufre las consecuencias del fuego originado en cualquier material inflamable, ya sea sólido, líquido o gaseoso. En general, en edificios comerciales y residenciales, esta carga inflamable proviene de materiales sólidos de base celulósica como puertas, muebles, suministros de oficina, alfombras, cortinas, etc.” (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“De forma general, varios estudios apuntan conservadoramente que una porción más expuesta de concreto pierde aproximadamente el 25% de su resistencia mecánica a la compresión original cuando se calienta a temperaturas de alrededor de 300°C y aproximadamente el 75% cuando esta temperatura alcanza un nivel de 600°C en el interior”. (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“Además de la reducción de la resistencia, investigación precursora desarrollada por Abrams (1971) y Neville (1981) indicaron que los concretos considerados normales sufrieron altos gradientes térmicos cuando se expusieron al fuego y había una fuerte tendencia a que las capas de la superficie caliente se separaran de las capas más frías dentro del elemento. Este tipo de desprendimiento superficial se conoce mundialmente como *spalling*.” (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“El fuego generalmente comienza en pequeñas proporciones y su crecimiento depende del primer elemento encendido, de las características de comportamiento al fuego de los materiales en la vecindad de este elemento encendido y su distribución en el medio ambiente (Seito et al., 2008)” (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“Costa y Silva (2003) y Costa (2008) describen que, en general, la curva representativa de la variación de temperatura en un incendio real se caracteriza por dos ramas bien definidas (una ascendiente y una descendiente) con **tres etapas** delimitadas por dos puntos [...] ignición, flashover y temperatura máxima” (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

Britez, Carvalho y Elene (2020) al tratar sobre las alteraciones en la microestructura del concreto bajo altas temperaturas indican: “Considerase muy complejo el análisis preciso del comportamiento de los cambios en la microestructura de un concreto, ya que cada concreto tiene su singularidad debido a las varias alternativas de insumos y adiciones disponibles, así como al uso de diferentes metodologías de dosificación. También cabe destacar que, a altas temperaturas, la anisotropía y heterogeneidad del material concreto suele ser más evidente”. (Britez, Carvalho y Elene, 2020). “Obviamente, algunas reacciones son más evidentes en vista de los conocimientos previos de los aspectos litológicas de los agregados, adiciones y del tipo de cemento utilizado en la dosificación del concreto. En cuanto a la naturaleza litológica específica del agregado, la Figura 8 muestra la marcada diferencia en el comportamiento (estabilidad térmica) de varios agregados en función del aumento de temperatura”. (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“En el contexto de la microestructura, Taylor (1990) menciona que, debido a su baja conductividad térmica y alto calor específico, el concreto brinda una buena protección al acero en situaciones de incendio, sin embargo, puede sufrir daños severos debido a las acciones térmicas que dañan principalmente la pasta de cemento. Destaca que, a bajas temperaturas, la pasta de cemento puede se expande cuando se calienta, pero a partir de 300°C se produce una contracción asociada con la pérdida de agua. En

esta etapa, los agregados continúan expandiéndose, y las tensiones internas resultantes pueden conducir a la pérdida de resistencia, agrietamiento y desprendimiento superficial. Algunos fenómenos son más explícitos, los elementos de cuarzo, por ejemplo, se expanden bruscamente a 573 ° C debido a una transformación polimórfica de cristalización y la calcita se contrae a partir de 900 ° C debido a su descomposición generalizada” (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“Taylor (1990) también describe los efectos térmicos sobre la pasta de cemento, y señala que: por debajo de 500°C, si ocurre principalmente la carbonatación y la dilatación de los poros de la matriz; entre 450 y 550°C, la descomposición de C-S-H, y a 600°C, la descomposición de CaCO₃, proporcionando CaO, que eventualmente puede rehidratarse durante la fase de enfriamiento”. (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“En este sentido, a pesar de los importantes cambios fisicoquímicos que ocurren en la pasta de cemento, así como el papel del agua en la mezcla, *fib* (2007) señala que a altas temperaturas son los agregados los que realmente pueden gobernar el comportamiento térmico del concreto cuando esto se considera exclusivamente como un material compuesto. (Britez, Carvalho y Elene, 2020). Según Britez, Carvalho y Elene (2020), las principales razones para formar esta teoría se basan en las siguientes consideraciones:

- Los agregados generalmente ocupan un volumen significativo de la masa del concreto entre 60% y 80% en volumen de un concreto normal;
- Las variaciones en las propiedades de los agregados durante el calentamiento pueden promover efecto considerable en el rendimiento de concreto a temperaturas elevadas. La conductividad térmica del concreto, por ejemplo, es muy influenciada por la naturaleza litológica del agregado;
- Cada tipo de agregado reacciona de manera diferente al calor. El factor principal en el comportamiento del concreto calentado es la estabilidad química y física del agregado;
- Los agregados también son responsables de restringir cualquier expansión y contracción de la pasta de cemento durante el

calentamiento. En general, en una situación de incendio la interacción entre agregados y pasta de cemento del concreto convierte el proceso en uno fisicoquímico.

“En Brasil (Britez, 2011) llevó a cabo un experimento con una grande columna, prototipo de las columnas de concreto armado coloreado de alta resistencia del edificio e-Tower - récord mundial de resistencia en la época (Helene y Hartmann, 2003), con edad avanzada de ocho años.

Los resultados mostraron que el concreto de alta resistencia se comportó de manera íntegra y justa (Figura 15) frente al fuego, con el 95% de su área de sección transversal mantenida después del ensayo (solo el 5% fue efectivamente reducido por el efecto del *spalling*). Además, se encontró en este experimento que el uso de pigmento a base de óxido de hierro (concreto coloreado) también actuó como un excelente indicador colorimétrico (termómetro natural), ayudando a evaluar la estructura posterior al incendio. “La columna (pilar) probado (fck de 140 MPa) tenía una sección transversal de 70 cm x 70 cm, 2 m de alto, promedio de 25 mm de espesor de cubierta al acero; y se probó con tres caras expuestas al fuego durante un período de 180 minutos (3 h), sin carga, con simulación de incendio caracterizada por la curva estándar de calentamiento ISO 834 en el Laboratorio de Seguridad contra Incendios de IPT en São Paulo. Además de la edad avanzada, Britez (2011) señaló que otros factores pueden haber contribuido positivamente al buen rendimiento de la columna, como el tipo de agregado grueso utilizado en la dosificación del concreto original (basalto), así como el tamaño de la sección transversal y la configuración de refuerzo de la muestra”. (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

1.2.10.2.8. Efecto de las altas temperaturas en las estructuras de acero

“En las dos últimas décadas, una cantidad significativa de investigaciones se han llevado a cabo sobre el comportamiento de las estructuras metálicas expuestas al fuego, ya que éste representa una de las condiciones más

severas a las que pueden estar sometidas las estructuras [3] [5]”. (Ureña y Alvarado, 2018).

“El acero es un material no combustible que no genera humo ni gases tóxicos al entrar en contacto con el fuego, pero posee una elevada conductividad que hace que el calor se propague de manera muy rápida por el perfil de acero. Además, pierde sus propiedades mecánicas con temperaturas elevadas. Por todo ello, es necesario proteger estas estructuras contra posibles incendios”. (Argos, s.f.).

El acero sometido a altas temperaturas sufre una reducción de su resistencia y de su módulo de elasticidad.

El aumento de la temperatura de los elementos estructurales en los incendios se debe al flujo de calor por convección y radiación provocadas por la diferencia de las temperaturas de los gases calientes del ambiente en llamas y los componentes de la estructura. El flujo de calor por convección lo genera la diferencia de densidad entre los gases del ambiente en llamas. Los gases calientes son menos densos y tienden a ocupar la atmosfera superior, mientras que los gases fríos de densidad mayor tienden a moverse hacia la atmosfera inferior del ambiente. Ese movimiento genera el contacto entre los gases calientes y la estructura, dándose una transferencia de calor. (Pignatta, 2019)

La radiación es el proceso por el cual fluye el calor en forma de propagación de ondas desde un cuerpo a alta temperatura a la superficie de otro a temperatura inferior (Pignatta, 2019)

La superficie caliente del elemento estructural genera un flujo de calor hacia el interior del elemento que lo está calentando. Esta última transferencia de calor se denomina conducción. El flujo de calor radiante y convectivo actúa también sobre los elementos de cierre (losas, paredes, puertas, etc.) que deben tener suficiente resistencia al fuego para impedir la propagación del incendio por conducción hacia fuera del compartimiento en llamas. (Pignatta, 2019)

El acero es un buen conductor del calor, recordemos una de las formas clásicas de la transmisión del calor “conducción”, debido a que el hierro (elemento mayoritario en la composición del acero) como metal que es posee electrones libres, lo que puede propagar el calor fácilmente a través de elementos contruidos con este material (vigas, columnas, paneles, etc.) originando a continuación nuevos focos térmicos que expanden el área de calor a una nueva combustión. (Pignatta, 2019).

Aún, cuando el acero funde entre 1.300 ° C y 1.400° C, mucho antes de llegar a este punto, pierde su resistencia, reduciéndose a la mitad al llegar a los 500 ° C, el calor lo dilata con gran facilidad, llegando una viga de 20 m a alcanzar los 21 m a esta temperatura, el acero estructural pierde dos tercios de su resistencia inicial y en proporción al aumento y dirección de la carga a la cual es sujeta, comenzando por pandear y ceder, con el consiguiente arrastre del resto de los elementos portantes de la construcción. (Ureña y Alvarado, 2018).

Este comportamiento del acero en estructuras de contenido, no presupone la presencia de altas temperaturas o anormales condiciones, sino que son suficientes de pequeños a moderados incendios para que se produzca la deformación del material. En general, todos los metales bajo la acción del calor presentan un riesgo máximo a la distorsión y colapso. (Ureña y Alvarado, 2018).

Cuando formando parte de un armazón estructural una viga de acero cede, se producirá simplemente un desplome local que dentro de la importancia de oponerse o resistir al incendio en conjunto, se comprende la necesidad de dotar a estos elementos estructurales de una protección acorde a su naturaleza o condiciones. (Ureña y Alvarado, 2018).

1.2.10.2.9. Efectos del fuego y las altas temperaturas en las edificaciones

El fuego y las altas temperaturas son algunas de las acciones más destructivas que pueden actuar sobre estructuras compuestas por materiales cementicios. El concreto además de una reducción de

resistencia pierde área resistente y expone la armadura al fuego debido al spalling.

Comparativamente, el hormigón tiene varias ventajas sobre otros materiales en términos de resistencia al fuego: (1) No es combustible ni incrementa su carga de fuego, (2) Detiene la propagación del fuego y no produce humo ni gases tóxicos, reduciendo así el riesgo de los ocupantes, (3) Luego de un incendio se puede reparar relativamente fácil, permitiendo de este modo, reanudar las actividades prioritarias de la estructura a corto plazo, (4) No es afectado por el agua de enfriado, sin embargo, se debe tener en cuenta que el choque térmico podría dañarlo (Xargay, et al. 2016).

En muchos casos, para prevenir que el hormigón alcance temperaturas críticas, se emplean protecciones pasivas. Dentro de las técnicas de aislación más reconocidas, se destaca la aplicación de morteros superficiales, pinturas, yeso, mezclas cementicias, vermiculita, paneles de lana mineral, entre otros. El riesgo de descascaramiento explosivo (spalling), aumenta en concretos de baja permeabilidad y puede mitigarse agregando fibras de polipropileno en la masa de hormigón y/o protegiendo la superficie de la estructura con barreras térmicas. Cabe destacar, que en estructuras de concreto armado, el recubrimiento retarda la transferencia de calor a las armaduras, ya que la conductividad térmica del hormigón ronda los 0.8-1.5 [W/(m.K)], mientras que la del acero ronda los 45-60 [W/(m.K)]. Por esta razón, los códigos de diseño estructural generalmente se limitan a establecer recubrimientos mínimos de hormigón, que garanticen en el acero temperaturas menores a la crítica durante un tiempo razonable de exposición al fuego (Xargay, et al. 2016).

El concreto además de una reducción de resistencia pierde área resistente y expone la armadura al fuego debido al spalling. El spalling es un despostillamiento de la superficie del concreto debido a la presión interna del agua que se evapora y al comportamiento diferencial de los componentes del concreto. El spalling reduce el área resistente del concreto y expone la armadura al fuego. (Silva, V. P., 2004)

Xargay, et al. (2016) concluye: “Que a medida que la temperatura aumenta, el hormigón presenta una degradación progresiva de sus propiedades fundamentales debido a distintos efectos que la acción de la misma va causando en la matriz cementicia y a partir de cierto punto, también en los agregados gruesos. Esta degradación se ve influenciada por diversos factores como la calidad del hormigón, el tipo de agregados, la tasa de calentamiento y el tiempo de permanencia bajo temperatura”. (Xargay, et al. 2016).

La gran mayoría de trabajos científicos disponibles en la literatura, referidos tanto a ensayos experimentales como a estudios teóricos, se refieren a hormigones de resistencia normal, y en general sin adición de fibras. (Xargay, et al. 2016).

De acuerdo con los estudios realizados por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) del inglés “National Fire Protection Association”, los principales efectos de las altas temperaturas sobre el concreto (NAFPA 251 Métodos estándar de las pruebas de Resistencia al fuego de construcción de edificios y materiales Edición 1999), son:

- Cambio en la coloración: el cambio de tonalidades en el concreto está directamente relacionado con la temperatura al cual fue expuesto.
- Disminución de la resistencia a la compresión: a medida que es mayor la temperatura en el concreto, la resistencia en él decae, llegando a ser nula.
- Pérdida de sección: debido a la evaporación del agua retenida al interior del concreto, aumenta la presión en los poros, generando delaminación o pérdida de grandes partes del elemento.
- Afectación del acero de refuerzo: según estudios basados en la NFPA 251, la temperatura de colapso del acero de refuerzo al interior del concreto es de **538°C**, la cual, en la mayoría de los casos puede alcanzarse fácilmente.

Ureña y Alvarado (2018), en un artículo de investigación el propósito de medir la influencia del tiempo de exposición al fuego directo, centran su atención en la determinación de la resistencia a flexión de vigas de

hormigón armado de sección transversal cuadrada de 150mm y 750mm de longitud, con un recubrimiento de 25mm, y se reforzaron longitudinal y transversalmente con acero corrugado de fluencia 420MPa, expuestas al fuego directo durante diferentes tiempos, después de ser expuestas se enfriaron a temperatura ambiente durante 24 horas, momento en que se evaluaron mediante observación los cambios producidos. Las temperaturas alcanzadas oscilaron entre los 750°C y 1050°C. Mediante el ensayo ASTM C78 determinaron que la resistencia a flexión disminuye drásticamente conforme aumenta la temperatura y tiempo de exposición de las vigas al fuego, mostrando diferentes signos de degradación que van desde una calcinación leve y cambio de coloración, a inclusive la pérdida de sección del elemento. La investigación mostró que la resistencia a flexión disminuyó en más del 90% con respecto a las vigas no expuestas al fuego, resultado obtenido cuando se alcanzó una temperatura de 1050°C a 180 minutos de exposición al fuego. (Ureña y Alvadado, 2018).

“Cuando el hormigón aumenta de temperatura, se produce una disminución de las propiedades mecánicas que causa la reducción de la capacidad de carga de un elemento, se producen transformaciones en la microestructura de la pasta de cemento y agregados, cambios de volumen inducidos por tensiones térmicas [8], además de generar expansión, tensiones, deformaciones y reducción de resistencia en los componentes estructurales [7]. A esto, se suma la degradación de la adherencia en el acero inducida por la temperatura que influye en la propagación de grietas en el hormigón y que tiene un efecto sobre la integridad del mismo. Tales daños localizados (craqueo) pueden ser un factor significativo al realizar la reparación de una estructura posterior a un incendio [12]. El hormigón es un material de construcción con un coeficiente de conductividad térmica relativamente bajo, por lo que el calor se extiende lentamente, pero puede producirse un gradiente térmico significativo dentro del elemento debido a la diferencia de temperatura entre la superficie expuesta y el interior del mismo [13].” (Ureña y Alvadado, 2018).

“La evaluación del daño por fuego en las estructuras de concreto armado generalmente comienza con una evaluación visual, que consiste en detectar los cambios causados por la exposición al calor [13], y así establecer el nivel de daño inducido por la transformación física y química que producen agrietamientos en los elementos [8], además de la identificación del cambio del módulo de elasticidad del concreto y acero [7] [12] [14]. Algunos estudios de laboratorio demuestran que, en el caso del hormigón no protegido, las propiedades mecánicas disminuyen drásticamente para temperaturas superiores a 300°C [8] y en cuestión de poco tiempo la temperatura se eleva a alrededor de 1200°C [13]. Otras investigaciones reportan que el decremento de la resistencia a la flexión en vigas de hormigón armado debido a temperaturas elevadas, se genera por las redistribuciones del momento de flexión que afecta considerablemente su comportamiento [15]”. (Ureña y Alvarado, 2018)

“La temperatura superficial de las vigas incrementa en relación directa con tiempo de exposición al fuego. También se nota que la carga máxima y resistencia a flexión, disminuyen alrededor de un 50% en temperaturas de 900°C llegando incluso a un decremento del 90,7% con relación a una viga no expuesta al fuego para una temperatura de 1050°C. Adicionalmente, en todos los casos el valor de la deflexión a la rotura decrece conforme el tiempo y temperatura de exposición al fuego aumentan, disminuyendo en el más extremo en un 70,9% con relación a la deflexión a la rotura promedio de las vigas que no fueron expuestas.

Por otro lado, la resistencia máxima a la flexión obtenida fue de 14,2 MPa a un T.E.=0, mientras que la mínima resistencia fue de 1,3 MPa a un tiempo de exposición al fuego de 180 min y con una temperatura de 1050°C, esto indica que en este tiempo describe tan solo el 9,3% de la resistencia de una viga no expuesta al fuego. Las cargas máximas soportadas en cada caso permiten conocer la resistencia a la flexión debido al tiempo de exposición de las vigas al fuego, obteniéndose así gran variabilidad en las resistencias obtenidas” (Ureña y Alvarado, 2028).

“Las curvas carga vs deflexión a la rotura se presentan en la Figura 3. En la curva promedio de las vigas con exposición al fuego de T.E.=0 min se diferencia claramente dos tramos: el primero llega hasta el límite elástico con un valor límite de 1,3 mm de deflexión correspondiéndole una carga de aproximadamente 83 kN. A partir de este punto se nota un segundo tramo donde la curva tiene un punto de inflexión y las deformaciones aumentan mucho más rápido. La máxima deflexión a la rotura registrada, tras el ensayo de flexión de las vigas no expuestas al fuego es de 9,8 mm y la carga máxima aplicada es de 106,4 kN” (Ureña y Alvarado, 2018).

Al evaluar los daños producidos en la viga después de 30 minutos, 60, 90 y 120 minutos de exposición al fuego se observan: A los 30 se observan desprendimientos leves, expulsión de material fino a través de las fisuras, y cambio de tonalidad del hormigón a un color rosáceo acompañado de gris claro debido al fenómeno de calcinación superficial que experimenta. Después de 60 minutos de exposición se aprecia calcinación avanzada y gran cantidad de fisuras mapeadas con espesores menores a 1 mm, también pérdidas de material y coloración gris claro en el elemento. A partir de los 90 minutos muestran descarbonatación profunda y pérdidas leves de masa en el elemento, así como también una coloración amarilla claro en la viga y acompañada de erupciones superficiales. (Ureña y Alvarado, 2018).

A partir de los 150 minutos los daños incrementan drásticamente cuando la temperatura alcanza los 1000°C, la descarbonatación es muy avanzada con fisuras mayores a 2 mm, por lo que el descascaramiento y desprendimiento del recubrimiento ocasionaron la exposición directa del acero de refuerzo y coloración rojiza en el mismo. También se evidenció expansión de los agregados y una variación de color en el elemento entre blanca y amarillenta. (Ureña y Alvarado, 2018).

Finalmente, al llegar los 180 min de exposición al fuego se evidencia una gran pérdida de masa y calcinación altamente avanzada llegando a tener una coloración superficial blanca intensa. Se presenta además una destrucción masiva del recubrimiento acompañada con fisuras mayores a los 3 mm, un endurecimiento superficial del acero de refuerzo, pérdida de

sección y cambio de coloración del mismo. Adicionalmente, después del ensayo las vigas que presentaron mayor cantidad de fisuras fueron aquellas que estuvieron expuestas a las más altas temperaturas. (Ureña y Alvarado, 2018).

Ureña y Alvarado (2018), llegaron a las siguientes conclusiones:

- La resistencia a la flexión y la carga máxima soportada tiende a disminuir drásticamente a medida que aumenta la temperatura, pudiendo dar como resultado fallas estructurales indeseables.
- La resistencia a la flexión desciende aproximadamente un 50% cuando las vigas alcanzan los 900°C y ésta cae por debajo del 10% a 1050°C.
- Las vigas de hormigón armado presentaron cambio de color y las fisuras se fueron tornando cada vez más graves y de mayor espesor conforme la temperatura aumenta.
- El concreto aumenta su temperatura muy rápido afectando también al acero, cambiando su aspecto y disminuyendo su resistencia.
- En una hora de exposición al fuego las vigas alcanzaron una temperatura superficial de 800°C, a las dos horas 950°C y a las tres horas la temperatura se eleva a 1050°C. Por cada hora de exposición al fuego la resistencia a la flexión disminuye alrededor del 30%.

Por su parte para Vidaud y Vidaud (2011): “La conductividad del calor establece importantes consideraciones para el concreto estructural; tanto el acero como el concreto, manifiestan diferencias en su conductividad; el acero muy alta y el concreto muy baja, lo que garantiza comportamientos totalmente diferentes de ambos materiales frente a las elevadas temperaturas. El concreto se calienta más lento, y su sección interior alcanza temperaturas inferiores a las del fuego en un instante dado, mientras que el acero se calienta prácticamente de inmediato, llegando a alcanzar la temperatura del incendio en toda su sección. De acuerdo a lo anterior, alguno de los efectos de las altas temperaturas sobre las estructuras de concreto son: modificación de las características mecánicas del concreto y el acero, reducción de la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto que lo recubre, pérdida significativa del espesor del

recubrimiento del concreto, desarrollo de esfuerzos por deformaciones impuestas y por diferenciales térmicos, destrucción de juntas y sellados, entre otros”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“El efecto de las altas temperaturas afecta a las características de resistencia y de deformación, tanto del concreto como del acero, generándose incrementos de esfuerzos, causados por las dilataciones que son transmitidos a través de los nudos rígidos de la estructura. En consecuencia, estos efectos implican que el concreto sea cada vez menos resistente, y con capacidad reducida para deformarse antes de romperse. La resistencia al fuego se determina fundamentalmente, por la protección del acero frente a un excesivo aumento de temperatura; a mayor recubrimiento mayor será el tiempo en que el elemento se mostrará resistente”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“Una característica particular del concreto y el acero, es que ambos materiales tienen prácticamente el mismo coeficiente de dilatación térmica, lo que permite su empleo de conjunto sin tener en cuenta los esfuerzos que se producirían por la variación de temperatura. Sin embargo, como antes analizamos, la conductibilidad térmica es diferente: el acero es un buen conductor, mientras que el concreto, más que un conductor puede ser considerado como un aislante térmico”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“Respecto a las pérdidas por adherencia, al existir oquedades en la sección, las elevadas temperaturas atraviesan la masa de concreto y llegan rápidamente al acero. El acero al calentarse se dilata generando esfuerzos no deseados sobre el concreto que lo tienden a fisurar; posteriormente, el enfriamiento conlleva a la rotura por salto térmico. Mientras persistan las altas temperaturas, el acero comprimirá al concreto, reduciéndose así la capacidad de anclaje y de adherencia”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“El proceso de desprendimiento, también llamado en la literatura como spalling, se desarrolla a temperaturas oscilantes entre los 100 y 150 °C. En las Figuras 1 y 2 se evidencia este efecto posterior a un incendio en el

interior de un edificio. Se trata de un efecto inmediato como consecuencia del impacto térmico y el cambio de estado del agua intersticial. Al calentarse el concreto, el agua comienza a evaporarse. El vapor atrapado en la masa densa de concreto propicia un aumento de presión que cuando supera la resistencia del material provoca el inicio del desprendimiento”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“En dependencia de su severidad, el spalling puede causar el desprendimiento total del recubrimiento de concreto, dejando al descubierto al acero de refuerzo, que hasta entonces ha estado protegido y de alguna manera ha mantenido sus propiedades. Con el desprendimiento, a aproximadamente 250 °C de temperatura, sobreviene la pérdida de resistencia del acero”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“Tanto la pérdida de adherencia, como el spalling en el concreto sometido a elevadas temperaturas, pueden reducirse si se garantizan adecuados recubrimientos, y se aplican protecciones pasivas contra incendios; evitando (o retardando) que se alcance así la temperatura crítica. Con la aplicación de adecuados recubrimientos inorgánicos es posible proteger las estructuras contra incendios, pues se evita el desprendimiento que no solo provoca un grave daño a la estructura; sino también puede obstaculizar las acciones de rescate y salvamento en el interior del edificio. Algunos de estos productos son las masillas aislantes de asbestos o de fibra de vidrio, el chapado con refractarios o el uso de pinturas intumescentes”. (Vidaud y Vidaud, 2011).

“Al presentarse zonas con elevadas temperaturas en el interior de una estructura, se produce una respuesta general de ésta que tiende a incrementar la longitud de los elementos debido a la dilatación térmica. Esta es la razón por la que se presentan esfuerzos no deseados que pueden incrementar los momentos en las zonas de nudos; llegando incluso a producir el agotamiento por cortante en extremos de marcos. Asimismo, el aumento de temperatura desde la superficie del concreto hacia su interior propicia la presencia de diferenciales de temperatura en las diferentes

fibras de la sección, lo que induce a lo que se conoce como esfuerzos por gradiente térmico”. (Vidau y Vidaud, 2011)

“A diferencia del acero que queda embebido en la masa de concreto, este último se encuentra expuesto y por tanto evaluar el efecto de las altas temperaturas suele volverse complejo. Deberán tomarse en cuenta para este análisis variables inherentes al fuego, así como otras intrínsecas del material como pueden ser: porosidad, densidad, tipo de áridos, métodos utilizados en la ejecución durante el vibrado, entre otros. Debido a que el concreto se compone mayoritariamente de agregados, es importante la resistencia de éstos en el estudio del comportamiento ante las altas temperaturas. El tipo de agregado se convierte entonces en uno de los componentes a tomar en cuenta para el estudio del coeficiente de expansión térmica del concreto; pues la expansión del concreto será una función directa de la expansión del agregado”. (Vidau y Vidaud, 2011)

El coeficiente de expansión térmica de las rocas oscila entre 1 y 16 millonésimas por grado centígrado, debido a sus diferentes composiciones mineralógicas. Asimismo, el coeficiente de expansión térmica de los minerales silíceos es de aproximadamente 12 millonésimas por grado centígrado; siendo superior que el de las calizas. Experiencias en la tecnología del concreto afirman que los concretos fabricados con agregados silíceos presentan mayor conductividad térmica que los fabricados con calizos, lo que los hace más vulnerables en caso de incendio. La Fig. 5, definida por Bonnell y Harper en su artículo “The thermal expansion of concrete”, publicado por la National Building Studies en Londres en 1951 (extraído de Neville, A., 1999, “Tecnología del Concreto”, editado por IMCYC) presenta la dependencia de la expansión del concreto con la de su agregado componente. (Vidau y Vidaud, 2011)

“Diversos estudios demuestran que el tipo de agregado utilizado en la fabricación del concreto incide de forma directa en la resistencia al fuego del material. Incluso se presentan diferencias entre el comportamiento de

los agregados fino y grueso, que van desde cambios en la coloración hasta variaciones en la resistencia y durabilidad. Adicionalmente, la condición del concreto como material poroso hace que este absorba los gases con relativa facilidad. Los gases ácidos, durante el incendio, reaccionan químicamente con los compuestos cálcicos del concreto, formándose el cloruro de calcio; en general se absorben los iones de calcio y cloro, que al combinarse con el vapor de agua que queda retenido en el interior de la masa incrementan considerablemente el desarrollo de la corrosión. De ahí que no deba perderse de vista la estructura posterior a un incendio, pues la corrosión puede afectar el concreto estructural, llegándolo incluso a destruir posterior al cese del fuego”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“Debe tenerse especial cuidado durante la extinción del fuego, ya que el agua suministrada con el consecuente enfriamiento que produce a la estructura, puede producir la fragilización del acero descubierto. No es difícil entonces darnos cuenta que los daños producidos por las altas temperaturas de un incendio pueden agravarse según el tipo de enfriamiento que se utilice”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“Durante la extinción se produce un enfriamiento acelerado del concreto, pues el agua empleada se encuentra a una temperatura mucho menor. En este momento y por lo anterior puede generarse un choque térmico, lo que trae como consecuencia la aparición de microfisuras en el concreto que afectan su estructura interna. En tal sentido, es válido y recomendable realizar estudios petrográficos con el fin de observar y evaluar el deterioro estructural posterior a un evento de este tipo”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“Se considera en la literatura especializada, la correlación por varios autores de la naturaleza, extensión y cuantificación de la fisuración, con las temperaturas máximas alcanzadas durante incendios que afectan elementos estructurales. El estudio microscópico entonces no solo debe precisar una estimación de los valores críticos de temperatura, sino también de la profundidad del daño desde la superficie”. (Vidaud y Vidaud, 2011)

“Ha quedado expuesto en breve síntesis, que para el análisis de potenciales daños a estructuras de concreto sometidas a elevadas temperaturas, es preciso el estudio de los factores inherentes al fuego, así como las características del material; todas en mera interacción y considerando tanto el momento del incendio, como la fase de extinción y su posterior enfriamiento. Solo de esta manera se podrá establecer una correcta evaluación de la capacidad resistente residual de la estructura, así como las posibilidades que está presente posterior al incendio para su reutilización”. (Vidaud y Vidaud, 2011).

1.2.10.2.10. Proceso rehabilitación de estructuras de concreto afectadas por el fuego

Antes que rehabilitar las edificaciones que han sufrido daños a consecuencia del fuego, es mejor fortalecer las medidas preventivas, contra incendios recomendados en normas como las NFPA.

Para la rehabilitación de estructuras de concreto afectadas por el fuego según lo dispuesto en el **ACI 562**, se deben implementar los siguientes pasos:

PASO 1:

Identificar los efectos causados por el fuego sobre los materiales mencionados anteriormente, mediante ensayos de laboratorio como: la extracción de núcleos o la apertura de regatas, con el fin de observar el estado hacia el interior de la estructura y demás daños no apreciables superficialmente.

PASO 2

Realizar un diagnóstico estructural a través del análisis de modelos computacionales y memorias de cálculo, teniendo en cuenta los resultados de los ensayos del paso 1, permitiendo visualizar el estado actual de la estructura, en cuanto a la distribución de cargas, diagramas de momentos y cortantes, y cualquier cambio de esfuerzos.

PASO 3

Desarrollar el diseño de la intervención, la cual, debe contener toda la preparación previa (apuntalamiento) y los ciclos de ejecución de la rehabilitación.

PASO 4

Realizar un saneado en toda la superficie a intervenir, que incluya la remoción de todo lo afectado por el fuego. Dependiendo de los resultados del diagnóstico estructural y de la profundidad de los daños, se remueve parcial o totalmente el concreto, dejando intacto el acero de refuerzo, siempre y cuando no se afecte durante el proceso de remoción del concreto y no posea pérdidas de sección ni de forma (por golpes u oxido).

PASO 5

Se repara la estructura reemplazando el acero en mal estado y fundiendo nuevo concreto, donde lo removido haya sido superior al recubrimiento, de lo contrario pueden usarse morteros de reparación estructural, lo cual se debe consultar previamente con el diseñador estructural.

PASO 6

Según el estado de la estructura, se deben plantear medidas de reforzamiento, como puede ser el recrecimiento de la sección transversal con aumento de la cuantía de acero o reforzamiento con estructuras o materiales externos, como lo pueden ser rigidizadores metálicos o fibras de carbono que cumplan con la normativa local vigente (NSR -10).

PASO 7

Por último, con el fin de darle un acabado duradero a la estructura, se determinan medidas de protección, como lo son los recubrimientos intumescentes o sistemas de rociadores; los cuales, pueden obedecer a necesidades estructurales o arquitectónicas, pero en cualquier caso siguiendo lo estipulado sobre la resistencia de los materiales al fuego en la ACI 216.

1.2.10.2.11. Corrosión

Este fenómeno, se produce mediante un proceso químico que se desarrolla en presencia del agua o de la humedad del medio o electrolítico, cuando dos materiales diferentes se encuentran en contacto. Afecta en particular ciertos elementos metálicos como las carpinterías a la intemperie e interna y exteriormente las tuberías con líquidos y/o en medios agresivos, pueden atacar también algunos materiales como las piedras o los concretos.

“La corrosión tiene especial importancia cuando afecta los refuerzos de la estructura, lo cual ocurre por la acción de sustancias agresivas que se encuentran en el suelo, la atmósfera, los aditivos utilizados para la mezcla o aún provenientes de la misma composición química de algunos tipos especiales de cemento” (Tabla 8) (Puyana, 1986)

Tabla 8. Recomendaciones.

<i>RECOMENDACIONES</i>
1. La utilización de varillas y estribos, libres de oxidación, bien colocados, y asegurados en sus sitios.
2. La suficiente separación de las armaduras de los fondos, costados y extremos de los encofrados, que garanticen recubrimientos con espesor adecuados para darles a los refuerzos la protección necesaria.
3. No utilizar, para efecto del bloqueo y separación de las armaduras en los fondos de los encofrados, trozos de metal que se corroe y llevan la oxidación al elemento estructural.
4. La debida compactación de las mezclas y un eficiente curado al concreto que le den la mayor compacidad y resistencia posible a los agentes agresivos del medio en que se encuentran.

Fuente: Control Integral de la edificación III. Administración y Mantenimiento. (Puyana, 1986).

1.2.10.2.12. Humedades

“Se estima que uno de cada tres daños en las edificaciones es causado por el agua, ya sea por filtración, por absorción en materiales porosos y/o por la condensación de la humedad ambiental.

Los problemas por humedades pueden radicar tanto en el proyecto mismo, por detalles constructivos deficientes, diseños equivocados o errónea selección de materiales, como la ejecución de las obras por causa de malos procedimientos de trabajo que las hacen sensibles a éste género de deterioros. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Además de los negativos efectos que tiene en el buen aspecto de los edificios en sus primeras consecuencias de orden físico, la humedad constituye el medio por excelencia para desencadenar múltiples procesos de degradación como la corrosión de los metales, el ataque de los álcalis a las pinturas, la reacción agresiva de las sales solubles o de los agentes biológicos, como mohos, hongos y bacterias que además de deteriorar su apariencia, afectan la durabilidad y el funcionamiento de los elementos y componentes de la construcción y facilitan el desarrollo de microorganismos que crean y facilitan el desarrollo de microorganismos que crean ambientes malsanos demeritando así las condiciones y exigencias de higiene y salubridad de sus usuarios ” (Puyana, 1986)” (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.10.2.13. Desprendimientos

“Este tipo de deterioros conforma el último grupo importante de los daños típicos de la edificación, por razón de la frecuencia con que suele presentarse.

Los desprendimientos que afectan particularmente los ítems de pisos, enchapados, revestimientos y estucos, son causados por efectos mecánicos como impactos y vibraciones, así como por fallas en la capacidad adherente de los morteros o pegantes que mantienen los materiales de acabados sujetos a su base y finalmente por deficiencias de éstas mismas y/o de los soportes que los aseguran. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

En general la adherencia de los pegantes industriales corrientes se rebaja hasta anularse, en presencia de la humedad, mientras los morteros para sentarse revestimientos cerámicos por el contrario fallan cuando la mezcla

pierde agua al ser absorbida por las baldosas que no se humedecieron debidamente antes de colocarlas.” (Puyana, 1986) (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.11. Criterios y conceptos de mantenimiento de edificaciones

Se tienen muchas definiciones de mantenimiento, pero la más general y sencilla se puede resumir en el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

A continuación, se pueden recopilar las definiciones de mantenimiento según diferentes autores que se han interesado en la conservación y el mantenimiento, no solo de las edificaciones sino todo aquello que dentro de su vida útil pueda deteriorarse.

Para Babé (1986) el mantenimiento no es más que los trabajos que deben realizarse de forma cíclica para la atención de los equipos y de los elementos componentes de las construcciones con el fin de subsanar sus deficiencias, y mantener de manera eficaz los servicios que brinden con énfasis especial de aquellas partes que por su uso continuado o por su ubicación se encuentran más expuestos al deterioro.

Según Tejera (2003), el mantenimiento de un edificio es un conjunto de trabajos periódicos programados y no programados que se realizan para conservarlo durante el período de vida útil en adecuadas condiciones para cubrir las necesidades previstas.

Las características del mantenimiento y de las reparaciones están en función de la tipología de la edificación en sí y están estrechamente relacionadas con la época de construcción y de los materiales que se emplearon en su ejecución.

Existen dos tipos de mantenimientos, el preventivo y el correctivo. El preventivo como su nombre lo indica es de prevenir cualquier anomalía que impida la funcionalidad para lo que fue diseñado durante su vida útil. El correctivo trata de corregir aquellos errores que ya presenta la edificación

para así lograr extender su vida útil hasta el máximo. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

El mantenimiento preventivo tiene la posibilidad de ser programado en el tiempo y, por lo tanto, evaluado económicamente. Está destinado, como su nombre indica, a la prevención, teniendo como objetivo el control, antes de, de los deterioros que se puedan presentar en el edificio debido al uso natural del mismo. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Para Arencibia y Borroto (2005) el mantenimiento no es más que los trabajos que se deben realizar de forma cíclica, sus tareas deben tener como objetivos la conservación física y funcional de un edificio a lo largo de su vida útil.

Dentro de los trabajos que el mantenimiento comprende, pueden citarse los siguientes: Instalaciones eléctricas, filtraciones, canales y bajantes, impermeabilización de áreas de cubiertas, sustitución de tejas, enchapes, pinturas, vidrios, lámparas y bombillos, limpieza de tanques y cisternas, limpieza de tanques sépticos, instalaciones hidráulicas y sanitarias, ajustes de puertas y ventanas, zonas verdes, áreas exteriores, etc.

Además, es importante involucrar a los usuarios del inmueble en los mantenimientos cuando éstos no dependen de personal especializado, entre estas tareas pueden citarse: limpieza de las azoteas, pintura de interiores y exteriores, etc. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.11.1. Clasificación de mantenimiento de edificaciones

Para Babé (1986) los mantenimientos pueden clasificarse atendiendo a tres factores: el tipo de obra, el propietario del inmueble y el momento en que se realiza el mismo. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Atendiendo al tipo de obra puede considerarse:

Mantenimiento de obras nuevas: El que se realiza en ciclos previstos desde el momento en que se elabora el proyecto y que debe aplicarse tan pronto concluye la construcción.

Mantenimiento de obras viejas existentes: El que debe comenzar su aplicación después que se han efectuado las reparaciones o reconstrucciones requeridas para eliminar los desperfectos existentes.

Según el propietario del inmueble se definen:

Mantenimiento privado: El que debe realizar de forma continua y por medios propios el usuario de un edificio.

Mantenimiento estatal: El que se realiza por los organismos del Estado en obras de uso social como escuelas, hospitales, puentes, carreteras, acueductos, presas, etc.

Teniendo en cuenta el momento en que se realiza se consideran:

Mantenimiento preventivo: El que debe ser previsto por el profesional al realizar el proyecto de una obra.

Mantenimiento correctivo: El que se planifica ejecutar en las construcciones para evitar al máximo los deterioros.

Sin embargo en Ruiz (1998) se propone una interesante clasificación del mantenimiento y la reparación de viviendas:

Mantenimiento ordinario: Comprende todos aquellos trabajos periódicos sobre elementos comunes por motivo de su utilización y del envejecimiento y desgaste por la acción ordinaria de la agresividad ambiental y del propio envejecimiento de los materiales empleados en su construcción.

Reparaciones extraordinarias: Comprenden aquellos trabajos necesarios a efectuar en los edificios cuando se produzcan las situaciones siguientes:

Averías extraordinarias derivadas de la acción anormal de agentes climatológicos o ambientales.

Desperfectos extraordinarios derivados de la vejez anticipada de los componentes, instalaciones, etc. del edificio a causados por un mal diseño o mala aplicación de la calidad de la construcción. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

A su vez Gutiérrez y Casanova (1985) plantean que los trabajos de mantenimiento pueden clasificarse en función de la zona en la cual van a realizarse.

Trabajo de mantenimiento ordinario sobre los elementos comunes.

Trabajo de mantenimiento ordinario sobre elementos privativos.

Por otra parte, para el arquitecto Andrés Olivera Ranero ofrece una clasificación de acuerdo con los objetivos, complejidad y costos del mantenimiento, dividiéndolos en las siguientes categorías (Olivera, 1983)

Mantenimiento simple o habitual: Pueden considerarse las actividades periódicas, como la limpieza diaria hasta la reposición o reparación de componentes simples de la edificación (lámparas, tejas etc.) (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Mantenimiento complejo: Consiste en la reparación compleja o la sustitución de elementos fundamentales de la edificación. Debe realizarse por personal especializado.

Otra posible clasificación de los tipos o sistemas de mantenimiento la ofrece Xavier Casanovas (1996) atendiendo a la periodicidad de la aplicación del mismo:

Mantenimiento planificado: Consistente en actuaciones periódicas en un edificio con una visión preventiva.

Mantenimiento no planificado: Consistente en actuaciones en un edificio con un objetivo puramente correctivo.

Dentro de las Ventajas del Mantenimiento de Edificaciones se pueden resaltar:

Alargar la vida en óptimas condiciones de los edificios, disminuyendo al máximo el deterioro del patrimonio inmobiliario.

Aumentar la seguridad del edificio, al conservar en perfecto estado los sistemas de seguridad y evitar que el mal uso y estado de las instalaciones puedan provocar siniestros que afecten a las personas y al inmueble.

Evitar al máximo la parada de las instalaciones, que en algunos casos puede dar lugar a la no utilización del edificio, con los problemas a que esto puede dar lugar. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Disminución de los costos energéticos. Una instalación bien conservada consume menos energía.

Mayor confort para los ocupantes del edificio.

A continuación, se presentan, en forma detallada las instrucciones de mantenimiento relacionadas con aspectos tales como: frecuencias, inspecciones, comprobaciones y actuaciones que se deben aplicar dentro de los procesos de mantenimiento de las edificaciones, las cuales fueron tomadas de: Secretaría de Educación de Bogotá, 2008.

1.2.11.2. Organización del mantenimiento

Organizar el mantenimiento, es determinar unas políticas, las cuales se deben administrar y velar por la aplicación correcta en el terreno, hacer un seguimiento y sacar conclusiones para analizar y mejorar y reorientar las políticas. La administración debe garantizar la planificación del mantenimiento y la responsabilidad en el mantenimiento. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Es importante para las nuevas edificaciones elaborar una memoria o manual, el cual incluya las instrucciones precisas de uso y el mantenimiento del propio edificio relacionando el personal adecuado para realizar las diferentes actividades. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Es importante incluir además la descripción y composición de cada elemento de la construcción.

1.2.11.2.1. Mantenimiento de cimentación

Por medio de la cimentación se trasladan todas las cargas del edificio al terreno sobre el que se apoya. Se aplican diferentes sistemas de cimentación (pilotes, zapatas, losas, etc.) según la naturaleza del terreno. Todos ellos quedan generalmente ocultos o enterrados después de su construcción. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Es indispensable advertir, por su importancia, que:

No se debe realizar ninguna actuación que pretenda eliminar, disminuir las dimensiones o cambiar el emplazamiento de cualquiera de los elementos que componen la cimentación de un edificio, o apoyar sobre ellos nuevas construcciones u otras cargas.

En el supuesto de una necesaria intervención que afectara a alguno de aquellos elementos se requerirá, tanto para el proyecto como para la ejecución de las obras correspondientes, la intervención de personal especializado. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Tabla 9. Cimentación.

FRECUENCIA	INSPECCIONES COMPROBACIONES	Y	ACTUACIONES
Permanentemente	Vigilar: encargado Acciones en zonas contiguas o bajo el edificio. Excavaciones en predios vecinos Obras subterráneas en la vía pública. Fugas de agua		

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital.

1.2.11.2.2. Mantenimiento de estructura

Es el conjunto de elementos que componen el esqueleto portante del edificio, encargado de trasladar a la cimentación, las cargas y sobrecargas que soporta. Las estructuras de más frecuente utilización son las de hormigón armado, las de acero y las formadas por muros de ladrillos,

llamadas así según el material que predomine en su construcción. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Los principales elementos de la estructura son:

- Columnas
- Vigas
- Entrepisos
- Muros de carga
- A veces se construyen estructuras mixtas.

Como la estructura está compuesta por elementos resistentes que le dan la estabilidad a los edificios es importante resaltar las siguientes prohibiciones y limitaciones:

Eliminar y/o disminuir las dimensiones

- En el supuesto de una necesaria intervención que afectara a alguno de aquellos elementos se requerirá el asesoramiento de un profesional facultado para ello.
- No se deben hacer taladros ni rozas en vigas ni en pilares.
- El uso inapropiado de algunos recintos (por ejemplo para bailes, depósito de libros, etc.). (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Tabla 10. Estructura.

FRECUENCIA	INSPECCIONES COMPROBACIONES Y	ACTUACIONES
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de humedades. Desplomes, oxidaciones, fisuras y grietas, en cualquier elemento constructivo. Ataques de comején, hongos por humedad, etc., en elementos estructurales de madera.	
Cada año	REVISAR: especialista Ataques de comején, hongos por humedad, etc., en elementos estructurales de madera.	Ejecutar el tratamiento y reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.

Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Estructura de concreto: sellado juntas de dilatación. Estructura de acero: estado pintura de protección. Estructura de madera: estado pintura de protección.	Ejecutar el tratamiento y reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.
Cada 15 años	REVISAR: técnico competente Estado general de la estructura	Según informe dictamen del técnico competente.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación distrital.

1.2.11.2.3. Mantenimiento de mampostería y fachadas

Las fachadas cubren exteriormente la estructura, proporcionan una protección térmica y acústica y resguardan de los agentes atmosféricos.

Los humos, la humedad, el polvo y otros agentes atmosféricos son causa de la suciedad que aparece en las fachadas de los edificios. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Para su limpieza, puede hacerse la siguiente recomendación:

- Debe evitarse la limpieza con procedimientos físicos, como el chorro de arena.
- Para la carpintería y ventanería es conveniente tener en cuenta las siguientes observaciones:
- Evite golpes y cierre con cuidado, sin brusquedad, cualquier elemento.
- Evite apoyar objetos que pudieran dañar la carpintería que los soporta. Por ejemplo: poleas para la elevación de cargas, etc.
- Si tiene que reponer vidrios rotos en la carpintería de aluminio, tenga cuidado con el posible descuadre de la hoja pues, en caso contrario, el elemento móvil no encajará en el cerco.
- Para evitar la entrada de humedad conserve en buen estado la junta elástica de sellado (generalmente cordón de silicona).

Para la limpieza de carpintería y vidrios:

- Emplee esponjas, con agua jabonosa o detergentes rebajados que no contengan cloro.
- No utilice objetos duros ni productos abrasivos.
- En la limpieza del aluminio lacado no use disolventes o alcohol, ni productos que los contengan.
- Limpie la suciedad y el polvo que pueda obstruir los orificios que el perfil inferior del cerco lleva para evacuación del agua que recoge.

Rejas, barandas y celosías: Para todos ellos resultan apropiadas las siguientes recomendaciones:

- No deben utilizarse como apoyo de andamios ni para sujetar máquinas o elementos destinados a subir cargas.
- En las rejas y barandas deben vigilarse especialmente los anclajes. La pintura debe mantenerse en buen estado.

Tabla 11. Mampostería y fachada.

FRECUENCIA	INSPECCIONES Y COMPROBACIONES	ACTUACIONES
Muros y revestimientos exteriores		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de humedades. Desplomes, fisuras y grietas Desprendimientos, piezas sueltas.	
Cada 3 años	REVISAR: especialista Juntas de dilatación y el sellado de juntas.	Reposición en su caso.
Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Anclajes, molduras y elementos salientes. Estado de ganchos de servicio (se deben comprobar siempre con carácter previo a su utilización). Estado de pinturas.	Ejecutar el tratamiento y reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.
Cada 15 años	REVISAR: técnico competente Estado general de los muros. Anclajes de alfajías, molduras y elementos salientes.	Según informe del técnico competente.
	Puertas, ventanas y elementos de protección (tapasoles, rejas y barandas).	
Permanentemente	VIGILAR: encargado Roturas de cristales.	

	Anclajes y anclajes defectuosos de barandas	
FRECUENCIA	INSPECCIONES Y COMPROBACIONES	ACTUACIONES
Oxidaciones y corrosiones en elementos metálicos. Ataque de hongos o insectos en los elementos de madera		
Cada año	COMPROBAR: especialista Las juntas de dilatación en la carpintería, y entre la carpintería y los vidrios. Los sistemas de evaluación. Juntas de sellado entre puertas y ventanas y vanos.	Limpiar las puertas y ventanas y persianas. Reponer juntas por especialista. Limpiar orificios para evacuación de condensaciones.
Cada 3 años	REVISAR: encargado. La pintura de la carpintería y la cerrajería. Mecanismos de cierre.	Repintar o barnizar por especialista. Ajustar y engrasar cierres, bisagras y demás elementos móviles de la carpintería y elementos de protección.
Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Los elementos de fijación y anclaje de las puertas y ventanas, rejas y barandas. Ataques de comején, hongos por humedad, etc., en elementos de madera. Dilatación. Mecanismos de cierre y maniobras. Cintas, guías y topes de persianas.	Ejecutar el tratamiento y reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación distrital.

1.2.11.2.4. Mantenimiento de muros y divisiones interiores

Muros: Estos muros son los que se encuentran en las divisiones o separaciones de espacios interiores de un mismo edificio.

Los tabiques de ladrillo son de pequeño grosor (10 a 12 cm con revestimiento incluido) y algunos llevan empotradas diversas instalaciones de agua y electricidad. Por todo ello (Quintero, Solano y Pandales, 2013):

- Se prohíbe pintar, lacar o barnizar los muros en ladrillo a la vista. Si los muros se encuentran sucios, éstos se deben lavar con agua a presión y detergentes.
- Se prohíbe pañetar o resanar las vigas o columnas a la vista.
- Se recomienda la aplicación de un producto hidrófugo (impermeabilizante).
- Limpiar únicamente con un trapo húmedo, o correctivamente con ácido nítrico o productos del mercado específicos para tal fin, utilizando las proporciones adecuadas para ello.
- No se colocarán objetos que por su peso o forma de colocación puedan producir empujes que dañen la propia pared. Las estanterías con objetos pesados deben apoyarse en el suelo.
- Procure cerciorarse por dónde pasan las conducciones empotradas antes de clavar algo en la pared, pues podría producir una avería en las instalaciones y suponer un riesgo grave para su seguridad.
- Para poner un clavo, introduzca antes un taco de plástico.

También se construyen tabiques con paneles prefabricados tipo Dry Wall (con acabado de yeso) que se fijan a una ligera estructura metálica. Las recomendaciones anteriores son igualmente válidas para estos otros tipos. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.11.2.5. Mantenimiento de carpintería interior

Generalmente, la carpintería interior está constituida por puertas que pueden prestar diversas funciones: permitir el paso de las personas, impedir la formación de corrientes de aire o colaborar en la protección. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Debido a la naturaleza de los materiales que constituyen los elementos anteriores, resultan apropiadas las siguientes recomendaciones (Quintero, Solano y Pandales, 2013):

- Procure evitar golpes y rozaduras en la superficie. Generalmente, las hojas normalizadas no son de madera maciza o paneles metálicos entamborados en su totalidad, sino que suelen estar formadas por un bastidor de madera o metal cuyo hueco se rellena con un material ligero. Un impacto de relativa fuerza puede causarle un daño irreparable.
- Como es un material susceptible a la corrosión, no se recomienda su lavado con agua botada con balde o manguera, sino con trapo húmedo y limpio.
- Las puertas no deben ser golpeadas bruscamente ya que se puede presentar el desprendimiento del anclaje.
- No deben colgarse en las puertas para evitar que éstas sean desprendidas.
- Realizar la aplicación de esmalte con pistola o brocha, por lo menos una vez al año.
- Aunque los movimientos de abrir y cerrar sean frecuentes en todo tipo de puertas, evite los portazos.
- Para evitar ondulaciones en las hojas mantenga, mientras sea posible, cerradas las puertas y seque inmediatamente cualquier muestra de humedad.
- Los herrajes (cerraduras, manivelas, bisagras, etc.) deben ser engrasadas con regularidad.
- La limpieza normal de las puertas puede hacerse con un trapo seco. Si hubiera necesidad de lavarlas, se recomienda la utilización de algún producto de ferretería adaptado al caso.

Tabla 12. Muros y puertas

FRECUENCIA	INSPECCIONES Y COMPROBACIONES	ACTUACIONES
	Muros	
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de humedades. Fisuras, grietas y desprendimientos.	
Puertas, mamparas y barandas de Escaleras		

Permanentemente	VIGILAR: encargado Cierres defectuosos. Roturas de cristales. Anclajes y anclajes defectuosos.	
Cada 3 años	REVISAR: encargado La pintura de la carpintería y la cerrajería. Mecanismos de cierre y maniobra. Repintar por un especialista. Ajustar y engrasar cierres, bisagras y demás elementos móviles de la carpintería y elementos de protección.	Repintar por especialista. Ajustar y engrasar cierres, bisagras y demás elementos móviles de la carpintería y elementos de protección.
Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Los elementos de fijación y anclaje de las barandas. Ataques de comején, hongos por humedad, etc., en elementos de madera. Oxidaciones y corrosiones en elementos metálicos.	Ejecutar el tratamiento y reparaciones detalladas por el especialista. Consultor técnico competente.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital.

1.2.11.2.6. Mantenimiento de cubiertas

Elementos de las partes superiores de los edificios, generalmente inclinados, que protegen de las inclemencias meteorológicas, especialmente, de la lluvia. En las cubiertas, suelen estar revestidos con piezas de pequeño tamaño (tejas) colocadas sobre planos de fuerte pendiente. En las terrazas, estos planos son de escasa pendiente y llevan un revestimiento que permite pisar sobre ellas. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Unas son transitables y otras no.

Para todas ellas resultan apropiadas las siguientes recomendaciones:

- Las cubiertas serán accesibles, exclusivamente, para su conservación y limpieza por personal especializado.
- En cualquier tipo de terraza se evitará la colocación de elementos que pudieran dañar la membrana impermeabilizante. Cuando fuera preciso hacerlo debe buscarse el asesoramiento de un técnico competente.
- Cubiertas y terrazas deben estar siempre limpias y libres de vegetación parásita. De igual forma, se mantendrán las canales y bajantes, según el caso.

Evite colocar obstáculos que dificulten los desagües.

- Las cubiertas sólo pueden ser usadas para la finalidad con que han sido concebidas.

Tabla 13. Cubiertas.

FRECUENCIA	INSPECCIONES Y COMPROBACIONES	ACTUACIONES
Azoteas		
Permanentemente	VIGILAR: encargado. Empozamientos de agua. Fisuras, grietas, hundimientos y piezas sueltas. Aparición de humedades en los techos de la última planta.	
Cada año	REVISAR: encargado o especialista. Juntas de dilatación y canales. Juntas de pisos en remates. Estado de los pisos.	Limpieza general de remates y canales de desagüe. Reponer o reparar por especialista los elementos dañados.
Cada 3 años	COMPROBAR: especialista. Estado de impermeabilizaciones, acabados superficiales, anclaje de elementos sobresalientes de cubierta, ductos, chimeneas, etc.	Ejecutar el tratamiento y reparaciones detalladas por el especialista. Consultor técnico competente.

Cubiertas en calaminas de Zinc		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de vegetaciones. Hundimientos y piezas rotas o desplazadas. Aparición de humedades en los techos de la última planta.	
Cada año	REVISAR: especialista Limahoyas, limatesas, canales y piezas de cubierta. Encuentros con paramentos y culatas verticales.	Limpieza general de limahoyas, limateas, canales y canales de desagüe. Reponer o reparar por especialista, los elementos dañados.
Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Estado de sujeciones de piezas, juntas, canales, traslapes, remates, elementos sobresalientes de cubierta, chimeneas, etc.	Ejecutar el tratamiento y Reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.
Especiales (Claraboyas)		
Cada año	REVISAR: especialista. Juntas, encuentros y canales. Encuentros con paramentos verticales y culatas. Los sistemas de cierre y accionamiento de elementos móviles.	Limpieza general. Reponer o reparar por especialista los elementos dañados o defectuosos.
Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Estado de elementos de fijación, anclajes sellados, etc. Pintura de elementos metálicos.	Ejecutar el tratamiento y Reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital.

1.2.11.2.7. Mantenimiento de revestimiento y acabados

Se da esta denominación a cualquier capa de material aplicada sobre la superficie de muros, suelos o cielos rasos que componen el edificio, para protegerlas o decorarlas. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.11.2.7.1. Revestimientos verticales

Entre los revestimientos de muros, los más comúnmente utilizados:

- Pañete: Revestimiento con mortero de cemento.
- Revoque: Revestimiento con yeso.
- Estucos: Revestimientos finos de diversos materiales (yeso, cal, etc.).
- Enchapes: Revestimientos con azulejo.

Los tres primeros necesitan un acabado de pintura; los restantes, no.

Todos estos revestimientos, aunque fueran de muy buena calidad, tienen múltiples limitaciones funcionales, por lo que:

- Ningún objeto pesado (muebles de cocina, estanterías, etc.) puede estar sujeto o colgado de los revestimientos. Se recomienda llevar la sujeción al elemento constructivo que sirve de soporte al revestimiento, es decir, a la pared.
- Evite los golpes y roces ya que pueden afectar a su aspecto y estabilidad.
- Las reparaciones deben efectuarse a la mayor brevedad y con materiales análogos a los originales.
- Limpiar con agua y jabón, y desinfectarlo con hipoclorito.
- No usar ácidos ni líquidos que contengan acetonas o químicos que puedan quemar el material o rayarlo.

Si tuviera necesidad de hacer alguna perforación en la pared revestida:

- Utilice siempre un taladrado.
- En los enchapes evite los encuentros y esquinas de las piezas

- Antes de taladrar un azulejo, haga una pequeña hendidura golpeando suavemente con punzón y martillo y coloque en ella la punta del taladro.

En mayor o menor grado, los revestimientos son siempre sensibles a la humedad.

Por eso, entre las recomendaciones que, al respecto, pueden hacerse, se destacan:

- Los estucos de yeso se preservarán de la humedad y salpicado de agua.
- Se procurará que el desagüe de las jardineras o el agua de su riego no caiga sobre los aplacados de la fachada.
- Si las juntas entre los enchapes o azulejos y los aparatos sanitarios no estuvieran bien rellenas, proceda a hacer un sellado con silicona, para evitar que el agua o la humedad penetre hasta el mortero de agarre.
- Los revestimientos están expuestos a la acción del polvo y la suciedad, por lo que se hace precisa una frecuente limpieza.

Para su limpieza resultan apropiadas las siguientes recomendaciones:

- Los estucos de yeso o estucos suelen limpiarse con un paño seco repasando suavemente sus paramentos.
- Los enchapes: con un paño húmedo, evitando la utilización de ácidos o abrasivos.
- La limpieza de revestimientos de madera y corcho se efectuará en seco. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.11.2.7.2. Revestimientos de suelos

El pavimento o solado es la capa superior que recubre la superficie de cualquier suelo. Su finalidad es múltiple: desde proporcionar una superficie dura al desgaste, hasta un terminado decorativo. Los materiales que más

frecuentemente aparecen como acabado son: el adoquín, el mármol o los cerámicos, que se reciben al suelo mediante una capa de mortero o pegamento. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Entre los pisos cerámicos puede encontrar en su edificio varios tipos:

- De cerámica sin revestir. La más conocida es la baldosa que se emplea comúnmente en la pavimentación de terrazas, y patios.
- Adoquín en concreto color gris tráfico liviano, utilizado para terrazas y patios.
- Baldosín de granito
- De cerámica esmaltada. Una capa de esmalte extendida sobre la cara vista de la baldosa se vitrifica al tiempo de su cocción.
- De gres. Es este un material de gran dureza, muy compacto e impermeable.

Para los pisos cerámicos, de mármol deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Procure secar inmediatamente el suelo mojado para evitar que el agua penetre en la capa interior provocando, desprendimientos y filtraciones en las áreas inferiores.
- La limpieza debe realizarse con productos como detergentes y desinfectantes apropiados.
- Los pisos en vinisol deben ser limpiados evitando botar agua ya sea en balde o con manguera. Si se comete este error el material se puede levantar.
- No utilizar ácidos ni químicos que puedan quemar o rayar el material.
- Para los pisos de tableta tipo gres o similar se deben aplicar ceras traslúcidas o neutras ya sean naturales, híbridas o sintéticas.
- Si fuera preciso, revise y reponga las juntas dañadas. Su buen estado previene roturas y dificulta el paso de la humedad.
- Evite el derramamiento de grasas y ácidos sobre su superficie.

- Evite golpes o impactos de objetos duros o punzantes ya que pueden romper las baldosas.
- Si una baldosa se rompe o desprende repare el daño lo más rápidamente posible para evitar que las piezas contiguas pudieran sufrirlo.
- Procure disponer de piezas para reposición de los pisos de su edificio.
- El baldosín de retal de mármol y de granito puede pulirse o brillarse de nuevo cuando su aspecto lo aconseje.
- No arrastre los muebles sobre estos pisos.

Para su limpieza resultan apropiadas las siguientes recomendaciones:

- La limpieza debe hacerse con agua jabonosa o detergente neutro.

1.2.11.2.7.3. Revestimientos de cielo rasos

Los cielos rasos suelen necesitar un revestimiento, bien para presentar un mejor aspecto o bien para cubrir a la vista algunos conductos o instalaciones que quedaron fijados a aquéllos.

Estos revestimientos estarán adheridos o suspendidos del techo. En el primer caso, suelen ser revestimientos con pasta de mortero de cemento. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- De los falsos cielos rasos no se colgará ningún objeto pesado.
- En general, para colgar cualquier objeto debe buscarse la fijación en el elemento estructural que sirva de soporte.

1.2.11.2.7.4. Pinturas

Son revestimientos que sirven de acabado y protección a muchas superficies. Por su situación y consiguiente contacto directo con el

ambiente, las pinturas sufren en primera instancia la mayor parte de las agresiones que tendrían que soportar. (Quintero, Solano y Pandales, 2013). Si pretende que las pinturas sigan prestando su acción protectora, observe las siguientes recomendaciones:

- Evite golpes, roces, rallados, etc.
- La acción del polvo, los agentes atmosféricos, el contacto de las personas, etc. exigen un continuo cuidado para que las pinturas no pierdan sus posibilidades de proteger y decorar. Por tanto, procure que estén siempre en perfecto estado.
- Las pinturas sobre elementos metálicos protegen a éstos contra la oxidación, por lo cual procure restaurar la pintura a la primera señal de óxido que observe y selle la filtración de agua que, seguramente, la produce.

Especial cuidado deberá tenerse con las barandas de terraza o cualquier elemento similar colocado a la intemperie. Su oxidación podría entrañar serio peligro.

En cuanto a la limpieza, se recomienda:

- Para pinturas tipo veneciano y a la cal, limpie con paño seco. No emplee líquidos de limpieza ni agua, ya que estas pinturas no protegen al yeso contra la humedad.
- Para pinturas al silicato y al cemento, pase ligeramente un cepillo suave con abundante agua.
- Para pinturas plásticas y esmaltes, utilice esponjas o paños humedecidos en agua jabonosa.

1.2.11.2.7.5. Barnices

Los barnices, generalmente, se aplican sobre madera.

Debe observarse las siguientes recomendaciones:

- Vigile el estado del barniz: es fundamental para la conservación de la madera y el buen funcionamiento de la carpintería.

Para su limpieza:

- Utilice esponjas o paños ligeramente humedecidos en agua jabonosa para quitar las manchas.
- Para limpiar superficies barnizadas no utilice alcohol ni disolventes, ni productos que los contengan.

Tabla 14. Revestimientos.

FRECUENCIA	INSPECCIONES Y COMPROBACIONES	ACTUACIONES
Pisos		
Piedras Naturales		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de hundimientos, piezas sueltas, fisuras, grietas, y abombamientos. Aparición de humedades.	
Cada 2 años	REVISAR: encargado Aparición de hundimientos, piezas sueltas, fisuras y grietas.	
Cerámicos		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de hundimientos, piezas sueltas, fisuras y grietas.	
Cada 2 años	REVISAR: encargado Juntas en suelos exteriores	Rellenar y sellar juntas por especialista.
Vanos y Remates		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de humedades. Aparición de hundimientos, piezas sueltas, fisuras y grietas.	

Cada 2 años	COMPROBAR: encargado Juntas de sellado entre puertas y ventanas y vanos	Reponer juntas, en su caso, por especialista.
Enchapes		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de desprendimientos de piezas sueltas, fisuras, grietas, abombamientos y zonas huecas. Aparición de humedades.	
Cada año	REVISAR: especialista Juntas con los aparatos sanitarios.	Reponer los sellados, en su caso
Cada 5 años	COMPROBAR: encargado o especialista Adherencia con el soporte y estado de juntas y encuentros	Ejecutar el tratamiento y Reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.
Revestimientos y pañetes		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de abombamientos, desprendimientos, fisuras y grietas. Aparición de humedades. Revisar: especialista. Estado del revestimiento.	
Cada 10 años	REVISAR: especialista Estado del revestimiento	Ejecutar el tratamiento y Reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.
Cielo rasos		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de desprendimientos,	

	abombamientos, fisuras y grietas. Aparición de humedades Comprobar: especialista, estado general de la estructura de soporte.	
Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Estado general de sustentaciones.	Ejecutar el tratamiento y Reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.
Pinturas interiores		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Aparición de abombamientos y desprendimientos. Aparición de humedades.	
Cada 5 años	COMPROBAR: encargado Estado general de las pinturas	Proceder. En su caso, al repintado de las zonas en mal estado.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital.

1.2.11.2.8. Mantenimiento de instalaciones sanitarias y electromecánicas

Se denomina así a todo tipo de infraestructuras que prestan algún servicio o proporcionan algún suministro al edificio.

Las hay de muchos tipos:

- Para suministro de agua, gas y electricidad.
- Para evacuación, como extracción de humos y gases o desagües.
- Para comunicaciones, como es el caso del teléfono y TV, o radio.
- De protección, como pararrayos, contra-incendios y puesta a tierra

1.2.11.2.8.1. Mantenimiento de instalaciones sanitarias Red Comunitaria del edificio

El conjunto de elementos que sirve para la evacuación de las aguas lluvias recogidas por sus terrazas, cubiertas y patios interiores, y de las aguas residuales y negras producidas en los edificios, hasta la red pública de alcantarillado o hasta el pozo séptico o estación purificadora, constituye la red de saneamiento del edificio. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

El sistema de evacuación está formado por:

- Una red vertical, que forman especialmente:
 - Las bajantes: Conducen aguas lluvias y residuales hasta la caja a pie de bajante.
 - Canales: Receptores de las aguas lluvias en cubiertas.
 - Sifones: Receptoras de las aguas lluvias en terrazas.
 - Sumideros: Recogen aguas en la planta inferior del edificio.

En edificios de más de cuatro plantas, existe, a veces, una columna de ventilación que discurre paralelamente a los bajantes, para evitar que los sifones se queden sin agua. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

- Una red horizontal está formada por los colectores, registros y cajas, que llevan las aguas recogidas hasta la caja de inspección mayor. Que luego es conectada a la red exterior.

Se hacen, al respecto, las siguientes recomendaciones:

- Cualquier modificación requiere un estudio y la supervisión en el momento de realizar las obras.
- No vierta a la instalación aguas que contengan detergentes no biodegradables, aceites o grasas, colorantes permanentes, sustancias tóxicas o contaminantes, ni arroje objetos que puedan causar taponamientos, como pinzas de la ropa, paños, pequeñas prendas de vestir, etc.

Tabla 15. Instalaciones sanitarias.

FRECUENCIA	INSPECCIONES Y COMPROBACIONES	ACTUACIONES
Instalaciones Sanitarias		
	Redes horizontales (cajas de inspección y colectores)	
Permanentemente	VIGILAR: encargado Atascos y malos olores. Aparición de humedades y fugas de agua. Roturas y hundimientos del pavimento.	
Cada año	COMPROBAR: especialista Elementos de anclaje y fijación en redes descolgadas. Funcionamiento de toda la red. Estado de tapas de cajas de inspección y pozos de registro.	Limpieza de canalizaciones, registros y cajas de inspección. Efectuar, en su caso, la reparación o sustitución de materiales deteriorados.
Redes verticales (bajantes)		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Atascos y malos olores. Aparición de humedades y fugas de agua. Deterioros en elementos de anclaje y fijación de bajantes accesibles.	
Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Elementos de anclaje y fijación de bajantes accesibles, dilatación en juntas y funcionamiento.	Proceder, en su caso, a las reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital.

Red de acometida para el suministro de agua del edificio

La instalación para el suministro de agua a un edificio debe tener una acometida desde la red distribuidora que va por la vía pública. La tubería

de acometida tiene incorporadas varias llaves de maniobra: llave de toma, que abre paso a la acometida; llave de registro, en la vía pública y llave de paso, situada en el interior del edificio y próximo a la fachada. En esta última, comienza la red privada e interior al edificio. La instalación completa podría tener los siguientes elementos (Quintero, Solano y Pandales, 2013):

- Contador principal: Mide todos los consumos que se producen en una acometida.
- Batería de contadores: Conjunto que forman los contadores divisionarios para medir los consumos individuales de cada usuario.
- Tanques de reserva de agua.
- Equipo hidroneumático: Proporciona la suficiente presión para que el agua circule por todo el recorrido de las instalaciones. Suele llevar dos electrobombas, de uso alternativo.
- En el caso de existir red de bocas de incendio equipadas, dicha red cuenta con un grupo de presión específico para la misma, independiente del equipo hidroneumático moto bomba para la red de abastecimiento de agua potable, que suele estar ubicado en el mismo recinto.
- Tuberías y accesorios que canalizan el agua a distintas localizaciones del edificio (corredores, terraza, cuarto de basuras.).

Seguir las mismas recomendaciones de las instalaciones interiores:

- Preste atención a cualquier goteo o mancha de humedad.
- Efectúe comprobaciones en su contador para detectar consumos anormales.
- Repare inmediatamente las fugas.
- No deberá modificarse la instalación sin la intervención de un técnico competente.

Respecto del equipo hidroneumático recuerde que:

- Es conveniente que el local donde se instale el equipo hidroneumático esté siempre limpio.

- Los depósitos de agua se mantendrán tapados para evitar la entrada de polvo y suciedad y proteger de posibles contaminaciones.
- La instalación eléctrica que alimenta el equipo hidroneumático debe funcionar correctamente. De igual forma, los elementos que componen el equipo hidroneumático (manómetro, calderín, electrobomba).
- Las electrobombas no deben funcionar si el tanque está vacío.

Red interior de suministro de agua del edificio

La instalación de agua es la encargada de llevar el agua que se consume, desde la red pública principal hasta los aparatos de consumo. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

A partir del contador para medir los consumos de cada edificio en particular, la instalación suele estar formada por:

- Llave de entrada colocada a la salida del contador
- Acometida
- Tuberías para distribución del agua a todos los aparatos.
- Registros secundarios o llaves de corte para permitir o anular la entrada de agua a cada aparato.
- Grifería para regular la entrada de agua a cada aparato en los momentos de consumo.

En la literatura revisada recomiendan tenerse en cuenta estas primeras recomendaciones:

- Una vez conectado el servicio o cuando haya transcurrido mucho tiempo sin ser utilizado, abra todos los grifos y deje correr el agua suavemente para limpiar las tuberías y demás complementos de la instalación.
- Coloque dispositivos economizadores de agua. En el mercado ya hay distintos tipos para adaptar a los grifos y a las cisternas de los aparatos de uso interno.

Son, las fugas, la mayor preocupación que, generalmente, plantea una instalación de plomería en edificios. Por eso:

- Vigile cualquier goteo o mancha de humedad que le haga suponer la existencia de una fuga o avería.
- Revise, tan frecuentemente como sea necesario, los mecanismos de carga y descarga de la cisterna del inodoro.
- Efectúe comprobaciones en su contador para detectar posibles fugas o averías. Para ello, puede contrastar lecturas periódicas en su cuenta de servicios públicos.

Si varía la presión de suministro, disminuyendo la que fuera habitual, será, probablemente, por alguna de estas tres causas:

- Una avería en la red pública, en cuyo caso, debe avisar a su empresa prestadora del servicio.
- Una avería en su propia instalación. Haga que se la revisen lo antes posible.
- Una avería en la red comunitaria o grupo de presión. Debe ser notificado el administrador o encargado.

Tabla 16. Instalaciones hidráulicas.

FRECUENCIA	INSPECCIONES Y COMPROBACIONES	ACTUACIONES
Instalaciones hidráulicas - Plomería		
Desagües (aparatos, trampas de grasas, arenas y tuberías)		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Atascos y malos olores Aparición de humedades y fugas de agua.	Mantener el agua a nivel en sifones y sumideros
Cada año	COMPROBAR: usuario Trampas de grasas, arenas y sifones registrables de pocetas y lavaplatos en las cocinas.	Limpieza de trampas de grasas y arenas, sifones registrables y válvulas de desagües de aparatos.
Red de distribución de agua		

Permanentemente	VIGILAR: encargado Excesivo consumo. Aparición de humedades y fugas de agua.	Mantener el agua a nivel en sifones y sumideros.
Cada 3 meses	COMPROBAR: usuario Obstrucciones en economizadores de grifos	Limpieza de economizadores en grifos.
Cada año	COMPROBAR: usuario Apertura y cierre en grifos y llaves de corte de la instalación	En caso de deficiente funcionamiento, proceder a su reparación o sustitución por especialista.
Cada 5 años	REVISAR: especialista. Dilatación y funcionamiento	Proceder, en su caso, a las reparaciones oportunas por especialista.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital.

1.2.11.2.8.2. Mantenimiento de instalaciones electromecánicas

Para tener control y poder medir los consumos, la compañía que suministra el servicio instalara un contador en la entrada de la edificación.

Una instalación eléctrica para una edificación consta de:

- **Derivación individual:** Línea que une el contador con el totalizador de protección individual.
- **Totalizador:** Destinado a la protección de los circuitos interiores así como contra contactos indirectos. Suele constar de:
- **Interruptor de control de potencia (ICP):** Aparato destinado al corte automático del suministro cuando se sobrepasa por el abonado la potencia contratada.
- **Interruptor automático diferencial (IAD):** Desconecta automáticamente la instalación en caso de producirse una derivación de algún aparato o en algún punto de instalación.
- **Interruptores automáticos en tablero (IAT):** Dispositivos automáticos magneto térmicos de corte omnipolar y protección de los circuitos interiores.

- **Instalación interior:** Conjunto de circuitos para conectar el cuadro de protección individual con los puntos de utilización.
- **Circuito interior:** Conjunto de conductores, tomas de corriente e interruptores que partiendo del cuadro general de mando y protección están protegidos por un IAT.
- **Conductores eléctricos:** Elementos metálicos recubiertos con material protector destinados a transportar la energía eléctrica. Se sitúan en el interior de los tubos de las canalizaciones. Los empalmes y cambios de dirección de los conductores se realizan mediante cajas de registro y derivación. El color de los conductores permite diferenciar la utilización de los mismos: color azul para el neutro; amarillo –verde para toma de tierra y, negro, marrón o gris para fases activas.
- **Mecanismos:** Elementos de instalación para acción directa de la edificación.

Suelen ser interruptores, conmutadores, pulsadores y bases de enchufes.

Atienda estas primeras recomendaciones (Quintero, Solano y Pandales, 2013):

- Tras una interrupción generalizada del suministro eléctrico, desconecte los aparatos y electrodomésticos. Una subida de tensión al restablecerse el suministro podría dañarlos.
- En caso de ausencia prolongada, desconecte la instalación por medio del interruptor general. Si desea mantener algún aparato en funcionamiento (por ejemplo las neveras existentes) deje conectado el diferencial y el IAT correspondiente, y desconecte los demás.
- No coloque las lámparas u otro elemento de iluminación directamente suspendido del cable correspondiente a un punto de luz.
- No enchufe cualquier aparato en cualquier toma de corriente. Cada aparato requiere una potencia distinta y cada toma de corriente está preparada para soportar una potencia máxima. Si la potencia del aparato es superior a la que soporta la toma de corriente, puede quemarse la base del enchufe, la clavija e incluso la instalación.

- Cuando no vaya a utilizar un aparato durante mucho tiempo, no lo deje conectado, desenchufe la clavija de alimentación de la toma de corriente.
- Compruebe su IAD con periodicidad, al menos mensualmente.
- No enchufe o desenchufe las clavijas de alimentación con las manos mojadas.
- No use nunca aparatos eléctricos con cables pelados, clavijas o enchufes rotos.
- Al desconectar los aparatos, no tire del cordón o cable, sino de la clavija.
- No acerque los cables de alimentación de aparatos eléctricos a aparatos de calefacción o fuentes de calor. Los aislantes podrían derretirse y causar un incendio o una sacudida eléctrica.
- No manipule ningún aparato eléctrico sin haberlo desconectado.
- Para cambiar una bombilla, o manipular en cualquier mecanismo eléctrico, lo más aconsejable es desconectar el circuito correspondiente y efectuar la operación con las manos secas y los pies calzados.
- Adopte precauciones especiales para que los niños no puedan utilizar los aparatos eléctricos. Si fuera necesario, coloque protectores en los enchufes.
- Procure no hacer varias conexiones en un mismo enchufe.

Como medidas de ahorro energético, y para reducir la contaminación, tenga en cuenta:

- Limpiar frecuentemente las bombillas. Si están sucias iluminan peor y se funden.
- Aprovechar al máximo la luz solar. Encienda la luz sólo si es necesario.
- No dejar la luz encendida en sitios vacíos.

Sistema de pararrayos

Es una instalación para proteger al edificio de la caída del rayo. La instalación consta de:

- Cabeza receptora rematada en una o más puntas, colocada al final de un mástil y que sobresale de la parte más alta del edificio.
- Conductor metálico encargado de llevar a tierra la descarga eléctrica del rayo.
- Toma de tierra. El conductor se termina en unas «picas» clavadas en terreno humedecido.

Tabla 17. Instalaciones eléctricas y pararrayos.

FRECUENCIA	INSPECCIONES Y COMPROBACIONES	ACTUACIONES
Instalaciones eléctricas		
Permanentemente	VIGILAR: encargado Deterioro de aislamientos en cables vistos Desprendimientos o roturas de tomas de mecanismos eléctricos Desprendimientos de aparatos de iluminación Reiterados saltos de interruptores automáticos magneto térmicos o diferenciales	Mantener el agua nivel en sifones y sumideros
Cada mes	COMPROBAR: encargado Correcto funcionamiento del interruptor automático diferencial	Accionar el dispositivo de prueba. Sustitución en su caso por personal especialista
Cada año	COMPROBAR: encargado Ventilación, desagüe y ausencia de humedades en tablero de contadores	Ejecutar el tratamiento y reparaciones detalladas por el especialista.
Cada 5 años	COMPROBAR: especialista Caja general de protección. Estado, aislamiento y caída de tensión conductores, línea repartidora y líneas individuales y de distribución.	Ejecutar las sustituciones y reparaciones detalladas por el especialista.

	Dispositivos de protección en cuadro de protección de líneas de fuerza motriz, cuadro general de protección de líneas de alumbrado y cuadro general de distribución.	
	Pararrayos	
Permanentemente	VIGILAR: encargado Rotura o deterioro del conductor Modificaciones o alteraciones en la disposición de los elementos.	
Cada 5 años	REVISAR: especialista La continuidad del conductor y la disposición de los elementos. Estado de conservación frente a la corrosión. Fijación de las sujeciones. Conexión a tierra	Proceder, en su caso, a las reparaciones detalladas por el especialista. Consultar técnico competente.

Fuente: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital.

1.2.12. Manual de uso, conservación, y mantenimiento de edificaciones públicas

Con el fin de determinar las acciones a seguir con respecto a los daños es vital reconocer cuáles son las causas más comunes que dan lugar a dichos deterioros (tablas 1 y 2). (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Tablas 1 y 2

Para el mantenimiento de un colegio es indispensable tener claro todas aquellas acciones encaminadas a la conservación física y funcional del edificio a lo largo del ciclo de vida útil del mismo. Es claro que la mayoría de los usuarios no son conscientes de que el edificio se deteriora con el uso y que envejece con el paso de los años y una instalación mal conservada está condenada al fracaso en poco tiempo. Todo tipo de

mantenimiento genera un gasto, pero lo que se está haciendo es invertir para evitar a un corto plazo un gasto mayor.

1.2.13. Ventajas del mantenimiento de edificaciones

La ventaja principal del mantenimiento está íntimamente ligada con un concepto de economía, al prolongar el tiempo de explotación de una construcción sin tener que realizar inversiones apreciables. Por otro lado, el poder utilizar una construcción por mayor tiempo y con servicio adecuado constituye una ventaja para los usuarios al poder satisfacer mejor sus necesidades sin agravar considerablemente el presupuesto de la nación. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

La ejecución del mantenimiento a tiempo impide el desgaste anticipado de las edificaciones y sus equipos y reduce los costos por ejecución de grandes reparaciones generales de los edificios. Se trata en principio de reparaciones de poco volumen ejecutadas regular y cíclicamente en las distintas partes, estructuras, equipos, etc. Esto consigue que la principal ventaja de estos mantenimientos venga muy ligada a la parte económica. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Existe una carencia de conocimiento acerca de los beneficios que provienen de los gastos de diferentes niveles de mantenimiento y se presta poca atención a prevenir o pronosticar los efectos totales por hacer o abstenerse de hacer trabajos en este campo. La razón puede ser que desde el punto de vista de empresas individuales la cantidad desembolsada en mantenimiento resulta pequeña en comparación con los costos de otras operaciones, pero cuando se analiza a escala nacional resulta perfectamente claro que el mantenimiento es una actividad de primera importancia. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.2.14. Vida útil de una edificación

La vida útil está estrechamente ligada a la palabra mantenimiento pues a las obras se les aplican Programas de Mantenimiento para que estas puedan llegar a cumplir con el tiempo de vida útil para el cual fueron ejecutadas, es por eso creemos necesario abordar criterios sobre este concepto. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

La vida útil del edificio es la previsión del período de tiempo durante el cual es susceptible de ser utilizado el mismo en las condiciones de calidad requeridas, siempre que se hayan observado las instrucciones de uso y mantenimiento y se hayan realizado las obras de rehabilitación necesarias. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

“Durante toda la vida útil de un edificio, hay tres parámetros esenciales que vienen definidos en la fase de proyecto: La durabilidad o expectativas de que un elemento pueda cumplir las funciones encomendadas; la mantenibilidad, entendida como facilidad para poder realizar las funciones de inspección, limpieza, reparación o sustitución y finalmente los costos de explotación debidos a consumos energéticos. (Casanovas, 1996)” (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

Conocer la vida útil propuesta para cada elemento de la construcción permitirá estimar la vida útil de la edificación y con ello determinar los ciclos de mantenimiento en años, las inspecciones en años, las reparaciones cíclicas en años, etc. que cada elemento componente del edificio deberá recibir en función de sus características, ubicación, materiales, etc.

A modo de conclusiones pudiera plantearse que el concepto de vida útil de los elementos de una edificación nos permitirá estimar la vida útil de la edificación, además de que este concepto unido a la conciencia política de que son esenciales los recursos para mantenimiento y reparación favorecerá la conservación en condiciones óptimas del patrimonio construido. (Quintero, Solano y Pandales, 2013).

1.3. Definición de términos básicos

1. **Actuación:** Acciones, actividades o trabajos de mantenimiento, a emprender con la periodicidad indicada, como resultado o consecuencia de las inspecciones o comprobaciones.
2. **Patología de la construcción:** Manifestación de un conjunto sistemático de deterioro o presencia de los defectos de la construcción, identificando sus causas, consecuencias y su remediación o tratamiento total.
3. **Defecto:** Se da cuando uno o más elementos de la construcción no cumplen la función para la que fue previsto.
4. **Falla:** Es la finalización de la capacidad del elemento, la cual no le permite desempeñar su función requerida.
5. **Anomalía:** Es la indicación del posible falló. Desde hace muchos años hay un interés en conocer dentro del proceso constructivo cada etapa y así identificar cuál de ellas es la que más influye en un siniestro constructivo y muchos han concluido de que los fallos se pueden dar en estos cuatro grupos: proyecto, materiales, ejecución, uso y mantenimiento.
6. **Pañeteo:** Pasta de cemento Pórtland, arena, agua y cal u otro aditivo en ocasiones, que proporcionan plasticidad a la mezcla logrando producir menos grietas al secado.
7. **Diagrama de proceso de operaciones:** Representación de la secuencia de inspecciones y de todas las operaciones, excepto aquellas que tienen que ver con el manejo de material. Comprende la información que se considera necesaria para el análisis, tal como tiempo requerido y lugar de localización.
8. **Eficacia:** Alcance de los objetivos o metas.

9. **Eficiencia:** Aprovechamiento al máximo del uso de los recursos.
10. **Etapa de Ignición:** etapa de calentamiento al comienzo del incendio, con aumento gradual de la temperatura, con una influencia mínima en el ambiente alrededor y sin riesgo para la vida humana o el patrimonio por colapso estructural. Esta etapa también se conoce como pre-flashover y termina en el instante conocido como flashover.
11. **Etapa Flashover:** etapa caracterizada por un cambio repentino y acelerado en el crecimiento de la temperatura. En esta etapa, todo el material combustible en el compartimento (ambiente) entra en combustión. La temperatura de los gases calientes es superior a 300°C hasta subir a temperaturas superiores a 1000 ° C.
12. **Etapa de Enfriamiento:** etapa que representa la reducción gradual de la temperatura de los gases en el ambiente, luego de la extinción completa del material combustible presente en el compartimento. Sin nuevas cargas de fuego para alimentar las llamas, comienza la pérdida de calor, o sea, el enfriamiento gradual de la estructura.
13. **Inspección:** Actividad por la que se examinan instalaciones y servicios para verificar el cumplimiento de los requisitos que le sean de aplicación. Debe indicar de forma sistemática, las acciones de vigilancia, revisiones, comprobaciones y pruebas a llevar a cabo en los periodos de tiempo señalados, los aspectos o elementos a vigilar, revisar o comprobar y la persona, empresa o institución encargada de ello. (Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital,)
14. **Inspección formal:** Se realiza orientándola hacia una sección compuesta, con el objetivo de detectar cualquier deterioro del elemento y evitar que se torne en un problema mayor, así como controlar las condiciones que producen pérdidas.

15. **Inspección informal:** Inspección que se debe realizar con la mayor frecuencia posible, su objetivo es detectar fallas, ajustes, reparaciones o cambios en elementos esenciales para el desarrollo de actividades diarias.
16. **Mantenimiento:** Conjunto de acciones o trabajos necesarios dirigidos a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena presentación de los bienes, las instalaciones y equipos. La perdurabilidad depende del mantenimiento.
17. **Mantenimiento preventivo:** Programación de inspecciones de conservación de las edificaciones, sus espacios exteriores y el equipamiento y mobiliario, que incluye tanto de limpieza, ajustes, reparación menor que deben llevarse a cabo de forma periódica en base a un plan establecido con el fin de evitar su deterioro.
18. **Registros:** Formato que contiene información importante acerca del estado físico y funcional de determinada área inspeccionada.
19. **Pintura intumescente:** Pintura que evita que el perfil metálico alcance temperaturas críticas que comprometan su estabilidad estructural. Permite que los elementos metálicos queden expuestos. Es una pintura inerte a temperatura ambiente pero que reacciona cuando se expone a temperaturas superiores a 200°C, a cuya temperatura se hincha y forma una espuma aislante de baja conductividad térmica. Por ejemplo, En Ignifugaciones Argos se ofrece la Pintura Charflame. (Ignifugaciones Argos, s.f.).
20. **Spalling:** Despostillamiento o desprendimiento de capas o pedazos de la superficie del concreto de un elemento estructural debido a la presión interna del agua que se evapora y al comportamiento diferencial de los componentes del concreto, cuando se expone a temperaturas elevadas y rápidas tasas de calentamiento, ambos caracterizados por un escenario de incendio. El spalling reduce el área resistente del concreto y expone la armadura al fuego (Silva, V.

P., 2004), (Britez, Carvalho y Elene, 2020). “Debe aclararse, sin embargo, que el *spalling* no es un mecanismo de fallo o colapso estructural del elemento. El fenómeno puede ser leve, normal o severo y, como resultado, puede o no conducir a una pérdida rápida de la sección transversal, lo que podría desencadenar un mecanismo de colapso estructural, como las fallas tradicionales causadas por compresión, flexión o cizallamiento”. (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

“El alcance, la gravedad y la naturaleza de la ocurrencia de *spalling* pueden ser muy variable e impredecible. El fenómeno puede ser insignificante en cantidad y, en consecuencia, tras la aparición de pequeños vacíos superficiales; sin embargo, puede ser grave y comprometer la resistencia al fuego del elemento debido a las grandes porciones desplazamiento concreto, la exposición de la armadura y la reducción de su capacidad estructural debido a su sección transversal reducida” (Britez, Carvalho y Elene, 2020).

21. **Temperatura Crítica:** Temperatura en la cual la estructura pierde su capacidad portante, es decir, momento en el que el elemento no es capaz de cumplir con su función de soporte estructural. Esta temperatura se calcula en función del efecto de las acciones en situación de incendio y de la tensión de diseño de los perfiles de acero en base a sus cargas aplicadas. Con estos datos se puede determinar la temperatura crítica de cada perfil que conforma el proyecto.

22. **Factor de forma o Masividad:** Relación entre el perímetro expuesto al fuego de un elemento y el área de sección del mismo. El área de sección siempre será un valor constante intrínseco del perfil, mientras que el perímetro puede variar en función de las caras expuestas al fuego. Cuanto mayor sea el valor de la masividad, más rápidamente se alcanzará la temperatura crítica (temperatura de colapso) del perfil. En conclusión, a mayor masividad, mayor espesor de protección.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

La vida útil de una edificación se ve afectada por la exposición a acciones degradantes, por el control durante el proceso constructivo y hasta el mismo servicio que preste la edificación. Dichos factores influyen en la durabilidad física, la resistencia mecánica de todos sus materiales y componentes, además del funcionamiento de todos los equipos e instalaciones que forman parte integral de ella, Se deben tomar las medidas necesarias para que la edificación mantenga la apariencia, la funcionalidad, la seguridad y la estabilidad según lo concebido en el proyecto inicial.

La degradación de una edificación se da por varios agentes como: el agua que causa varios deterioros que afectan en diversas formas los materiales y los componentes del edificio, el sol que afecta notablemente ciertos materiales los cuales son sensibles a la exposición directamente de su rayos, el viento causante de abrasiones en los materiales expuestos, y los cambios ambientales.

Una edificación se diseña y construye para cargas de servicio y carga última, las cuales son combinaciones de cargas muertas, cargas vivas, de viento, temperatura y sismos. Algunas veces, las edificaciones cambian de uso y son sometidas a cargas de servicio diferentes a las proyectadas, además de verse sometidas a sismos; lo cual puede generar el deterioro de la estructura. También se presentan situaciones de carácter excepcional tales como: asentamientos del terreno, fuego y explosiones. Por tanto, es importante realizar labores de mantenimiento preventivas y correctivas que garanticen el estado de servicio de las edificaciones.

La edificación tiene como primer requisito el de mantenerse estable, necesita de una estructura resistente que transmita las cargas al suelo, por lo tanto el control técnico no llegan a su final con la entrega definitiva de la obra por parte del constructor, sino que se proyecta a la etapa de servicio es decir durante su vida útil.

El problema es que los edificios siempre estarán expuestos a daños, deterioros, desgastes y a pesar de esto debe de conservar la apariencia original y satisfacer las necesidades de los usuarios, sin embargo, hay en ocasiones donde se presentan fallas por problemas desde su planteamiento, construcción, y el tiempo de servicio.

En las instalaciones de infraestructura productiva, además de las acciones degradantes debido a agentes del medio ambiente y el tiempo, la intensidad del uso es un factor preponderante en el deterioro y daño de la estructura, debido a la gran cantidad y características de las personas que cotidianamente permanecen en éstas. Es de anotar que la implementación de medidas que alarguen la vida útil de estas estructuras debe tener en cuenta la participación del Estado con programas rutinarios y anuales de conservación y mantenimiento de este tipo de infraestructura pública.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuáles son los efectos de deterioro que se manifiestan en una edificación debido a la acción de agentes medioambientales, la edad y el uso, que permitan definir, establecer y proponer las medidas preventivas y/o correctivas en una edificación de infraestructura productiva para que la conserven en estado de servicio durante su vida útil?

2.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo es el proceso de control existente de las edificaciones en uso?
2. ¿Cuáles son los principales elementos componentes de una edificación típica de la infraestructura productiva del Gobierno

Regional de Loreto (GOREL) que requieren de mantenimiento preventivo y correctivo y la frecuencia con que debe dársele?

3. ¿Cuáles son las principales estructuras que pueden deteriorarse o fallar según su importancia para el uso normal de la edificación de PRODUCE Loreto?
4. ¿Cómo se presentan los diferentes deterioros y daños, de la estructura física de la edificación existente en la infraestructura de PRODUCE Loreto, Iquitos – Perú para establecer las acciones correctivas y preventivas que permitan alargar su vida útil?
5. ¿Cuáles son los elementos priorizados que han sido considerados en el Plan de Mantenimiento preventivo y correctivo existente, de la edificación de PRODUCE Loreto?
6. ¿Cómo debe ser el Plan de Mantenimiento preventivo/correctivo para el Módulo de la edificación de PRODUCE Loreto, sito en Ramírez Hurtado - Iquitos, que pueda servir de modelo para que el GOREL pueda emularlo?
7. ¿Cómo se podría identificar las principales fallas y deterioros que se darían como patología de una edificación en Loreto, que permita llevar un control de componentes de ésta?
8. ¿Cuál sería la estructura de Plan de Mantenimiento General para su implementación en las edificaciones del GOREL?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Identificar y describir los efectos de deterioro que se manifiestan en una edificación debido a la acción de agentes medioambientales, la edad y el uso, para definir, establecer y proponer las medidas preventivas y/o correctivas en una edificación de infraestructura

productiva para que la conserven en estado de servicio durante su vida útil.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Describir el proceso de control de las edificaciones en uso, explicando por qué se dan las acciones degradantes, y cuáles son los diferentes tipos de daños que se pueden presentar, estableciendo su naturaleza, importancia y frecuencia.
2. Identificar los principales elementos componentes de una edificación típica de la infraestructura productiva del Gobierno Regional de Loreto (GOREL) que requieren de mantenimiento preventivo y correctivo y la frecuencia con que debe dársele.
3. Identificar las principales estructuras que pueden deteriorarse o fallar según su importancia para el uso normal de la edificación de PRODUCE Loreto.
4. Diagnosticar los diferentes deterioros y daños, a partir de una inspección visual, de la estructura física de la edificación existente en la infraestructura de PRODUCE Loreto, Iquitos – Perú para establecer las acciones correctivas y preventivas que permitan alargar su vida útil.
5. Inventariar, evaluar y priorizar los elementos considerados en el Plan de Mantenimiento preventivo y correctivo existente, de la edificación de PRODUCE Loreto.
6. Diseñar un Plan de Mantenimiento preventivo/correctivo para el Módulo de la edificación de PRODUCE Loreto, sito en Ramírez Hurtado - Iquitos, que pueda servir de modelo para que el GOREL pueda emularlo.

7. Elaborar un método que permita identificar las principales fallas y deterioros que se darían como patología de una edificación en Loreto, que permita llevar un control de componentes de ésta.
8. Establecer una estructura de Plan de Mantenimiento General para su implementación en las edificaciones del GOREL.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H: La profundidad de carbonatación en los elementos estructurales de concreto armado y el nivel de corrosión en la estructura metálica del edificio de PRODUCE Iquitos, indica un deterioro superficial y leve que resulta apropiado y oportuno formular y ejecutar un Plan de Mantenimiento para su recuperación y puesta en servicio.

2.4.2. Hipótesis específicas

No se requiere su formulación

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de variables

- **Variable independiente X:**

X: Degradación de la edificación de PRODUCE – Iquitos al año 2021.

- **Variable Interviniente Z:**

Z: Propuesta de Plan de mantenimiento de la edificación pública de PRODUCE, Iquitos al año 2021.

2.5.2. Definición conceptual y operacional de variables

2.5.2.1. Definición conceptual de variables

- **Variable independiente X:** la vida útil de una edificación se ve afectada por la exposición a acciones degradantes, por el control durante el proceso constructivo y hasta el mismo servicio que preste la edificación. dichos factores influyen en la durabilidad física, la resistencia mecánica de todos sus materiales y componentes, además del funcionamiento de todos los equipos e instalaciones que forman parte integral de ella, se deben tomar las medidas necesarias para que la edificación mantenga la apariencia, la funcionalidad, la seguridad y la estabilidad según lo concebido en el proyecto inicial.
- **Variable Interviniente Z:** Plan que contiene el proceso de mantenimiento de labores con el objeto prevenir los objetos de la degradación física y funcional de las edificaciones, controlar sus avances y aplicar las medidas correctivas para enmendarlos; y, que es dependiente del proceso específico de envejecimiento que experimenten en virtud y por efecto de acciones de naturaleza diferente como fuerzas, sustancias, organismos o procesos que causan deterioros de diverso tipo y grado de importancia (Puyana, 1986).

2.5.2.2. Definición operacional de variables

Tabla 4. Operacionalización de Variables

Variables	Indicadores genéricos	Metodología
Variable independiente X: Degradación de la edificación de PRODUCE – Iquitos al año 2021.	Acciones degradantes. Tipología de daños. Elementos principales de la edificación que requieren mantenimiento.	Investigación descriptiva transeccional de diseño no experimental.

	Estructuras que pueden deteriorarse. Acciones correctivas y preventivas para alargar la vida útil.	
Variable Interviniente Z: Z1: Propuesta de Plan de mantenimiento de la edificación pública de PRODUCE, Iquitos al año 2021. Z2: Propuesta de estructura de Plan de mantenimiento general para edificaciones del GOREL.	Elementos del Plan de Mantenimiento existente. Elementos del Plan de Mantenimiento propuesto. Matriz de ciclos de mantenimiento. Patología de edificación en Loreto. Estructura de Plan de Mantenimiento general para edificaciones del GOREL. Procedimiento de aproximación de costos anuales para mantenimiento de edificaciones del GOREL.	Investigación descriptiva transeccional de diseño no experimental.

3. Metodología

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es No Experimental, de tipo descriptivo comparativo. Así mismo, esta investigación es aplicativa y cuantitativa.

3.1.2. Diseño de la investigación

Su diseño corresponde al transaccional descriptivo.

Esquema:



Donde:

M: Muestra

O: Observaciones

Realizar la observación a cada variable en forma independiente y describirlas (medir cada variable independientemente).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Corresponde a la infraestructura pública del tipo edificaciones en la ciudad metropolitana de Iquitos que tengan una antigüedad mayor de 30 años.

3.2.2. Muestra

La muestra estará conformada por una parte de la edificación perteneciente a PRODUCE. Esta edificación está emplazada en la parte posterior adyacente a la margen derecha del río Itaya. Se estudiará las siguientes partes de la infraestructura: Cimentación, elementos viga columnas (pórticos), pisos, estructura de techos, albañilería (muros de ladrillo, tarrajeos, pisos), instalaciones electromecánicas y sanitarias, redes de conectividad y transmisión de información; acabados (pintura y otros), equipamiento y otros componentes.

El estudio incluye la elaboración de un estudio con sentido positivo y ánimo constructivo en el cual se plasme claramente los diversos problemas en las edificaciones públicas, los cuales pueden ser

prevenidos durante la ejecución de la obra y corregidos después de su culminación, ya que la mayoría de ellos se originan durante el planteamiento de la edificación, la ejecución de la obra y en el periodo de servicio.

Para la edificación escogida se presentará una Propuesta de Mantenimiento, cuyas medidas correctivas y preventivas para mantener la apariencia, la funcionalidad, la seguridad y la estabilidad, según lo concebido en el proyecto de su construcción inicial. Estas medidas pueden ser llevadas a cabo con financiamiento del área usuaria.

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas

Para desarrollar la presente investigación se utilizó como técnica la observación.

Los procedimientos que se emplearon para la toma de datos corresponden inspección generalizada de los elementos estructurales, albañilería, y elementos no estructurales. Los ensayos realizados se efectuaron de acuerdo a los protocolos y respectivos instrumentos de medición, para lo cual supletoriamente se consideró los que se encuentran normados en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se tomó en cuenta la base técnica, los procedimientos y herramientas sugeridos en diversos planes de mantenimiento de edificios, tanto nacionales, como de otros países en condiciones similares a Perú, esperándose constituirse en un documento que provea de un modelo para planificar y pueda ser emulado por las diferentes dependencias del Gobierno regional de Loreto para adaptarlo y aplicarlo a los edificios que están bajo su jurisdicción.

Para la propuesta de diseño de la estructura del Plan de Mantenimiento se realizó entrevistas con el personal involucrado en el mantenimiento de Produce - Loreto y de otras instituciones públicas dependientes del

gobierno central y gobiernos locales, así como también de la universidad pública y privada, en las que su existencia constituye elemento de una condición básica de calidad. Al encontrarse esta estructura en estado ruinoso no se formuló Plan de Mantenimiento alguno; sin embargo, al formular una propuesta de Plan, prácticamente se crea una herramienta para registrar los reportes de mantenimiento de cada edificio, para ser consultados de forma ágil y automatizada. Las herramientas para planificar el mantenimiento debieran estar integradas en un sistema gestor de base de datos, sugiriéndose utilizar para tal objetivo Microsoft Access, en tanto a nivel país se considere el mantenimiento de la infraestructura pública y se integre al Presupuesto Público.

Se hizo una revisión documental para proveer de base teórica y técnica a los procedimientos y herramientas existentes en la literatura y otros generados como propuesta. Para adaptar el plan de mantenimiento a los edificios del GOREL, se debe evaluar el método de operar de Produce Loreto. A partir de la evaluación y de una revisión documental, se elaboró una matriz de guías de ciclos de mantenimiento preventivo, para lo cual se identificó deterioros y fallas más comunes para la tipología de edificios de PRODUCE Loreto, tomando como base el edificio denominado “Edificio Ramírez Hurtado - Iquitos”.

Para recopilar la información de las actividades de mantenimiento se ha propuesto dos tipos de formularios: uno para inspecciones y otro para intervenciones. Para que el plan de mantenimiento pueda ser funcional se deben integrar todos los procedimientos y herramientas de planificación como lo son las guías de ciclos de mantenimiento, inspecciones periódicas a los elementos de un edificio y realizar intervenciones como resultado de un reporte de alguna inspección. A su vez, estos reportes quedarán registrados en la base de datos para consultas posteriores. (Camacho, 2009)

3.3.2. Instrumentos

Se utilizó: Lista de cotejo, formatos (Laboratorio de Ingeniería Química-UNAP) y cuadros de datos estadísticos, y otros formatos del Manual de Ensayos de Materiales de SENCICO Zonal de Loreto. Básicamente, se hará uso de los equipos con cuentan estos dos laboratorios.

Asimismo, se realizó análisis documental de diversas tesis doctorales y artículos científicos recientes.

Para evaluar la degradación del concreto armado y del acero de la estructura de techo por efectos de las altas temperaturas a la que fue expuesta el edificio en Octubre de 1998 se tomó en cuenta el marco teórico y los resultados de las investigaciones de los siguientes investigadores: Britez, Carvalho y Elene, 2020), (Pignatta, 2019), (Ureña y Alvarado, 2018), (Xargay, et al., 2016), (Vidaud y Vidaud, 2011) y otros; asimismo, para decidir si las actuales condiciones de degradación permiten el Mantenimiento de la edificación y su recuperación se tomó en cuenta las precisiones de (NAFTA 251, 1999) y las recomendaciones para la “rehabilitación de estructuras de concreto afectadas por el fuego” dispuestas por el ACI 562”.

Para efectos de evaluar el deterioro incremental después de la exposición al fuego producto del incendio de octubre 1998, por acción del **fenómeno de carbonatación**, se tomó en cuenta los resultados de las investigaciones de los siguientes investigadores: (Mosqueira, 2019), (Van et al., 2017), (Fridh et al., 2014), (Lee et al., 2012), (Carbajal et al., 2007) y (Thiery et al., 2005).

Para efectos de evaluar el deterioro incremental después de la exposición al fuego producto del incendio de octubre 1998, por acción del **fenómeno de corrosión** de la estructura de acero y de los principales efectos de la corrosión del acero en la estructura de concreto armado, (pérdida de adherencia entre el concreto y el acero, pérdida de resistencia mecánica, aparición de fisuras y desprendimiento del concreto, reducción de la sección transversal), se tomó en cuenta los resultados de las

investigaciones de los siguientes investigadores: (Molina, 2012), Devoto (2015), (Machena, 2017) y (Cerna y Galicia, 2012).

3.3.3. Procedimientos de recolección de datos

- Se implementó la investigación con los insumos e instrumentos adecuados
- Se elaboró los instrumentos de recolección de datos.
- Se efectuó la toma de datos y recojo de información preliminar.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

La recopilación de datos, su procesamiento y análisis de la información resultante se realizó de forma mecánica y computarizada.

- Para la recopilación inicial de los datos y procesamiento de la información se usó los paquetes básicos de Microsoft, (Word, Excel, PPT, Etc.); y, AUTOCAD.
- Para procesar la información proveniente de los ensayos de determinación de profundidad de carbonatación y pH en muestras de concreto tomadas directamente de vigas y columnas de la edificación de Produce - Loreto que se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Química de la UNAP, se usó el paquete de Microsoft EXCEL y Word.
- Para el análisis e interpretación de los datos, y análisis estadístico, se empleó la estadística descriptiva, conformada por las frecuencias, promedio, porcentajes, desviación estándar y varianza y el uso del paquete Microsoft EXCEL.

4. Resultados y discusión de resultados

4.1. Resultados

Parámetro	Muestra				
	Columna 1	Columna 2	Viga 1	Viga 2	Norma
pH parte interna	11.32	11.25	11.85	11.94	ASTM C4262
pH parte externa	11.15	11.04	11.66	11.88	ASTM C4262
Carbonatación (ensayo a la fenolftaleína)	Se observa carbonatación en la parte más externa de la muestra.	Se observa carbonatación en la parte más externa de la muestra.	Se observa carbonatación en la parte más externa de la muestra.	Se observa carbonatación en la parte más externa de la muestra.	

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Química UNAP - Perú

**UNAP**Universidad Nacional de la Amazonia Peruana
Facultad de Ingeniería Química-FIQ

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

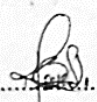
CERTIFICADO DE ANALISIS

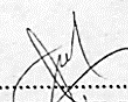
MUESTRA : Concreto armado (estructura de Direpro)
 SOLICITADO : Jerson Brian Santillán Iglesias
 ANALISIS SOLICITADO : Químico
 FECHA DE ANÁLISIS : 17 de mayo de 2022

RESULTADOS

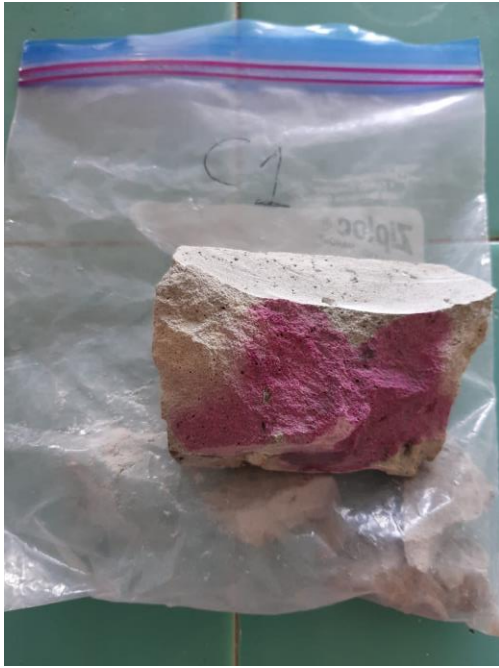
PARÁMETRO	MUESTRA				
	Columna 1	Columna 2	Viga 1	Viga 2	
pH	11.15	11.04	11.66	11.89	ASTM-4262
pH (parte interna)	11.32	11.25	11.85	11.94	ASTM-4262
pH (parte externa)	11.15	11.04	11.66	11.88	ASTM-4262
Carbonatación (ensayo a la fenolftaleína)	Se observa Carbonatación en la parte más externa de la muestra	Se observa carbonatación en la parte más externa de la muestra	Se observa Carbonatación en la parte más externa de la muestra	Se observa carbonatación en la parte más externa de la muestra	

Iquitos, 18 de mayo de 2022


 ROSA ISABEL SOUZA NAJAR
 DOCENTE ADSCRITO FIQ-UNAP


 Dr. JUAN MANUEL ROJAS AMASIFÉN
 DECANO FIQ-UNAP

 Dirección: Av. Freyre N° 616, Iquitos, Perú
 Teléfono: (5165) 24-3665 / 23-4101
 decanatofig@yahoo.es
www.unapiquitos.edu.pe



Prueba de carbonatación en columnas 1 y 2 (C1 y C2)



Prueba de carbonatación en vigas 1 y 2 (V1 y V2)



Prueba de pH en columnas 1 y 2 (C1 y C2)



Prueba de carbonatación en vigas 1 y 2 (V1 y V2)

4.2. Discusión de resultados

Cuando, Mosqueira (2019) estudió como parte de su tesis doctoral la variación de la profundidad de carbonatación de muestras sin recubrimiento, expuestas a CO₂, en diferentes periodos de estudio, desde el inicio de la carbonatación acelerada, el concreto se ve afectado modificando progresivamente el pH, bajándolo a niveles inferiores a 9.5; siendo estos valores comparables a los plasmados en artículos científicos de (Fridh et al., 2014), (Van et al., 2017), (Lee et al., 2012), (Carbajal et al., 2007) y (Thiery et al., 2005) y en la misma dirección de estos investigadores concluyó que, la manera para determinar la profundidad de carbonatación del concreto es a través del test de la fenolftaleína; y, propuso un modelo predictivo para aproximar la degradación o el deterioro similar al de estos investigadores ($X=K\sqrt{T}$). (Mosqueira, 2019). Y cuando observó la variación y la relación existente entre la resistencia a compresión del concreto y la profundidad de carbonatación en muestras sin recubrimiento, en los diferentes períodos de tiempo de exposición a CO+CO₂, encontró variación de la resistencia, la que se incrementó inicialmente para luego de manera gradual de acuerdo al período de exposición decrecer siguiendo una función polinómica de cuarto orden $Y= - 8,36E-07 X^4 + 2,76E-04 X^3 - 3,64E-02 X^2 + 1,85 X + 230,44$; y en cuanto a la profundidad de carbonatación desde sus inicios se nota claramente que va incrementándose, hecho que es descrito en algunos artículos científicos referidos en el marco teórico de la presente investigación (Mosqueira, 2019).

Las conclusiones de la investigación de Mosqueira (2019), en cuanto a la profundidad de carbonatación del concreto, su relación con el tiempo de exposición y sus efectos en las propiedades físicas (porosidad, peso, absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión) son tomadas en cuenta para el presente caso:

- El efecto del tiempo de exposición del concreto de $f'c=210$ kg/cm², en la profundidad de carbonatación estuvo directamente relacionada con el tiempo de exposición al CO₂, el mismo que se observó

claramente en las muestras de concreto sin ningún tipo de recubrimiento. (Mosqueira, 2019)

- La resistencia a la compresión en el concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ frente a la exposición de CO_2 , tanto en muestras con aditivo y sin aditivo, produjo un efecto inicial de tendencia ascendente hasta un 13%, con respecto a la resistencia de la muestra patrón (o de diseño), posteriormente las acciones a las que está sometido el concreto por la inducción a CO_2 períodos más prolongados, generan disminución de pH volviéndolo ácido. El concreto en estas condiciones de labilidad alcalina generó que el concreto pierda progresivamente su resistencia, con lo que podemos afirmar que existe una fuerte relación entre la profundidad de carbonatación y la resistencia a la compresión del concreto, existiendo un efecto negativo, pues al aumentar la profundidad de carbonatación disminuye la resistencia a la compresión del concreto en tiempos prolongados por cada 30 días de exposición, lo que valida la hipótesis planteada. (Mosqueira, 2019)
- Las conclusiones de la investigación de Britez, Carvalho y Elene (2020), en cuanto a la observación que estructura de concreto armado se comporta mejor frente a las altas temperaturas que probetas pequeñas, así como elementos estructurales de dimensiones más grandes se comportan mejor que los elementos estructurales pequeños, al igual que los elementos estructurales en entornos secos y envejecidos son más resistentes que los recién contruidos y húmedos.
- Una estructura de concreto armado quemada que ha sido sometida a altas temperaturas debido a un incendio debe ser inspeccionada completa y detalladamente por un especialista calificado, basado en recursos técnicos y experimentales para caracterizar adecuadamente las propiedades residuales de la estructura de concreto armado; asimismo, para tomar la decisión de implementar,

en el más breve plazo, las intervenciones correctivas de rehabilitación superficial o rehabilitación estructural, antes de la decisión de su demolición. (Britez, Carvalho, y Elene, 2020).

Tomando en cuenta las conclusiones del Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego de Alvarado (2016), quien determinó que el concreto a partir de los 120 minutos y a temperaturas mayores a los 900°C presenta una disminución de su resistencia mayor al 50% caracterizada por una calcinación avanzada de los agregados de forma superficial e interna; asimismo, observó que el acero de refuerzo expuesto directamente al fuego con temperaturas mayores a 1000°C presentó alteraciones en sus propiedades físicas y mecánicas tales como: descascaramiento, cambios de coloración y endurecimiento superficial del refuerzo longitudinal y transversal. También concluyó que el concreto actúa como aislante térmico de muy buenas características, protegiendo al acero de refuerzo de una exposición directa al flagelo, sin embargo ante exposiciones prolongadas de tiempo a temperaturas mayores a los 950°C su comportamiento presenta alteraciones y modificaciones en su estructura interna y externa. (Alvarado, 2016).

En este marco teórico y de la revisión del estado del arte de los efectos de las altas temperaturas en las edificaciones de concreto, la resistencia residual con la que habría quedado la Edificación de Produce Loreto después del incendio de octubre de 1988 sería de no más de 100 kg/cm², resistencia a la compresión que por efecto del fenómeno de carbonatación y corrosión, ante el descuido y falta de mantenimiento y por el tiempo transcurrido a la fecha permite calificarla estructura en estado ruinoso y para evitar el peligro que representa su demolición debiera ser inmediata.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se identificaron y describieron las causas degradantes y el nivel de deterioro de la edificación pública “Produce Iquitos” a partir del incendio que sufrió en el año 1988, y a partir de los resultados de la profundidad de carbonatación del concreto y corrosión de la estructura de acero, se determinó que esta edificación está en un nivel de ruina; por lo tanto, no amerita proponer medidas de mantenimiento, así mismo, no es posible formular y ejecutar un Plan de Mantenimiento para su recuperación y puesta en servicio; con lo cual la hipótesis ha quedado contrastada negativamente.

La edificación después del incendio del año 1998 que tuvo una duración promedio de 10 horas, no estuvo en uso; quedó sin techo, paredes y piso. No hubo acción de combate del fuego, no se evaluó técnicamente los efectos del fuego en la estructura que pudo conllevar a su rescate y puesta en valor después de tal acto vandálico. Esta edificación pública fue abandonada por el Estado. El nivel de temperatura y su larga duración deterioró el concreto armado de vigas y columnas y la estructura metálica del techo; las acciones degradantes de carbonatación y corrosión progresaron a partir del fenómeno de spalling que desencadenó el fuego en dichos elementos, alcanzando a comprometer aún más su capacidad resistente.

Los principales elementos componentes de una edificación típica de la infraestructura productiva del Gobierno Regional de Loreto (GOREL) son: Cimentación; estructura tipo aporticada (vigas y columnas); muros exteriores; tabiquería separadora de interiores; escaleras; estructura de pisos; estructura de techo; cobertura de calamina; sistema de agua y desagüe; energía electromecánica; cielorraso; carpintería de madera y metálica; cerrajería y fontanería; pintura y acabados; y, dispositivos de comunicación.

Estos elementos requieren mantenimiento preventivo y correctivo y con una frecuencia establecida en el capítulo de Resultados.

Las principales estructuras que, en condiciones normales de uso, pudieron deteriorarse o fallar según su importancia para el uso normal de la edificación de “Produce Iquitos” son: pintura y acabados; cerrajería y fontanería; carpintería de madera y metálica; cielorraso; energía electromecánica, sistema de agua y desagüe; cobertura de calamina; estructura de techo; estructura de pisos; escaleras; tabiquería separadora de interiores; muros exteriores; vigas y columnas; cimentación.

De la inspección visual se determinó que la edificación de “Produce Iquitos” solo queda en pie: la cimentación (zapatas); estructura tipo pórtico (vigas y columnas); estructura metálica de techo.

El sistema de pórticos no presenta tarrajeo y existen desprendimiento de segmentos de concreto tanto en vigas como en columnas como efecto del fenómeno de spalling.

Al fecha del incendio no existió Plan de Mantenimiento; asimismo, tampoco se evaluaron los daños resultantes del incendio y menos se formuló un Plan de Restauración, Conservación y Mantenimiento posterior a la acción vandálica. En consecuencia, no se efectuó en la presente investigación el inventario, la evaluación y priorización de los elementos considerados en el Plan de Mantenimiento preventivo y correctivo existente, a la fecha.

En concordancia con las conclusiones anteriores, como producto de esta investigación no se formuló el Plan de Mantenimiento preventivo / correctivo para el Módulo de la edificación de PRODUCE Loreto, sito en Ramírez Hurtado - Iquitos, que pueda servir de modelo para que el GOREL pueda emularlo

Se elaboró una propuesta de método de identificación de fallas y deterioros en el concreto de vigas, columnas y cimentación que se darían como patología de una edificación pública en Loreto.

Se elaboró una estructura de Plan de Mantenimiento General para su implementación en edificaciones similares del GOREL.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda:

- Elaborar un Manual de Uso para la estimación de la profundidad de carbonatación y la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ natural para la ciudad de Iquitos para su aplicación en todas las edificaciones públicas como investigación previa a la formulación y aplicación del Plan de Mantenimiento correspondiente.
- Elaborar una cartilla de aplicación de recubrimiento en estructuras de concreto de un aditivo anti carbonatación.
- Profundizar el conocimiento de la degradación de estructuras de concreto armado como efecto de la carbonatación y la corrosión ante la falta de mantenimiento después de su exposición a altas temperaturas a consecuencia de incendios.
- Determinar la vida útil de las estructuras de concreto armado de las edificaciones públicas afectadas por corrosión, con la finalidad de tomar las medidas necesarias para su conservación, reparación o reconstrucción del caso.

ANEXOS

ANEXO 1

Propuesta

Una alternativa de mitigación de riesgo en estructuras sometidas a exposición continua a CO₂, es la aplicación de aditivos anticarbonatación o antintemperismo, Entendiendo que el proceso de carbonatación en las estructuras de concreto es completamente natural y que se producirá a largo o corto plazo, sea cual fuese el ambiente en la que se ubica, es de suma necesidad adoptar medidas de prevención que permitan mitigar o ampliar el período de vida útil de dichas estructuras, de lo investigado recomendamos que la forma práctica y económica de protección efectiva en el avance de la profundidad de carbonatación es mediante la aplicación de un recubrimiento con aditivos que ofrecen resistencia y durabilidad a la intemperie o anticarbonatación (diseñados para detener el ingreso del dióxido de carbono); bastará con formar una película muy delgada mediante la aplicación del producto dos pasadas (dos manos). Dicha aplicación deberá efectuarse periódicamente cada 8 años aproximadamente, en estructuras descritas como categoría C “edificaciones comunes” por la NTE-030 y cada 4 años en estructuras de categoría A “edificaciones esenciales”; categoría B “edificaciones importantes”, de manera especial en toda estructura expuesta frecuentemente a emisiones de CO₂.

Como parte de la propuesta ha elaborado una cartilla técnica para la correcta aplicación de recubrimientos, para las estructuras de concreto. Así también con los resultados de la investigación se presenta una hoja de cálculo de fácil aplicación, que permite estimar la profundidad de carbonatación y la resistencia a compresión del concreto de $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, expuesta bajo los efectos del CO₂, tanto de manera natural como acelerada para la ciudad de Iquitos, los que se adjuntan en apéndices.

Propuesta de Cartilla de aplicación de recubrimiento en estructuras de concreto con aditivo anti carbonatación: Anexo 1. Propuesta de Ejes para Mantenimiento de Infraestructura Pública en Iquitos: Anexo 2.

6. Referencias bibliográficas

1. Alvarado Aguirre, Giovanni Josué. 2016. "Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego". Trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. 90 pg.
2. ARENCIBIA FERNÁNDEZ, Juan Miguel. (Abril de 2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. En: Revista de Arquitectura e Ingeniería. Vol. 1. No. 1. p. 1 - 8.
3. ARENCIBIA FERNÁNDEZ y BORROTO ABREU, Roniel. 2005. Propuesta para la generalización del Programa para el Mantenimiento Constructivo de las Edificaciones de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Tesis de Posgrado.
4. Argos. 2020. info@argosgestion.com
5. ARQHYS., E. p. (Ed.). (6 de mayo de 2012). [on line]. Disponible en: <http://www.arqhys.com/estructuras/edificios-degradacion.html>. (E. p. Arqhys., Productor). Consultado el 7 de octubre de 2021.
6. Asociación Nacional de Protección contra Incendios NFPA. NFPA 251. Métodos estándar de las pruebas de Resistencia al fuego de construcción de edificios y materiales. Edición 1999. [on line]. Disponible en: <https://translate.googleusercontent.com/translate-f1/36>. Consultado: 2 marzo 2020.
7. BABÉ RUANO, Manuel. 1986. Mantenimiento y Reconstrucción de Edificios. Ministerio de Educación Superior. Ciudad de La Habana, Cuba.
8. BLONDET, MARCIAL 2005. Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería. Pontificia Universidad Católica del Perú.

9. Britez, C., Carvalho, M., Helene, P. 2020. "Acciones y efectos nocivos del fuego sobre estructuras de concreto. Una breve reseña", Revista ALCONPAT, 10 (1), pp.1 - 21, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v10i1.421> . Artículo publicación: 30/12/2019. Revista ALCONPAT, 10(1), pp.1-21. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción. Disponible en: www.revistaalconpat.org
10. Cadena Ríos, Gerardo. 2015. "Desarrollo de un Plan de Mantenimiento para edificaciones. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil. Universidad Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. México, D.F. Ciudad Universitaria, 2015.
11. Camacho Salazar, Pablo. 2009. Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para edificios del ICE. Proyecto final de graduación para optar el grado de licenciatura en Ingeniería en Construcción. Escuela de Ingeniería de Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 58 pág. Enero 2009.
12. Caro Meza, Jhonatan Samuel y Rubio Chávez, Leslie Lizeth. 2019. Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para reducir los costos operativos de un club de esparcimiento. Tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial. Programa de titulación por tesis. Escuela profesional de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Ricardo Palma. 174 pág. Lima. 2019.
13. CASANOVAS I BOIXEREU, Xavier. 1996. El mantenimiento de edificios. En: Revista Montajes e Instalaciones. Marzo de 1996.
14. CASANOVAS I. BOIXEREU, Xavier y TEJERA, Pedro. 2003. Mantenimiento y Gestión de Edificios. [on line] Disponible en:

[http://www.cujae.edu.cu/facultades/arquitectura/PROFESORES/Mantenimiento%20y%20Gesti%F3n%20de%20edificios\(tejera\).doc](http://www.cujae.edu.cu/facultades/arquitectura/PROFESORES/Mantenimiento%20y%20Gesti%F3n%20de%20edificios(tejera).doc).

15. CASSIM, J.; MENDES, L. y otros. (s.f.). Rehabilitación de coberturas de edificios. [on line] Disponible en: <http://www.rs.f2010.org>. Consultado: Octubre de 2021.
16. Castillo J. 2017. Diseño de investigación del desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el modelo de gestión de calidad TPM, con enfoque sistemático para equipos críticos dentro de una edificación y sus instalaciones (Tesis de pregrado). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
17. Castillo Jáquez Eilin. 2020. Análisis del artículo “Effect of fire on concrete structures” (“Acciones y efectos nocivos del fuego sobre estructuras de concreto. Una breve reseña”. C. Britez, M. Carvalho, P. Helene. Revista ALCONPAT, 10 (1), pp.1 – 21, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v10i1.421>). Master en Proyecto de Arquitectura y Ciudad. Materiales de última generación y materiales eficientes. Universidad de Alcalá. España. Disponible en: <https://www.portal.uah.es> . Revisado: 15 marzo de 2022.
18. Cerna Vásquez, M. y Galicia Guarniz, W. 2010. Vida útil en estructuras de concreto armado desde el punto de vista de comportamiento de material. Universidad Privada Antenor Orrego. Facultad de Ingeniería Civil. 2010.
19. Chávez Ulloa, Emilio; Pérez López, Tezozomoc; Reyes Trujeque, Javier; Corvo Pérez, Francisco. 2013. Deterioro de estructuras de concreto por carbonatación en medio ambiente marino tropical y cámara de carbonatación acelerada. Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche. Artículo de Investigación. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia vol. 36 n° 2 Maracaibo ago. 2013. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Zulia, versión impresa ISSN 0254-0770. Disponible en:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702013000200002 . Consultado: 14 marzo de 2022.

20. Clavijo Mendoza, José Agustín. 2014. Modelamiento Numérico de ensayos de resistividad sobre el concreto para la obtención de una tomografía bidimensional del frente de carbonatación. Tesis para optar al grado de Magister en Ingeniería Estructural. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá D.C. Colombia. 2014.
21. GARCÍA CASAS, Ignacio. Consideraciones sobre la seguridad en los edificios=Considerations on Buildings Safety. Revista electrónica ReCoPar, [S.l.],n.1, p. 27-40, abr. 2014. ISSN 1886-2497. Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/recopar/article/view/2102>. Fecha de acceso: 21 jul. 2022.
22. GUTIÉRREZ PLAZA, Manuel; CASANOVA FERNÁNDEZ, José y HERNÁNDEZ, Eduardo. (1985). Sistematización de los criterios aplicables a los trabajos de mantenimiento, reparación y rehabilitación en el patrimonio público de la vivienda de la Comunidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.
23. HELENE DO LAGO, Pablo R. (1997). En: Manual para la Reparación, Refuerzo y Protección de las Estructuras de Concreto, IMCYC. México.
24. INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA INIFED. 2007. En: Manual de Mantenimiento Escolar. Cuidemos Nuestra Escuela. México.
25. LORÍA GONZÁLEZ, Roberto. ¿Qué alarga la vida útil de una edificación? En: Revista Construcción. No. 81. Cámara Costarricense de la Construcción. [on line] Disponible en: <http://www.construccion.co.cr/revista/081/42.tecnologia.htm>.

26. Mantenimiento de edificios – Instrucciones de Mantenimiento de Vega Administradores – Oficina Virtual – Huelva España.
27. Manual general para el uso, mantenimiento y conservación de edificios destinados a viviendas. Consejería de Obras Públicas y Transporte de la Junta de Andalucía, Ayuntamiento de Granada en España.
28. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (s.f.). Organización y Administración de los Bienes Muebles e Inmuebles de los Establecimientos Educativos. Bogotá, Colombia.
29. MONJO. 1997. La patología y los estudios patológicos, en Metodología de la restauración y de la rehabilitación.
30. Montoya S. 2017. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Estructuras del KAFFE (Tesis de pregrado). Pereira (Risaralda), Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
31. Mosqueira Ramírez, César Pelayo. 2019. Efecto del tiempo de exposición al CO₂, del concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la profundidad de carbonatación y en la resistencia a compresión. Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Mención: Gestión Ambiental y Recursos Naturales. Universidad Nacional de Cajamarca. Escuela de Posgrado. Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias. Cajamarca. 2019.
32. Pignatta e Silva Valdir. 2019. Estructuras de acero en situación de incendio. Trabajo Técnico. Professor Doutor da Escola Politécnica da Universidade de Sao Paulo, Brasil. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/267025666>.
33. PUENTE, G. 2007. Patología de la Construcción en Mampostería y Hormigón. Sangolquí, Ecuador. 27 de Junio de 2007.

34. PUYANA, G. 1986. Control Integral de la edificación I - planeamiento. Bogotá: Escala.
- 35.------. Control Integral de la edificación III - Administración y Mantenimiento. Bogotá: Escala.
- 36.------. Control Integral de la edificación II - Construcción. Bogotá: Escala.
37. Quintero Quintero María Isabel, Solano López Carlos Alberto y Pandales Lozano Carlos Arturo. 2013. La degradación y el mantenimiento en las obras de edificación: estudio de caso Institución Educativa Antonio Derka Santo Domingo. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de especialista en Ingeniería de la Construcción. Universidad de Medellín. Facultad de Ingenierías. Especialización en Ingeniería de la Construcción. Medellín, Antioquia. 2013
38. RIO BUENO, A. (s.f.). Patología, Reparación y Refuerzo de Estructuras de Hormigón Armado de Edificación. Madrid, España.
39. RUIZ, Gerardo. 1998. Conservación y rehabilitación. Políticas, vías y acciones. En: IV Conferencia Internacional de la Vivienda y el Urbanismo, Ciudad de La Habana, Cuba.
40. SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DISTRITAL. 2008. En: Manual de uso, conservación y mantenimiento de los colegios de la Secretaría de Educación Distrital. Julio de 2008.
41. SILVA, Valdir Pignatta. 2004. Estructuras de acero en situación de incendio. Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo. Zigurate Editora. Sao Paulo, Brasil. 2004.

42. SÍSMICA, A. C. 2001. En: Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de vivienda de mampostería. Medellín: La Red.
43. SITTER, W.R. 1984. Costs for Service Life Optimization. The “Law of Fives”. In: CEB-RILEM Durability of Concrete Structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagen, 18-20 May 1983. Copenhagen, CEB, (Workshop Reported by Steen Rostam).
44. TEJERA GARÓFALO, Pedro. (2003). Introducción a las Patologías de los Edificios. En: Apuntes para libro en proceso editorial.
45. -----, Costos de mantenimiento.
46. SOCORRO ALATRISTA VDA. DE BAMBARÉN, A. R.-C.-C. 04 de mayo de 2012. Guía para mantenimiento de la infraestructura física. [on line]. Disponible en: http://www.disaster-info.net/.../guia_para_mantenimiento_de_la_infraestructu. Consultado: Recuperado el 07 de setiembre de 2021.
47. Ureña Aguirre Maritza Elizabeth y Alvarado Aguirre Giovanni Josué. 2018. Efecto del tiempo de exposición al fuego en la resistencia a flexión de vigas de hormigón armado. Artículo de Investigación. Gaceta Técnica, vol. 19, núm. 2, pp. 7 – 18, 2018. DOI: <https://www.doi.org/10.13140/RG.2.2.10804.35203>. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5703/570360789001/html/> Consultado: recuperado 15 marzo 2022.
48. Vidaud Quintana Ingrid N. y Vidaud Quintana Eduardo de Jesús. 2011. La acción del fuego sobre las estructuras de concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Revista Construcción y Tecnología en concreto. Fondo Editorial. Disponible en: <http://www.imcyc.com> . Consultado: 1 de agosto 2022.

49. Xargay, Hernán; Ripani, Marianela; Sambataro, Luciano; Folino, Paula. 2016. Degradación del Hormigón frente a altas temperaturas. Ponencia de Facultad de Ingeniería, UBA. Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. 24 Edición. Buenos Aires. Argentina. 28, 29, 30 Septiembre 2016.
50. Zavala C. 2018. Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el chancador primario Fuller, operación Mantoverde (Tesis de pregrado). Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.

Anexo 1

Propuesta de Ejes para Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la Infraestructura Pública en Iquitos

1. **Marco de referencia:** Marco normativo
2. **Definiciones:** Términos básicos inherentes al mantenimiento para facilitar la comprensión, uso y aplicación del programa de Mantenimiento.
3. **Misión:** Referida al mantenimiento en la infraestructura pública correspondiente.
4. **Visión:** Referida al mantenimiento en la infraestructura pública correspondiente.
5. **Objetivo general:** Elaborar, instrumentar y ejecutar el Plan de Mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura física y equipamiento institucional.
6. **Objetivos específicos:**
 - a. Preservar y mantener las condiciones operativas de la planta física de la edificación de esta institución integrante de la infraestructura pública nacional.
 - b. Incrementar la vida útil de las edificaciones y sus instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias previniendo los daños o deterioro físico a través del tiempo; mediante diversos niveles de intervención.
 - c. Contribuir a tener menores costos de operación combatiendo el desgaste y la destrucción tanto de la planta física como del equipamiento, promoviendo una cultura de conservación y mantenimiento.
 - d. Garantizar una operación y funcionamiento continuo, confiable y seguro de la planta física y el equipamiento institucional, sin interrumpir la atención en el cumplimiento de los servicios públicos que nos corresponde.

- e. Efectuar rutinas de mantenimiento preventivo en cuanto a: estructura, albañilería, coberturas, carpintería, herrería, plomería, electricidad, telecomunicaciones, cerrajería, pisos, recubrimientos, pinturas, entre otras.
- f. Mantener en óptimas condiciones de operación el mobiliario y los equipos para la prestación del servicio público, así como los servicios generales, el acondicionamiento climático y de las telecomunicaciones en los locales de esta edificación.
- g. Atender prioritariamente las rutinas de mantenimiento correctivo a la planta física y el equipamiento correspondiente, con el fin de restablecer su funcionamiento normal en el menor tiempo posible, evitando así la interrupción de los servicios inherentes a la institución.
- h. Realizar anualmente un inventario de la infraestructura física y el equipamiento de la institución.
- i. Definir políticas adecuadas para el uso y cuidado de la infraestructura y del equipo en nuestra institución, en concordancia con el uso racional de los recursos públicos y la preservación del ambiente.
- j. Realizar de manera permanente campañas de difusión en las autoridades, funcionarios y personal de servicio, sobre temas relacionados con el cuidado y uso adecuado de la infraestructura física y el equipamiento de nuestra institución.
- k. Establecer el registro de proveedores, con información suficiente, para responder oportunamente y con eficiencia a las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura y el equipamiento de la institución.
- l. Realizar periódicamente mantenimiento preventivo a la infraestructura y el equipamiento de la infraestructura institucional.
- m. Proporcionar mantenimiento correctivo de manera inmediata a los equipos cuando se ha detectado un mal funcionamiento causado por efectos meteorológicos u otra causa.
- n. Realizar evaluaciones periódicas al Plan de Mantenimiento preventivo y correctivo con la finalidad de determinar la efectividad del mismo y en previsión a su adecuación y mejora continua.

Funciones

Desarrollar el **mantenimiento preventivo**, realizando aquellas acciones encaminadas a encontrar y corregir problemas menores antes que éstos provoquen fallas de la funcionalidad de la infraestructura y el equipamiento disponibles. Se incluyen: inspecciones, evaluación, monitoreo en tiempo real, reemplazos, adaptaciones, restauraciones, etc., que se realizan de acuerdo a una programación anual, perfectamente organizada y presupuestada que incluye asignaciones para el pago de servicios, adquisición de insumos y equipos necesarios.

Además, el Plan de Mantenimiento se fortalece tomando en cuenta los principios de Conservación, Confiabilidad y Operatividad, los cuales otorgan el fundamento que permite consolidar la capacidad de gestión del personal involucrado directamente en el mantenimiento preventivo de la infraestructura y equipamiento institucional.

Alcances

El Plan de mantenimiento preventivo y correctivo se extiende al total de la infraestructura y equipamiento; tomando en cuenta los siguientes elementos:

1. Los **Edificios Institucionales** donde se concentran las actividades materia de la función pública institucional; incluyendo los espacios ocupados por la alta dirección, las oficinas administrativas y los espacios propios del quehacer institucional; asimismo, las áreas de facilidades complementarias al personal, los servicios generales, espacios de circulación, playas de estacionamiento, espacios exteriores y áreas verdes y jardines.

Desagregado de Actividades

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	AMBIENTES	RUTINAS
Mantenimiento de infraestructura			
Locales Estructura, albañilería, cobertura, acabados, pintura, cerrajería, carpintería, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, telecomunicaciones y otras	Mantenimiento de estructura, albañilería, cobertura: si el diagnóstico lo determinara necesario. Acabados interiores y exteriores: Mantenimiento de pintura en general de muros, reparación de pisos. Reemplazo de cerrajería, carpintería metálica y de madera. Mantenimiento de Instalaciones sanitarias: fuga y desperdicio de agua por deterioro de grifería y accesorios; limpieza de tanque elevado y cisterna. Mantenimiento de instalaciones eléctricas: Reposición de luminarias, accesorios de puntos de luz; mantenimiento de transformador eléctrico, tableros, pararrayos y puesta a tierra. Mantenimiento de Instalaciones de equipamiento mecánico: generadores eléctricos, equipos propios de las instalaciones para producción. Mantenimiento de Sistema de telecomunicaciones: Servidores, redes y accesorios	Todos los edificios institucionales	Listas de cotejo y protocolos según acciones de intervención. Guía de Mantenimiento y Formatos

Anexo 2

Ejes para Propuesta de Mantenimiento para protección contra fuego de Infraestructura pública en Iquitos

Según publica Argos (2020) en su Revista 360 en Concreto, referida al ¿Qué hacer cuando una estructura ha estado expuesta al fuego?, La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), detalla en lenguaje accesible, los principales efectos de las altas temperaturas sobre el concreto:

- Cambio en la coloración: el cambio de tonalidades en el concreto está directamente relacionado con la temperatura al cual fue expuesto.
- Disminución de la resistencia a la compresión: a medida que es mayor la temperatura en el concreto, la resistencia en él decae, llegando a ser nula.
- Pérdida de sección: debido a la evaporación del agua retenida al interior del concreto, aumenta la presión en los poros, generando delaminación o pérdida de grandes partes del elemento.
- Afectación del acero de refuerzo: según estudios basados en la NFPA 251, la temperatura de colapso del acero de refuerzo al interior del concreto es de 538°C, la cual, en la mayoría de los casos puede alcanzarse fácilmente.

Para la rehabilitación de estructuras de concreto afectadas por el fuego según lo dispuesto en el ACI 562, se deben implementar los siguientes pasos:

Paso 1

Identificar los efectos causados por el fuego sobre los materiales mencionados anteriormente, mediante ensayos de laboratorio como: la extracción de núcleos o la apertura de regatas, con el fin de observar el estado hacia el interior de la estructura y demás daños no apreciables superficialmente.

Paso 2

Realizar un diagnóstico estructural a través del análisis de modelos computacionales y memorias de cálculo, teniendo en cuenta los resultados de los ensayos del paso 1, permitiendo visualizar el estado actual de la estructura, en cuanto a la distribución de cargas, diagramas de momentos y cortantes, y cualquier cambio de esfuerzos.

Paso 3

Desarrollar el diseño de la intervención, la cual, debe contener toda la preparación previa (apuntalamiento) y los ciclos de ejecución de la rehabilitación.

Paso 4

Realizar un saneado en toda la superficie a intervenir, que incluya la remoción de todo lo afectado por el fuego. Dependiendo de los resultados del diagnóstico estructural y de la profundidad de los daños, se remueve parcial o totalmente el concreto, dejando intacto el acero de refuerzo, siempre y cuando no se afecte durante el proceso de remoción del concreto y no posea pérdidas de sección ni de forma (por golpes u óxido).

Paso 5

Se repara la estructura reemplazando el acero en mal estado y fundiendo nuevo concreto, donde lo removido haya sido superior al recubrimiento, de lo contrario pueden usarse morteros de reparación estructural, lo cual se debe consultar previamente con el diseñador estructural.

Paso 6

Según el estado de la estructura, se deben plantear medidas de reforzamiento, como puede ser el recrecimiento de la sección transversal con aumento de la cuantía de acero o reforzamiento con estructuras o materiales externos, como lo pueden ser rigidizadores metálicos o fibras de carbono que cumplan con la normativa peruana vigente (por ejemplo, para el caso de España: NSR-10).

Paso 7

Por último, con el fin de darle un acabado duradero a la estructura, se determinan medidas de protección, como lo son los recubrimientos intumescentes o sistemas de rociadores; los cuales, pueden obedecer a necesidades estructurales o arquitectónicas, pero en cualquier caso siguiendo lo estipulado sobre la resistencia de los materiales al fuego en la ACI 216.

Anexo 3

Propuesta de ignifugación de estructuras metálicas en el mantenimiento de infraestructura pública en Iquitos

“La resistencia al fuego requerida sobre elementos de acero se determina en base al tipo de edificio y el uso del mismo. Las tablas que establecen la resistencia se encuentran en:

- CTE-DBI (Código Técnico de la Edificación – Documento Básico de seguridad contra Incendios) y
- RSCIEI (Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales).

Para escoger la mejor solución de ignifugado de estructuras de acero es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos: Temperatura crítica, factor de forma. Conocidos estos conceptos se puede determinar el espesor necesario a aplicar del revestimiento que vamos a ignifugar, para lo cual es necesario seguir los siguientes pasos:

- a. Determinar la resistencia al fuego que dicta el CTE o el RSCIEI, en función del tipo de edificio.
- b. Establecer la Temperatura Crítica
- c. Definir la masividad del perfil mediante el uso de tablas normalizados o mediante cálculo.
- d. Determinar el espesor en base a las tablas de cada producto.

Las estructuras de acero, en caso de ser requerido, suelen protegerse contra incendios mediante el uso de un mortero ignífugo o de pintura intumescente para estructuras metálicas.

Morteros ignífugos

La mayoría de las estructuras de acero, que reciben *protección pasiva contra incendios* utilizan morteros en base yeso o cemento.

Los morteros ignífugos crean una capa de espesor de entre 1 a 5 cm (en función de la resistencia requerida). Se utilizan en estructuras que permanecen ocultas, como vigas o columnas; y, se aplican con equipamiento de proyección neumática. Además, contienen minerales como *la perlita o la vermiculita*, que aportan un elevado aislamiento térmico. En Europa Argos ofrece dos tipos de mortero para protección de estructuras, (Certificaciones: Marcado CE del producto y Ensayos según Normativa Europea EN 13381-4): Mortero Perlifoc y Mortero Perliwool. (Ignifugaciones Argos, s.f.)

Mortero Perlifoc: Producto en base a yeso que está destinado a la protección pasiva contra incendios de elementos estructurales de acero (pilares, vigas y secciones huecas). Este sistema de ignifugación de edificios y naves industriales proporciona una resistencia al fuego de hasta 240 minutos (R 240). Perlifoc también se puede usar para la protección sobre elementos de forja. Temperatura crítica 350°C. (Ignifugaciones Argos, s.f.)

La aplicación de Perlifoc en acero se realiza por vía húmeda mediante máquina de proyección tipo mezcladora y compresor. También puede aplicarse manualmente en zonas de actuación pequeñas o para la reparación de golpes; en estos casos se recomienda el uso de malla. Además, se recomienda el uso de la malla en alas de vigas de ancho superior a 500mm, en pilares donde tan solo se proyecta una cara, en perfiles metálicos de forma cuadrada o rectangular, y en pilares sujetos a deformaciones elevadas. (Ignifugaciones Argos, s.f.)

El soporte donde realizar la imprimación deberá estar seco y limpio de grasa, polvo y suciedad. Cuando éste no ofrezca las suficientes garantías de adherencia, se deberá colocar una malla o puente de unión antes de proyectar. (Ignifugaciones Argos, s.f.)

Las temperaturas de aplicación debe estar comprendida entre los 3 y 30 °C. La temperatura del sustrato durante la aplicación debe ser por lo menos 3°C sobre el punto de rocío. (Ignifugaciones Argos, s.f.)

En cuanto al acabado del mortero Perlifoc, éste es blanco (en el mercado también está disponible en otros colores con pinturas que dispongan de ensayo de reacción al fuego) y tiene un acabado de aspecto rugoso, pero puede ser alisado.

Ignifugaciones Argos recomienda las siguientes imprimaciones: Barton Fosfato Zinc. Barton Fosfato de Zinc AQUA. Wapox Fosfato de Zinc. Carbomastic 15 LT. Carbozinc 11. Carboguard 6º. Carboguard 893 / 893 SG. (Ignifugaciones Argos, s.f.)

Mortero Perliwool: Mortero proyectado en base seca, compuesto de lana mineral y perlita con cemento como único ligante hidráulico. Este mortero se utiliza principalmente para la protección pasiva contra incendios de elementos estructurales. (Ignifugaciones Argos, s.f.)

La aplicación de Perliwool se realiza directamente por proyección neumática, mediante máquina de proyección por vía seca, sobre los elementos a proteger. El soporte deberá estar seco y limpio de grasa, polvo y suciedad. En el caso en que el perfil a proteger tenga una suciedad extrema como grasa, aceites, restos de pintura, y que no se puedan eliminar con facilidad se hace necesaria la utilización de promotores o elementos mecánicos para la mejora de adherencia. (Ignifugaciones Argos, s.f.)

La temperatura de aplicación de Perliwool debe estar comprendida entre los 3 y 30°C. La temperatura del sustrato durante la aplicación debe de ser por lo menos 3°C sobre el punto de rocío.

En cuanto al acabado, el mortero Perliwool, tiene un aspecto rugoso y también una textura monolítica. En caso de ser necesario, es posible conseguir acabados diferentes realizando un ligero alisado con talocha o rodillo. Además, se puede realizar la aplicación de una capa de pintura adecuada para conseguir tonalidades diferentes (Perliwool está disponible en color blanco y verde grisáceo). (Ignifugaciones Argos, s.f.)

Anexo 4

Panel fotográfico



Vista panorámica de la estructura



Vista panorámica de la estructura



Estado de corrosión avanzando de los tijerales metálicos





Vista de la armadura metálica frontal de la estructura en estado de corrosión





Vista de la armadura metálica lateral de la estructura en estado de corrosión



Columna 1



Column 2



Viga 1



Viga 2



Levantamiento topográfico de la estructura



Extracción de la muestras de las columnas 1 y 2



Extracción de las muestras de las vigas 1 y 2

Anexo. Matriz de consistencia

Título: Evaluación de la degradación y propuesta de mantenimiento de la edificación pública de “Produce, Iquitos” – Perú, 2021.					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
Problema General ¿Cuáles son los efectos de deterioro que se manifiestan en una edificación debido a la acción de agentes medioambientales, la edad y el uso, que permitan definir, establecer y proponer las medidas preventivas y/o correctivas en una edificación de infraestructura productiva para que la conserven en estado de servicio durante su vida útil?	Objetivo General Identificar y describir los efectos de deterioro que se manifiestan en una edificación debido a la acción de agentes medioambientales, la edad y el uso, para definir, establecer y proponer las medidas preventivas y/o correctivas en una edificación de infraestructura productiva para que la conserven en estado de servicio durante su vida útil.	Hipótesis General H: La profundidad de carbonatación en los elementos estructurales de concreto armado y el nivel de corrosión en la estructura metálica del edificio de Produce Iquitos, indica un deterioro superficial y leve que resulta apropiado y oportuno formular y ejecutar un Plan de Mantenimiento para su recuperación y puesta en servicio.	Variable independiente X: Degradación de la edificación de Produce – Iquitos al año 2021.	Acciones degradantes. Tipología de daños. Elementos principales de la edificación que requieren mantenimiento. Estructuras que pueden deteriorarse. Acciones correctivas y preventivas para alargar la vida útil.	Tipo de Investigación: Descriptiva Diseño de Investigación: Esquema: M O Donde: M: Muestra O: Observaciones
Problemas específicos 1. ¿Cómo es el proceso de control existente de las edificaciones en uso? 2. ¿Cuáles son los principales elementos componentes de una edificación típica de la infraestructura	Objetivos Específicos 1. Describir el proceso de control de las edificaciones en uso, explicando por qué se dan las acciones degradantes, y cuáles son los diferentes tipos de daños que se pueden presentar, estableciendo su naturaleza, importancia y frecuencia. 2. Identificar los principales elementos componentes de una edificación típica de la	Hipótesis específicas No se requiere su formulación	Variable Interviniente Z:		

productiva del Gobierno Regional de Loreto (GOREL) que requieren de mantenimiento preventivo y correctivo y la frecuencia con que debe dársele? 3. ¿Cuáles son las principales estructuras que pueden deteriorarse o fallar según su importancia para el uso normal de la edificación de Produce Iquitos? 4. ¿Cómo se presentan los diferentes deterioros y daños, de la estructura física de la edificación existente en la infraestructura de Produce Loreto, Iquitos – Perú para establecer las acciones correctivas y preventivas que permitan alargar su vida útil? 5. ¿Cómo son los elementos priorizados que han sido considerados en el	infraestructura productiva del GOREL que requieren de mantenimiento preventivo y correctivo y la frecuencia con que debe dársele. 3. Identificar las principales estructuras que pueden deteriorarse o fallar según su importancia para el uso normal de la edificación de Produce Loreto. 4. Diagnosticar los diferentes deterioros y daños a partir de una inspección visual de la estructura física de la edificación existente en la infraestructura de Produce Iquitos – Perú para establecer las acciones correctivas y preventivas que permitan alargar su vida útil.		Propuesta de Plan de mantenimiento de la edificación pública de Produce Iquitos al año 2021.	Elementos del Plan de Mantenimiento existente. Elementos del Plan de Mantenimiento propuesto. Patología de edificación en Loreto. Estructura de Plan de Mantenimiento general para edificaciones del GOREL.	
---	---	--	---	---	--

Plan de mantenimiento preventivo y correctivo existente, de la edificación de Produce Iquitos?	5. Inventariar, evaluar y priorizar los elementos considerados en el Plan de Mantenimiento preventivo y correctivo existente, de la edificación de Produce Iquitos.				
6. ¿Cómo debe ser el Plan de Mantenimiento preventivo / correctivo para el Módulo de la edificación de Produce Loreto, sito en Ramírez Hurtado – Iquitos, que pueda servir de modelo para que el GOREL pueda emularlo?	6. Diseñar un Plan de Mantenimiento preventivo / correctivo para el Módulo de la edificación de Produce Iquitos, sito en Ramírez Hurtado – Iquitos, que pueda servir de modelo para que el GOREL pueda emularlo.				
7. ¿Cómo se podría identificar las principales fallas y deterioros que se darían como patología de una edificación en Loreto, que permita llevar un control de componentes de ésta?	7. Elaborar un método que permita identificar las principales fallas y deterioros que se darían como patología de una edificación en Loreto, que permita llevar un control de componentes de ésta.				
8. ¿Cuál sería la estructura de Plan de Mantenimiento General para su implementación en las edificaciones del GOREL?	8. Establecer una estructura de Plan de Mantenimiento General para su implementación en las edificaciones del GOREL.				