



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Importancia del mantenimiento en
proyectos de infraestructura en la
CDMX.**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Misael Andrés Galván

DIRECTOR(A) DE TESIS

M.I. Sergio Macuil Robles



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Importancia del mantenimiento en proyectos de infraestructura en la CDMX.

Índice

Objetivo General	3
Objetivo Especifico	4
Resumen.....	4
Introducción:	5
1.-Antecedentes.	6
1.1.- Definición de infraestructura.	6
1.2.- Tipos de infraestructura.....	7
1.3.- Problemática actual de la infraestructura en la CDMX.....	9
1.4.- Marco normativo para el desarrollo de infraestructura en la CDMX.	12
2.- Marco teórico.....	14
2.1.- Tipos y clasificación de los proyectos.....	14
2.2.- Esquema financiero para el desarrollo del mantenimiento.	17
2.3.- Normatividad aplicable para Mantenimiento en la CDMX.....	20
3.- Tipos de Mantenimiento en proyectos de infraestructura.	23
3.1.- ¿Qué es un mantenimiento?.....	26
3.2.- Importancia del mantenimiento.	27
3.3.- Mantenimiento preventivo.	29
3.4.- Mantenimiento correctivo.	30
3.5.- Mantenimiento predictivo.	32
4.- Propuesta para elaborar el mantenimiento en obras infraestructurales en la red de agua potable de la CDMX.....	33
4.1.- ¿Cómo funciona una red de abastecimiento de agua potable?	34
4.2.- Mantenimiento de los componentes de la red de AAP en la CDMX.....	38
5.- Conclusiones.....	42
6.- Referencias bibliográficas.....	44

Agradecimientos

A mis padres quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía y trabajo duro para poder conseguir cualquier cosa que anhele en la vida, además de enseñarme a no temerle a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Mis hermanos Gustavo Alberto y Sandra Pilar por su cariño, apoyo incondicional, motivación, y consejos durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias, siempre confiar en mí.

Mis padres Alfonso Segundo y Julia Cruz porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona, para no rendirme hasta poder cumplir esta meta.

De igual manera, mis agradecimientos a la Universidad Nacional Autónoma de México , a la Facultad de Ingeniería , a todos mis docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero agradecer a mi tutor por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados al M.I. Sergio Macuil Robles, por compartirme sus conocimientos durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Objetivo General

Realizar un análisis de la infraestructura desarrollada en la Ciudad de México, para la implementación de un plan de mantenimiento, tomando como base el estudio y comprensión de los tipos de mantenimiento.

Objetivo Especifico

- Ampliar los conocimientos sobre mantenimiento y reparaciones para las obras civiles, considerando la información disponible en medios electrónicos e impresos.
- Diferenciar entre las acciones de reparación y mantenimiento para una estructura civil, mediante diversas fuentes bibliográficas y casos de estudio.

Resumen

En esta tesis se integra un estudio general que aborda los distintos tipos de mantenimiento que existen para cualquier obra infraestructural desarrollada, donde se explica en que consiste cada uno de estos, para que así se pueda recomendar un plan de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Esta tesis también aborda comparativas entres el uso de cada tipo de mantenimiento para conocer las ventajas y desventajas de estos, así mismo se darán una serie de recomendaciones para el uso adecuado del que se elija tomando como ejemplo la red de agua potable de la Ciudad de México y el plan utilizado para el mantenimiento de esta.

Introducción:

La infraestructura juega un papel fundamental para la sociedad antigua y actual ya que eso representa un avance en la calidad de vida de todos los habitantes de la zona, por lo cual es importante hacer conciencia sobre la importancia del mantenimiento preventivo y predictivo para no tener que llegar a realizar mantenimiento correctivo tiempo antes de la vida útil de la obra y que este solo sea en casos extremos y realmente necesarios. Esto ha posibilitado que se desarrollen amplios estudios e investigaciones sobre el mantenimiento de edificaciones, debido a que se ha demostrado su gran importancia para la conservación.

El tema se estudiará desde la perspectiva de la ingeniería civil para conocer la importancia sobre este tema, se recopiló información que llevara al mismo punto donde le dan relevancia a esta cuestión y para poder compartir ideas del tema abordado y después de ver el gran déficit en las obras infraestructurales de importancia y los grandes problemas que se tienen en estas, debido a un nulo mantenimiento, lo cual pone en riesgo al usuario.

Es importante que independientemente, de si una intervención o revisión del inmueble se haya planificado o no, ésta se registre en una base de datos o bitácora, para así generar registros históricos de mantenimiento dando hincapié al uso del mantenimiento predictivo y conocer el estatus de la obra para poder tener conciencia de los tiempos de vida de cada componente y poder darle el servicio correspondiente a cada uno.

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.

1.-Antecedentes.

El paso de los años nos ha demostrado que para lograr una correcta conservación de las propiedades realizadas por el ser humano es necesario tener y/o tener contemplado un procedimiento o normas a seguir para poder lograrlo. Dando hincapié a poder obtener y realizar una serie de investigaciones sobre el mantenimiento de las edificaciones ya que es necesario conservar su historia y la relevancia de estos ya sea por su antigüedad o por la función que desempeñan en la sociedad. (Fernández, Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios., 2007)

Es por esto que muchos autores han enfatizado en la verdadera importancia de este tema. Para esto se ha estudiado sobre los principales conceptos que este término incluye como son: vida útil de las edificaciones, los costos de mantenimiento, así como las ventajas que se producen al aplicarse un programa de mantenimiento ya sea preventivo, correctivo o predictivo. (Fernández, Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios., 2007)

La necesidad imperante de proteger las edificaciones para que estas cumplan de manera óptima la o las funciones para las que fueron creada y al mismo tiempo resuelva una o más necesidades de la sociedad, ha hecho posible que el mantenimiento sea hoy un tema esencial en la producción de nuevos proyectos. (Fernández, Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios., 2007)

1.1.- Definición de infraestructura.

La infraestructura es el conjunto de servicios, medios técnicos e instalaciones que permiten el desarrollo de una actividad. La palabra infraestructura proviene del latín infra (“debajo”) y structus (“construido”), y por ello se utiliza este término para referir a una estructura que sustenta a otra, actuando como su base. (Equipo editorial, Etecé, 2020)

En su uso más frecuente, la infraestructura comprende el conjunto de obras públicas, instalaciones, instituciones, sistemas y redes que sostienen el funcionamiento de ciudades, países y otras formas de organización social. (Equipo editorial, Etecé, 2020)

Como ejemplos de infraestructura, existen: los sistemas de telecomunicaciones, las centrales eléctricas, las escuelas, las instituciones financieras, los hospitales, los aeropuertos, los puentes, las represas, las redes de distribución de agua potable y de energía, el manejo de desechos, las vías navegables, los puertos, los ferrocarriles, las carreteras, el control del tránsito automotor, los parques industriales y las instalaciones militares de un país. (Equipo editorial, Etecé, 2020)

La palabra infraestructura se convirtió en un concepto importante para el pensamiento marxista. Para esta corriente, la infraestructura es la base material de una sociedad: el conjunto de los procesos económicos, las fuerzas productivas y las relaciones de producción que crean y sustentan la superestructura de una sociedad. (Equipo editorial, Etecé, 2020)

De acuerdo con el marxismo, la superestructura es el conjunto de elementos jurídicos, políticos e ideológicos que caracterizan a una sociedad determinada. Esta superestructura surge de la infraestructura y depende de ella. (Equipo editorial, Etecé, 2020)

La forma de producción de una sociedad (infraestructura) dará como resultado distintas ideologías, creencias, leyes y expresiones culturales (superestructura). (Equipo editorial, Etecé, 2020)

1.2.- Tipos de infraestructura.

Mundialmente y específicamente para los países de interés de la región de América Latina y el Caribe, la infraestructura se puede dividir en las siguientes categorías:

- **Infraestructura física:** Está conformada por instalaciones que unen puntos de interés (ciudades, puertos, carreteras, escuelas, hospitales.) y ayudan a proveer los servicios básicos que necesitan las ciudades o poblaciones para su buen funcionamiento. (López, 2018)

En esta clasificación se pueden encontrar los sistemas aéreos y terrestres como redes de caminos, redes ferroviarias; También se encuentran los servicios públicos como las redes de energía eléctrica, agua potable, servicios de comunicación, saneamiento, puertos, así como las redes de alcantarillado, gaseoductos y todo lo necesario para su producción y distribución. (López, 2018)

- **Infraestructura Social:** Son instalaciones cuyo objetivo es elevar la calidad de vida de las personas, la cantidad de empleos disponibles, la producción y el consumo. Esta sección incluye obras como hospitales, parques, centros comerciales, librerías, edificios para el entretenimiento, edificios educativos. (Equipo de redactores de Arkiplus.com, 2020)

A su vez y de forma más puntual, la infraestructura se puede subdividir según el sector comercial o productivo del que se hable, pudiéndose clasificar de las siguientes maneras:

- **Infraestructura de Educación:** Está compuesta por los servicios y espacios que permiten el desarrollo de las tareas educativas, conformando ambientes para la enseñanza y promotores de aprendizaje. Esta abarca instalaciones como escuelas, universidades. (López, 2018)
- **Infraestructura de Salud:** Está conformado por las instalaciones y espacios necesarios para proporcionar servicio médico y de salud a la población. En esta categoría se encuentran las clínicas, hospitales. (López, 2018)
- **Infraestructura de Vivienda:** Son instalaciones y espacios donde pueda habitar la población y que cuentan con los servicios básicos (agua, alumbrado, áreas verdes.) para que se desarrollen en un entorno adecuado. Algunos ejemplos son las casas, edificios de departamentos. (López, 2018)

- **Infraestructura de Turismo:** Está constituido por los bienes y servicio que constituyen la base organizacional y física para el desarrollo del turismo y está conformada por redes de transporte, servicios para actividades culturales, alojamiento, gastronomía. (López, 2018)
- **Infraestructura Energética:** Son las instalaciones y espacios necesarios para la generación, almacenamiento y distribución del sector energético como gas natural, petróleo, energía eléctrica. Algunos ejemplos de estos son las redes de distribución, refinerías, plantas hidroeléctricas, plataformas petroleras. (López, 2018)
- **Infraestructura Hidráulica:** Está compuesto por los servicios y espacios relacionados con el manejo del agua tales como pozos de extracción, recarga de acuíferos, alcantarillado, drenaje, plantas de tratamiento, almacenamiento. (López, 2018)
- **Infraestructura de Comunicaciones:** Está conformada por las vías, servicios, redes e instalaciones que permiten la comunicación directa o indirecta tales como carreteras y autopistas, aeropuertos, ferrocarriles y transporte masivo, servicio de telecomunicación, puertos. (López, 2018)

1.3.- Problemática actual de la infraestructura en la CDMX.

La calidad de la infraestructura en México no es la esperada por la sociedad, al menos así lo demuestra la caída de cinco lugares que el país registró en el Índice de Competitividad en Infraestructura del Foro Económico Mundial 2017-2018, en el que bajó a la posición 62. (Peña, Nuevo gobierno, nuevos retos en infraestructura, 2018)

México presenta serios rezagos en materia de infraestructura. Nuestro país tiene un potencial muy grande, pero al mismo tiempo presenta una mala admiración de los recursos para poder explotar de manera correcta los insumos. (Peña, Construyendo la competitividad en México, 2018)

El gobierno actual ha comenzado ya a dar algunas señales sobre cuáles serán los proyectos de infraestructura a los cuales piensa apostar (refinerías, el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México -NAICM-, el Tren Maya, entre otros), sin embargo, deberá de ser muy preciso al definir el mejor esquema para desarrollarlos, ya que un buen proyecto ejecutado por el esquema equivocado puede ser un desastre. (Peña, Nuevo gobierno, nuevos retos en infraestructura, 2018)

Los obstáculos para abatir los rezagos en infraestructura y resolver los problemas ocasionados por malas prácticas son múltiples. El primero y más evidente es la necesidad de aumentar la inversión en la materia. Aun cuando durante los últimos años la inversión física ha alcanzado máximos históricos, las necesidades todavía exceden por mucho los montos observados. (México G. d., 2020)

Durante los últimos años se ha registrado una drástica reducción de la inversión pública. Ésta pasó de 6% del PIB en 2009 al 2.8% del PIB en 2019. (CMIC, 2020)

En el 2020, la inversión pública continúa cayendo como consecuencia del Covid-19 y otros factores como un inoportuno ejercicio del gasto que puede derivar en subejercicios y reducciones presupuestales). Específicamente, la inversión pública en construcción será de tan sólo 2.2% del PIB. La inversión total de los proyectos equivale a 1.5% del PIB, sin considerar su efecto multiplicador en el resto de la economía. (CMIC, 2020)

La inversión en infraestructura como proporción del PIB registra un mínimo histórico justo cuando más se requiere detonar la inversión para reactivar la economía. En el año 2021, difícilmente las finanzas públicas tuvieron un margen para incrementar la inversión pública, debido al impacto negativo del Covid-19, así como a las fuertes presiones del gasto público irreductible. (CMIC, 2020)

En ese contexto, es necesario generar fuentes alternativas de financiamiento de infraestructura, aprovechando responsablemente diversas modalidades de asociación

público-privada (APP) con estrictos principios de transparencia y rectoría del Estado. (CMIC, 2020)

En el documento presentado por la CMIC a la Conferencia Nacional de Gobernadores (Conago) se ofrece una propuesta de esquemas financieros para fortalecer la inversión en infraestructura, a fin de contribuir a la reactivación de la economía. (CMIC, 2020)

Debido a que la población de los países siempre está en crecimiento, la relación oferta – demanda de infraestructura varía, es por esto que para que exista un crecimiento equitativo, la infraestructura siempre debe de estar en desarrollo mediante alguna de las siguientes formas:

- Por construcción: Implica generar nueva infraestructura para satisfacer la demanda existente. (López, 2018)
- Por ampliación, adecuación y mantenimiento: Se realiza para infraestructura ya existente, donde es necesario aumentar su capacidad, implementar nuevas tecnologías o realizar servicios de mantenimiento para evitar que disminuya su eficiencia y capacidad. (López, 2018)

Por lo antes mencionado, se concluye que el desarrollo o la inversión en infraestructura aumenta la organización de un país, su comunicación (en su interior y con el extranjero) y posibilidades de comercio, es por esto que se le denomina un impulsor para el desarrollo de la economía de un país, ya que es fundamental para la producción y generación de riqueza. En este sentido destaca la infraestructura de Comunicaciones, Hidráulica, Energética y Social que son detonadores de inversión y por lo tanto de crecimiento económico. (López, 2018)

1.4.- Marco normativo para el desarrollo de infraestructura en la CDMX.

La normatividad en México está constituida por una serie de normas que tiene como objetivo el asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo entre personas morales y/o físicas, sobre todo los de uso extenso y fácil adquisición por el público en general, poniendo principal atención a un público no especializado en la materia. (Secretaría de Economía, 2016)

Dependiendo del giro de una entidad productiva o del destino de la edificación que se tenga, en la Normatividad Mexicana podemos encontrar una serie de normas cuyo objetivo es asegurar valores, equipamiento, cantidades y características para el diseño, producción y/o servicio de los bienes de consumo. (Secretaría de Economía, 2016)

Para estas actividades existen dos tipos de normas básicas en la legislación mexicana, las normas oficiales mexicanas “NOM” y las normas mexicanas “NMX”, de las cuales, solo las “NOM” son obligatorias y las segundas sólo expresan recomendaciones de parámetros y/o procedimientos que, si son mencionados e incluidos como parte de una “NOM”, su observancia es a su vez obligación. (Secretaría de Economía, 2016)

Las Normas Mexicanas por sus siglas conocidas como normas NMX, creadas en el Art. 3 Frac. X de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización que dice:

“Artículo 3, Fracción X. Norma mexicana: la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.”

Las normas mexicanas (NMX) son documentos donde se especifican las características que los productos tienen en función de sus cualidades y los métodos de prueba que determinan esas características permitiendo definir diferentes grados de calidad. Por lo

cual permite que los productos se puedan diferenciar claramente en el mercado y permite la transparencia en las operaciones comerciales tanto a nivel nacional como internacional. (Secretaría de Economía, 2016)

De igual forma, la organización “ISO” elabora normas y guías internacionales de aplicación voluntaria conciliando los intereses de usuarios, fabricantes, comunidades científicas y gobiernos. (Secretaría de Economía, 2016)

Estas normas en general tienen aplicación para todos los campos, con excepción de la normalización en tecnología eléctrica y electrónica. (Secretaría de Economía, 2016)

Convenientemente es en su momento aplicar la normatividad vigente que sea aplicable, tanto a los procedimientos de mantenimiento establecidos en sus manuales, como a las referencias que cada fabricante de equipos o sistemas recomiende en los mismos manuales. (Secretaría de Economía, 2016)

Uno de los marcos normativos a resaltar además de lo mencionado anteriormente, pero no menos importante es la ley de obra pública la cual hace mención en su artículo 1 lo siguiente:

ARTICULO 1o.- La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto regular las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, gasto, ejecución, conservación, mantenimiento y control de las adquisiciones y arrendamientos de bienes muebles; la prestación de servicios de cualquier naturaleza; así como de la obra pública y los servicios relacionados con la misma. (LEÓN, 2000)

2.- Marco teórico.

Un proyecto es un conjunto de propósitos de acciones organizadas de manera metodológica, que busca dar una solución inteligente a un problema o necesidad planteada. Estas acciones nos permiten estimar las ventajas o desventajas económicas derivadas de la asignación de recursos para su realización. (Mercado, 2007)

El proyecto por definición tiene un carácter temporal (una fecha de inicio y término determinado) para crear un producto o servicio único, así mismo, el alcance, el presupuesto y el recurso asignado para el logro de los objetivos. Único quiere decir que el producto o servicio es diferente de alguna manera distintiva de todos los proyectos o servicios similares. (Mercado, 2007)

La elaboración de un proyecto tiene como finalidad principal, el justificar el empleo de los recursos en una determinada inversión, y demostrar que es en ella en la que existen menos riesgos frente a otras opciones potenciales de utilización de los mismos; es decir, presenta el costo de oportunidad de un proyecto en relación con otros. (Mercado, 2007)

2.1.- Tipos y clasificación de los proyectos.

Los proyectos se clasifican en siete grupos principalmente, sin embargo, antes se deben de ordenar de acuerdo al tipo de inversión se tienen y en este caso son tres tipos, en primera instancia se mostrarán los tipos de inversión más comunes en México.

Tipos de inversión en proyectos infraestructurales:

- ♣ **Públicos:** Estos son realizados por instituciones del gobierno con presupuestos provenientes de dinero público. Forman parte de los programas y planes de desarrollo económico y social de los distintos organismos de la administración pública.

♣ Privados: Son realizados por personas físicas o jurídicas empleando recursos privados y/o créditos. Son proyectos que tienen, en general, objetivo de rentabilidad.

♣ Mixtos: Son proyectos promovidos y realizados coordinadamente entre los sectores público y privado.

Una vez teniendo como base los tres tipos de proyectos que se tienen de acuerdo a los tipos de inversiones explicadas anteriormente, estos se pueden clasificar en siete grupos los cuales tienen como objetivo el poder solucionar una problemática o mejorar el estándar de vida de la sociedad o país, las clasificaciones son las siguientes:

1. **Carreteras, calles y vías:** Las carreteras, calles y vías son tipos comunes de proyectos de infraestructura. Si bien las calles y carreteras suelen ser proyectos de reparación, no son menos complejos logísticamente que otros proyectos de infraestructura. Y como resultado de ello, los proyectos de reparación pueden incluir la repavimentación de calles.
2. **Puentes:** Los puentes son una parte importante de los proyectos de infraestructura. El 4% de los puentes en las carreteras se consideran deficientes desde un punto de vista estructural. Sin embargo, que sean estructuralmente deficientes no significa que sean inseguros. La mayoría de estos solo necesitan reparaciones, pero una intervención de esta naturaleza puede convertirse en una gran obra.
3. **Transporte público, aeropuertos y vías aéreas:** Un área de los proyectos de infraestructura que está creciendo es la renovación de los aeropuertos. Muchos de los proyectos de infraestructura más grandes de un país son la reconstrucción y modernización de aeropuertos. Un gran número de estos no se han remodelado en años y necesitan una renovación.
4. **Abastecimiento de agua y recursos:** El suministro de agua potable y los recursos hídricos son fundamentales para la vida de cualquier ser humano. De acuerdo al

lugar en el que se viva y las leyes locales, muchos de los proyectos de infraestructura de agua tienen el objetivo de mejorar los servicios de distribución de agua y la resistencia a la sequía.

5. **Tratamiento de residuos sólidos y aguas servidas:** El tratamiento de residuos sólidos y aguas servidas son proyecto de gran relevancia para cualquier ciudad derivado de los tiempos que se viven actualmente. Es lo que mantiene a los ciudadanos seguros. El transporte seguro de los residuos provenientes de las áreas residenciales y comerciales mantiene limpias nuestras ciudades.
6. **Telecomunicaciones:** Las telecomunicaciones permiten que el mundo esté interconectado. Como resultado, los proyectos de infraestructura en torno a este servicio son esenciales. Hay algunas áreas que tienen acceso limitado a las diferentes formas de comunicación a distancia, mientras que otras zonas tienen estos servicios congestionados. En general, estos ámbitos se benefician de los proyectos de infraestructura que facilitan la comunicación a nivel mundial.
7. **Generación y transmisión de energía:** Estos proyectos de infraestructura incluyen la generación y transmisión de energía. Los cuales abarcan la construcción de centrales eléctricas, hidrocarburos como fuentes de energía para movilidad. También, comprenderán las instalaciones y estructuras necesarias para almacenar y transmitir energía. Estas edificaciones son muy importantes para la infraestructura de cualquier país, por lo que su construcción es vital.

Cabe recalcar que actualmente se tiene un total de 183 proyectos nuevos derivados del actual gobierno, estos se encuentran divididos de una manera no uniforme dentro de las siete clasificaciones mencionadas, los proyectos se reparten de la siguiente manera tiendo

un total de: 114 ya están en ejecución, 4 serán licitados y 65 de reinversión, quedando distribuidas a lo largo y ancho del país como se muestra en la Figura 1:



Figura 1. Totalidad de Proyectos de México en sexenio 2018-2024 (Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, 2021)

2.2.- Esquema financiero para el desarrollo del mantenimiento.

Para realizar un esquema financiero donde un porcentaje del valor total de la obra este destinado a un plan de mantenimiento se deben tomar en cuenta los mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos y el costo de oportunidad para aplicar cada uno de estos, con el propósito de seleccionar el método menos costoso para atender las necesidades de cada proyecto desarrollado, la magnitud e importancia se verá reflejado de manera directamente proporcional en el costo del mantenimiento que se va a realizar. (Vidal, 2021)

El mantenimiento correctivo puede llegar a ser cinco veces más costoso que el mantenimiento preventivo. El administrador del inmueble que se va a inspeccionar, sin importar la índole de este, debe tener en cuenta los tiempos y forma del mantenimiento preventivo y correctivo que se le brindara a dicho inmueble, porque, si bien es cierto, el

costo de reparar anticipadamente para una falla menor o sí que esta se presente, esta será significativamente un gasto menor, sin embargo, más frecuentemente a que se realice una inversión mayor para que obra opere correctamente. (Vidal, 2021)

Para llevar a cabo un sistema de planificación se debe crear los procedimientos y herramientas necesarios para medir el comportamiento del inmueble. 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 obra infraestructura desplantada para satisfacer una necesidad de la sociedad y de esta forma tener lapsos de vida útil mucho más largos para cubrir sus necesidades de conservación, así poder estimar la cantidad y monto requeridos para dar mantenimiento a cada obra dependiendo del costo total de esta. (Salazar, 2009)

Un plan de mantenimiento se refiere a establecer procedimientos normalizados para administrar las acciones, ya sean preventivas o correctivas de un inmueble o grupo de éstos, con el propósito de atender mejor las necesidades que presentan los elementos componentes de un edificio. Para que el plan sea efectivo, debe ser continuo. El comportamiento de los sistemas de los proyectos infraestructurales y equipo deben ser monitoreados y documentados continuamente. Los registros de mantenimiento proporcionan continuidad y dirección. (Matulionis & Freitag, 1990).

Actualmente en México los proyectos que más se desarrollan son a base de concreto reforzado, como edificios, puentes, carreteras, bajo puentes, entre otras, a manera de ejemplo se coloca una lista mostrada en la figura 2 de los periodos de tiempo en los que se tiene que revisar los aspectos de dichas obras para que estas puedan tener una vida útil mucho mayor a la esperada, siendo eficiente y eficaz a la hora de cumplir el propósito por el cual fue creada.

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	1 año	Revisión general del estado de conservación de los diferentes elementos estructurales de concreto reforzado del edificio (columnas y vigas), se revisa la aparición de fisuras, grietas, huecos, flechas, humedad, manchas, degradación química, suciedad, etc. (según sea el caso). En la mayoría de los casos se debe consultar a un experto sobre las causas de estos síntomas y las intervenciones por realizar.
	5 años	Revisar la resistencia del concreto. (Consultar a un experto).
	10 años	Inspección del recubrimiento del concreto de las barras de acero. (Consultar a un experto).
Renovar	5 años	Renovación de las juntas estructurales en las zonas de sellado que se encuentren deterioradas.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Columnas y Vigas (Corona, banquina, medianera)	<ul style="list-style-type: none"> - Grietas/Fisuras - Flechas (deformación) - Suciedad - Manchas - Focos de Humedad/Hongos. - Repello: grietas y fisuras, manchas, despegue u otros) - Acabados como revestimientos y enchapes: grietas y fisuras, suciedad, manchas, etc. - Pintura: abombamientos, despegues, manchas, desconchados. 	

Figura 2.- Guía de mantenimiento para estructuras de concreto reforzado. (Salazar, 2009)

Tomando como base lo mencionado anteriormente se debe tener un esquema financiero para que de este modo se pueda cumplir de una manera clara, precisa y puntual, por lo cual se debe tener un ciclo básico a aplicar a una obra infraestructural de cualquier índole como se muestra en la figura 3.

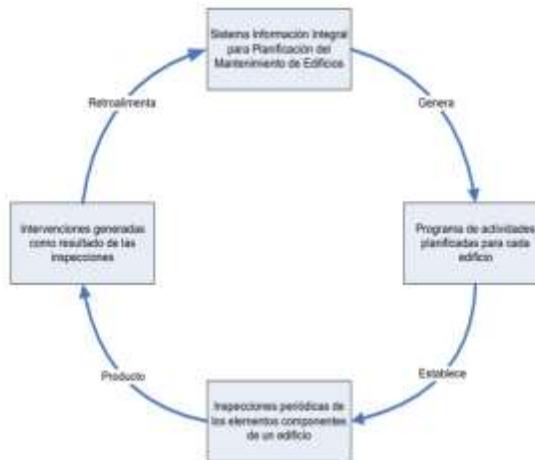


Figura 3.- Ciclo que debe seguir un plan de mantenimiento. (Salazar, 2009)

Una vez teniendo como base lo mencionado anteriormente tanto el tiempo como en forma para conocer el estado del inmueble, se debe tener en cuenta el presupuesto asignado para la cuestión del mantenimiento de la obra infraestructura que se tenga en cuestión. (Terrazas Pastor, 2009)

El presupuesto es una herramienta primordial para planificar las actividades y los gastos que conlleva el funcionamiento de una institución; la planificación del presupuesto es una actividad a-priori que trata de materializar en recursos financieros las actividades de una institución acorde a sus objetivos planteados. (Terrazas Pastor, 2009)

Existen variados conceptos sobre presupuestos, desde la más simple que se refiere a decir que presupuesto es “un cómputo anticipado de costos de obras y rentas”. Welch (1990), aproxima la siguiente definición: “Método sistemático y formalizado para lograr las responsabilidades directivas de planificación, coordinación y control.

Específicamente comprende el desarrollo y aplicación de:

- Objetivos generales y a largo plazo para la obra infraestructural.
- La especificación de las metas y vida útil del inmueble.
- Un plan de utilidades a largo plazo desarrollado en términos generales.
- Un plan de unidades a corto plazo detallado por responsabilidades pertinentes (divisiones, productos, proyectos).
- Un sistema de informes periódicos de resultados detallados por responsabilidades asignadas.
- Procedimientos de seguimiento.

2.3.- Normatividad aplicable para Mantenimiento en la CDMX

En la actualidad no existe una normativa que especifique de una manera clara el tiempo, forma o especificaciones que se le debe dar a una obra infraestructura de cualquier índole,

sin bien existen tablas que proponen un tiempo determinado para un cheque de acuerdo al tipo de material utilizado en dicho proyecto. (Maldonado, 2019)

Sin embargo, no está todo perdido ya que existen un total de 41 normas mexicanas vigentes emitidas por Secretaría del Trabajo y Previsión Social con la finalidad de apegarnos a estas así lograr una disminución de los riesgos de trabajo y se caracterizan por que se destinan a la atención de factores de riesgo, a los que pueden estar expuestos los trabajadores. (Maldonado, 2019)

Estas normas tienen como finalidad sembrar una idea los puntos a atacar para un mantenimiento preventivo para el inmueble utilizado para que este mantenga en las óptimas condiciones tanto para los trabajadores como para los usuarios ya que, si un trabajador se desempeña su trabajo de manera óptima, este podrá brindar un servicio de calidad. (SOCIAL, s.f.)

Dichas normas se agrupan en cinco categorías: de seguridad, salud, organización, específicas y de producto. Su aplicación es obligatoria en todo el territorio nacional. (SOCIAL, s.f.)

Normas de Seguridad:

Número	Título de la norma
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales e instalaciones
NOM-002-STPS-2010	Prevención y protección contra incendios
NOM-004-STPS-1999	Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-005-STPS-1998	Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-009-STPS-2011	Trabajos en altura
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión y calderas
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática
NOM-027-STPS-2008	Soldadura y corte
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de instalaciones eléctricas
NOM-033-STPS-2015	Trabajos en espacios confinados
NOM-034-STPS-2016	Acceso y desarrollo de actividades de trabajadores con discapacidad

Normas de Salud:

Número	Título de la norma
NOM-010-STPS-1999	Contaminantes por sustancias químicas
NOM-010-STPS-2014	Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral
NOM-011-STPS-2001	Ruido
NOM-012-STPS-2012	Radiaciones ionizantes
NOM-013-STPS-1993	Radiaciones no ionizantes
NOM-014-STPS-2000	Presiones ambientales anormales
NOM-015-STPS-2001	Condiciones térmicas elevadas o abatidas
NOM-024-STPS-2001	Vibraciones
NOM-025-STPS-2008	Iluminación
NOM-035-STPS-2018	Factores de Riesgo Psicosocial
NOM-036-STPS-2018	Factores de riesgo ergonómico. Parte 1: Manejo manual de cargas

Normas de Organización:

Número	Título de la norma
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal
NOM-018-STPS-2000	Identificación de peligros y riesgos por sustancias químicas
NOM-018-STPS-2015	Peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas
NOM-019-STPS-2011	Comisiones de seguridad e higiene
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad
NOM-028-STPS-2012	Seguridad en procesos y equipos con sustancias químicas
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud

Normas Específicas:

Número	Título de la norma
NOM-003-STPS-1999	Plaguicidas y fertilizantes
NOM-007-STPS-2000	Instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas agrícolas
NOM-008-STPS-2013	Aprovechamiento forestal maderable
NOM-016-STPS-2001	Operación y mantenimiento de ferrocarriles
NOM-023-STPS-2012	Trabajos en minas subterráneas y a cielo abierto
NOM-031-STPS-2011	Construcción
NOM-032-STPS-2008	Minas subterráneas de carbón

Normas de Producto:

- Se cuenta con seis normas relativas a equipo contra incendio y tres sobre equipo de protección personal.

Las primeras tres categorías se aplican de manera obligatoria en los centros de trabajo que desarrollan actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, en función de las características de las actividades que desarrollan y de las materias primas, productos y subproductos que se manejan, transportan, procesan o almacenan. (SOCIAL, s.f.)

Para la cuarta categoría se prevé su aplicación obligatoria en las empresas que pertenecen a los sectores o actividades específicas a que se refieren tales normas.

Finalmente, la quinta categoría corresponde a las empresas que fabrican, comercializan o distribuyen equipos contra incendio y de protección personal. (SOCIAL, s.f.)

3.- Tipos de Mantenimiento en proyectos de infraestructura.

Los últimos años se ha visto los grandes problemas que se pueden tener debido a una falta de mantenimiento en algunas de las obras infraestructurales, tal fue el caso del colapso de una de las secciones de la línea 12 del metro de la Ciudad de México el 4 de mayo de 2021 como se muestra en la figura 1.

Sin embargo, no solo la línea 12 requiere un mantenimiento correctivo, gran parte de esta red requiere mantenimiento correctivo y preventivo, a pesar de que esta continúa para las que fue diseñada y conecta a toda la Ciudad de México y parte del área metropolitana, este requiere una gran inversión en mantenimiento correctivo para que de este modo se puedan evitar futuras catástrofes de esa magnitud.



Figura 1.- Colapso de la línea 12 del Metro de la Ciudad de México . (AP Foto/Marco Ugarte)

El personal de rescate se detiene frente a los vagones del metro de Ciudad de México después de que una sección de la Línea 12 se derrumbó en la capital mexicana, el martes 4 de mayo de 2021. La sección que pasa sobre una carretera en el sur de Ciudad de México se derrumbó el lunes por la noche, cayendo un tren subterráneo, atrapando autos y causando al menos 70 heridos, dijeron las autoridades. (Verza, 2021)

Otro ejemplo muy recordado por la sociedad fue en el 2017, el día miércoles 12 de julio de ese año en la mañana se abrió un socavón de ocho metros de diámetro sobre los carriles del Paso Exprés con dirección sur a norte, donde cayó un automóvil en el que viajaban dos personas, las cuales perdieron la vida. (Figura 2)



Figura 2.- Socavón de cuatro metros de diámetro y cinco de profundidad en el kilómetro 93+850 del Libramiento de Cuernavaca Morelos. (González, 2018)

Los equipos de medición, máquinas, sistemas e instalaciones han evolucionado incorporando conectividad y generar datos que nos ayuden a mejorar la gestión de todos los recursos para cumplir con la exigencia de una mejora continua en los procesos de mantenimiento. (Grupo Ors, 2021)

Aunque haya habido una evolución de los equipos e instalaciones, México aún tiene un gran rezago en la incorporación de tecnologías inteligentes, que podrían mejorar los índices de Down time en las operaciones diarias de una organización. Por esta razón, y entendiendo el mantenimiento como un conjunto de acciones técnicas que permiten regular el funcionamiento normal de esos mismos equipos, estos se dividen en tres grandes grupos:

- El Mantenimiento Correctivo, conocido también por mantenimiento reactivo o “Reparar hasta que se rompe”.
- El Mantenimiento Preventivo, que es el mantenimiento regular realizado de acuerdo con calendarios definidos, independientemente de la condición del equipo.

- El Mantenimiento Predictivo, o mantenimiento con base en la condición, que se basa en un monitoreo continuo del equipo en funcionamiento y en la previsión de daños.

3.1.- ¿Qué es un mantenimiento?

La definición de mantenimiento ha sido ampliamente desarrollada por diversos autores debido a que existe la necesidad de conservar y mantener no sólo las edificaciones sino todo aquello que pueda deteriorarse dentro de su vida útil. Según una recopilación realizada por Arencibia (2008) se puede extraer que: “El mantenimiento no es más que los trabajos que deben realizarse de forma cíclica para la atención de 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 continuo o por su ubicación se encuentran más expuestos al deterioro” (Arencibia, 2008, Mantenimiento de Edificaciones, 3).

Lo anterior se refiere a todas aquellas actividades y tareas que se deben realizar de forma constante y rutinaria, para conservarlo en adecuadas condiciones que permiten que cumpla su vida útil.

El mantenimiento es la tarea que garantiza la prolongación de la vida útil de las edificaciones, al evitar que con el deterioro queden inutilizables. Las características del mantenimiento y las reparaciones están en función de la tipología de la edificación en sí y se relaciona estrechamente con la época de construcción y los materiales que se emplearon en su ejecución. (Arencibia, 2008).

La planificación del mantenimiento en edificios puede evitar gastos innecesarios y pérdida de tiempo, pues la falta de esta implementación, conduce a edificios degradados prematuramente, limitando su vida útil y deteriorando la calidad de vida de sus ocupantes. (Ricucci, 2003).

El proceso de deterioro de una edificación se debe a la interacción de ésta con el medio, ya que éstas se ven degradadas por elementos ambientales como cambios de

temperatura, luz solar, humedad ambiental, lluvia, además del uso mismo a través del tiempo (Quintana, 2004).

3.2.- Importancia del mantenimiento.

La finalidad del mantenimiento es conservar la planta industrial con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de Producción.

Un proyecto de infraestructura sin mantenimiento puede que cumpla la función para la que fue creada, sin embargo, al paso de los años se vuelve inseguro, por lo tanto, es importante que este cuente con un mantenimiento preventivo busca atacar las fallas y deterioros que comprometen la seguridad del de la obra y sus ocupantes.

Una de las razones fundamentales por las cuales se debe realizar mantenimiento planificado a los elementos que componen una obra civil, son los gastos que genera, los cuales repercuten en el presupuesto de operación del inmueble. Arencibia (2008) señala que los costos de mantenimiento y uso de un edificio durante su vida útil pueden llegar a ser más importantes que los de construcción o instalación, de hecho, son más difíciles de prever pues en gran medida, el mantenimiento se hará de forma correctiva.

La falta de mantenimiento de una obra infraestructura de cualquier índole ocasionará que a corto plazo deje de cumplir sus funciones. Los costos de mantenimiento pueden disminuir conforme aumenta la planificación del mantenimiento. Estos costos pueden ser útiles en dos sentidos: evalúan los resultados internos de mantenimiento y comparan la inversión con los resultados obtenidos. Para conocer los costos de mantenimiento se debe unir los conceptos administrativos y técnicos que expliquen el origen de los trabajos de mantenimiento, conocer distribuciones internas, consumos puntuales, picos, partes

intervenidas con frecuencia, causa de fallas y encontrar la relación acción-efecto. (Arencibia, 2008).

Una demostración del grado de relevancia que tienen los costos puede ser explicada con la “Ley de los cinco de Sitter”. Ésta afirma que, si se dividen las etapas de construcción y de uso de un edificio en cuatro períodos, que corresponden a las de etapas de diseño, la ejecución, mantenimiento preventivo efectuado antes de los tres primeros años y al mantenimiento correctivo efectuado posteriormente al surgimiento de problemas, a cada uno le corresponderá un costo que sigue una progresión geométrica de razón cinco, como lo muestra la Figura 3 (Do Lago, 1997).

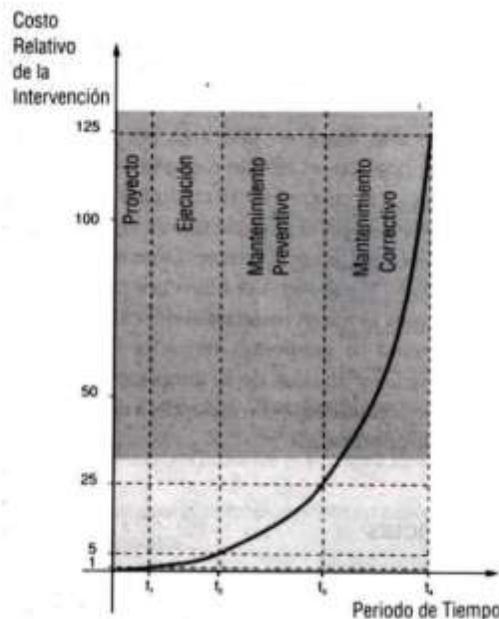


Figura 3.- Ley de evolución de los costos de Sitter. (Do Lago, 1997).

El mantenimiento representa una inversión que a mediano y largo plazo se puede ver reflejado en ganancias para el empresario, a quien esta inversión se le revertirá en mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa tener un trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos. El mantenimiento representa un arma importante en

seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos

No hay una receta infalible para todas las empresas, algunas deciden integrar sistemas de monitoreo en sus equipos más importantes y poco a poco integrar en toda su planta productiva. Una vez que se conocen las ventajas y las desventajas de cada una, puede evaluar esta nueva tendencia de mantenimiento y plantear la solución ideal para su organización.

3.3.- Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es una actividad destinada a evitar gastos mayores en las obras de infraestructura de cualquier índole, especialmente en aquellos casos donde se han realizado grandes inversiones. Busca prevenir que se den fallas y deterioros en las estructuras, cuyo costo de reparación es más elevado una vez que se presenten.

También el mantenimiento preventivo busca alargar la vida útil de las obras civiles, y mejorar aspectos como la estética y salubridad de las edificaciones. (García, 2002).

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, pretilas y otras medidas de protección.

En este sistema se trata de llevar un proceso de inspecciones rutinarias y sistemáticas, además realizar algunas correcciones menores que prevengan un acelerado deterioro del inmueble (Matulionis & Freitag, 1990).

- Ventajas

Este tipo de mantenimiento debe ser obligatorio para los equipos más importantes para la operación normal de la empresa. Si se detecta un mayor riesgo de colapso asociado a algún equipo o sistema, es muy importante tomarlo en cuenta para ajustar su plan de mantenimiento preventivo y de esta forma aumentar la vida útil de su activo. Un ejemplo clásico son los ascensores o los montacargas, un fallo en el ascensor puede ser riesgoso si alguien se queda atrapado; la reparación es larga y un ascensor fuera de servicio siempre representa una gran molestia.

- Desventajas

Se desconocen las condiciones reales de los equipos, los planes de mantenimiento preventivo pueden, a veces, ser ineficientes si los ciclos calculados no previenen los paros no programados por fallos y resultar en acciones de mantenimiento (incluyendo sustitución de piezas) innecesarias y que cuestan tiempo y dinero.

El efecto se agrava cuando un planteamiento preventivo es aplicado a activos de baja prioridad o bajo coste que podrían generar costos más bajos si solamente fueran reparados de manera reactiva.

3.4.- 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. El mantenimiento correctivo se refiere a realizar acciones solamente cuando se presentan fallas o el deterioro de la estructura es avanzado y se ha hecho visible (por lo general), causando molestias a los ocupantes del edificio, además de que puede detener el uso normal de la infraestructura.

En muchos de los casos el costo de realizar la actividad de reparación o sustitución es elevado, debido a que muchas de las correcciones que se realizan se pudieron prever y evitar a tiempo, esto cuando el problema no tenía mucha significancia. En resumen, el mantenimiento correctivo se centra en atacar de forma inmediata (por lo general) el problema cuando éste es visible o sus consecuencias se han hecho notorias.

Esta acción no es planificada, sino que responde a una necesidad, producto del uso mismo de la estructura y a su interacción con el medio ambiente.

- Ventajas

Se caracteriza por acciones de mantenimiento después producirse un fallo, solo se recomienda para equipos de baja prioridad, sin los cuales las operaciones de la empresa pueden seguir funcionando normalmente.

Lo mismo se aplica a equipos de bajo valor, ya que el trabajo necesario para realizar su mantenimiento o supervisión constante puede resultar más caro que la reparación o sustitución en caso de avería. Un ejemplo sencillo sería un foco, que puede usarse hasta que se funda y puede cambiarse rápidamente

Teniendo en cuenta que no hace falta mucha programación para este planteamiento, su costo de implementación es muy bajo en comparación con las alternativas.

- Desventajas

El problema viene cuando se confía en el mantenimiento correctivo para activos críticos o de prioridad media o alta. Una vez que no se realiza ningún tipo de acciones preventivas optar por este tipo de mantenimiento conducirá a paradas inesperadas y, probablemente, elevados costos de reparación y el tiempo de vida de los equipos terminará siendo más corto.

3.5.- Mantenimiento predictivo.

De todos los tipos de mantenimiento, el mantenimiento predictivo es la tendencia mundial y es el que muestra un nuevo panorama digital. El objetivo del mantenimiento predictivo es prever a través de datos cuándo es que una falla está a punto de producirse.

Para la aplicación de un programa de mantenimiento predictivo es necesario contar con sistemas interconectados que monitoreen el estado de los activos de forma continua.

Este sistema reportará información relevante al encargado del mantenimiento y así como condiciones indeseables en los equipos conectados. Estos equipos de mantenimiento predictivo se pueden programar para enviar una alerta cuando se alcancen niveles peligrosos y así programar una reparación antes de la ocurrencia, antes de que el equipo, efectivamente, se averíe, eliminando, de este modo, la necesidad de mantenimiento correctivo oneroso.

- Ventajas

Este planteamiento se basa en la información real y continua de los activos en monitoreo, en lugar que se determine en estadísticas y calendarios definidos previamente. Intenta detectar el fallo en su fase todavía oculta, antes de que haya cualquier tipo de señal visible, y en su fase potencial. Así, el mantenimiento efectuado será más informado, necesario y oportuno, una vez que el equipo solo se someterá a mantenimiento cuando una avería es prevista, lo que bajará los costos y el tiempo de mano de obra invertidos en el mantenimiento.

- Desventajas

La necesidad de invertir en equipos de supervisión específicos, bien como en la formación de personal para usarlos correctamente e interpretar los datos recogidos. Este es un planteamiento que supone una inversión en los sistemas de monitoreo de activos y un programa de implementación óptimo para obtener el retorno de la inversión.

4.- Propuesta para elaborar el mantenimiento en obras infraestructurales en la red de agua potable de la CDMX.

La red de Agua Potable de la CDMX es sin duda una pieza fundamental para el desarrollo infraestructural social de esta, sin embargo, esta red fue diseñada y ejecutada hace muchos años por lo cual ya presenta un déficit en la su forma de operar por lo cual en muchas ocasiones podemos ver fugas, suspensión del servicio por reparación o en casos extremos nulo servicio de este.

Si bien el sistema de aguas de la Ciudad de México (Sacmex) está preparado para recibir los reportes durante las 24 horas del día, los 365 días del año, el organismo levanta, verifica, canaliza y trabaja en conjunto con las alcaldías para atender los reportes de fugas de agua en red primaria. (Salmorán, 2021)

Si esto se traduce en números, se podría establecer que, debido a la baja eficiencia en el sistema de distribución de Agua potable, de la Ciudad de México, se tendría como resultado que las fugas de red de agua potable oscilan al alrededor de un 45% de acuerdo a lo estimado por SACMEX. (México S. d., 2018)

Esto se traduce a que por cada litro de agua se pierden 550 ml, lo que quiere decir que para satisfacer una demanda de 1 litro es necesario transportar 2.22 litros de agua.

Las fugas ocasionan un preocupante desabasto de agua, por tal motivo se implementó brigadas para la solución de estas y se cuenta con 150 brigadas de detección y reparación de fugas en la red primaria y secundaria.

Lo cual demuestra que es urgente darle un mantenimiento correctivo a gran parte o a toda la red de agua potable para poder reducir este porcentaje de perdida y poder traducirlo a un mejor servicio, mayor alcance para poder cubrir un 100% de la zona y que todos cuenten con el servicio.

4.1.- ¿Cómo funciona una red de abastecimiento de agua potable?

El proceso del suministro de agua potable comprende, de manera general, la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento de agua tratada y distribución del recurso hídrico. Los sistemas convencionales de abastecimiento de agua utilizan para su captación aguas superficiales o aguas subterráneas. Las superficiales se refieren a fuentes visibles, como son ríos, arroyos, lagos y lagunas, mientras las subterráneas, a fuentes que se encuentran confinadas en el subsuelo, como pozos y galerías filtrantes. (Energía, 2014)

La segunda etapa consiste en la conducción del agua desde el punto de captación hasta la planta de tratamiento o el sitio de consumo; puede ser un canal abierto o red de tuberías. La siguiente etapa se refiere a la necesidad de almacenar agua en alguna reserva cuando la fuente no presenta un caudal suficiente durante el año para satisfacer la demanda de la población. (Energía, 2014)

En la etapa de tratamiento, el agua obtiene, mediante diferentes procedimientos, las características físico-químicas necesarias para consumo humano. Finalmente, la distribución del agua desde el tanque de almacenamiento de agua tratada, estaciones de rebombeo y red de tuberías, permite la entrega del agua potable al usuario final. (Energía, 2014)

Para poder entender cómo funciona la red de agua potable de la CDMX se debe de tomar en cuenta que las distintas fuentes de abastecimiento de la red para conocer, los puntos donde mayores pérdidas tenemos y conocer por cual fuente de abastecimiento se debe iniciar para poder tener una mejor distribución de los trabajos. (CDMX, 2019)

Como se puede ver en la imagen de la Figura 1 se observa que se tienen 7 fuentes de abastecimiento para la red de agua potable, siendo la del sistema Cutzamala la principal con una aportación de 10.100 M³/s, tomando esto en cuenta en la siguiente imagen se

puede ver la distribución de la red principal de agua potable de la CDMX. (México G. d., 2020)

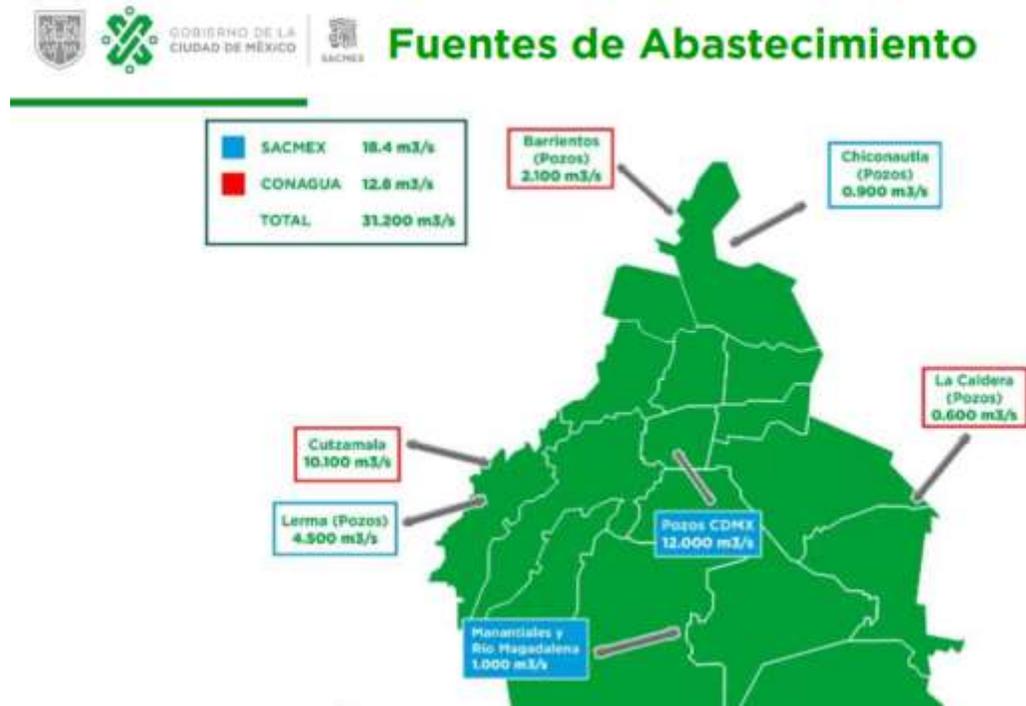


Figura 1.- El sistema Cutzamala es de los más conocidos y es administrado por la Conagua Foto: Gobierno CDMX (México G. d., 2020)

En la figura 2 se muestra el sistema de la red primaria de agua potable y el alcance que esta tiene en las diferentes alcaldías que conforman la CDMX, si bien el Gobierno de la Ciudad de México menciona que se tiene un gasto promedio de 32.019 m³/s que son abastecidos por las 7 fuentes principales que se mencionaron anteriormente. (CDMX, 2019)



Sistema principal de agua potable

Gasto promedio de
 $Q = 32.019 \text{ m}^3/\text{s}$

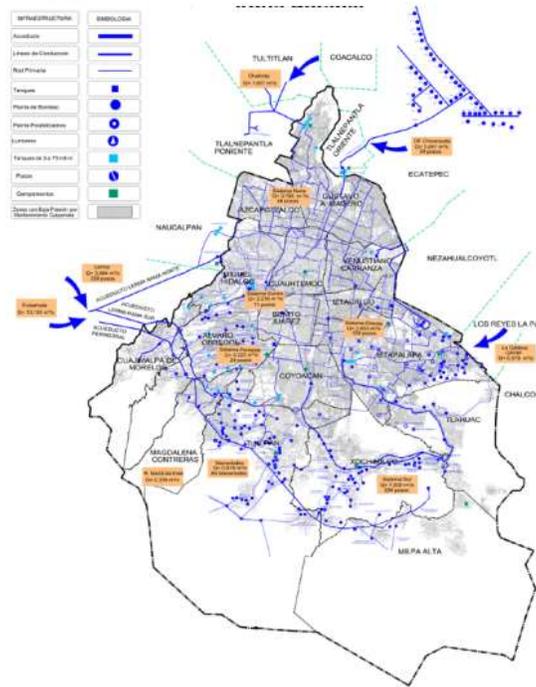


Figura 2.- Sistema principal de agua potable y Gasto promedio. Foto: Gobierno CDMX (CDMX, 2019)

Sin embargo, existen 4 alcaldías en la Ciudad de México que son prioridad o son particularmente un foco rojo en esta ya que tienen fugas y/o perdidas muy representativas que se deben atacar a la brevedad, dichas alcaldías se muestran en la figura 3. (CDMX, 2019)

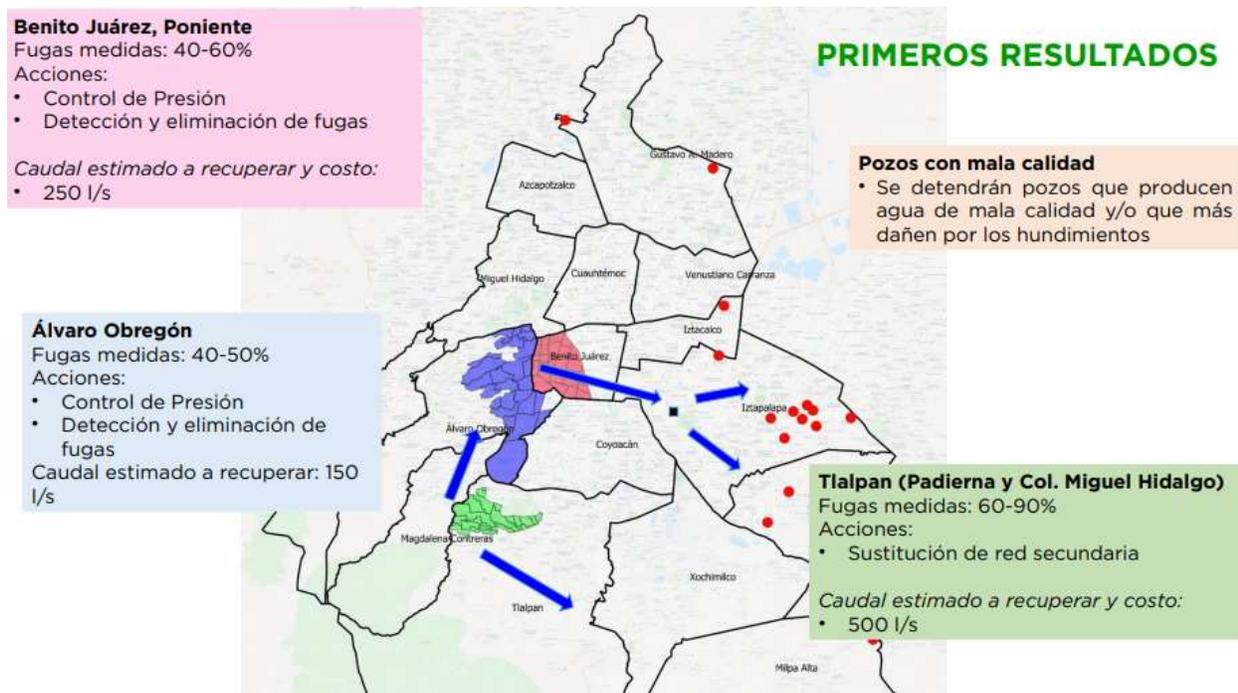


Figura 3.- Alcaldías con mayores pérdidas de agua potable. Foto: Gobierno CDMX (México G. d., 2020)

La pérdida de más importantes está contemplada en estas tres alcaldías, Rafael Carmona, director del Sistema de Aguas de la Ciudad (Sacmex), dijo que es imposible sustituir la red en toda la capital en la actual administración. (Notimex, 2019)

Carmona el director de Sacmex menciona que es imposible reemplazar la tubería vieja, pues un 80% de la red tiene esa condición y "no nos alcanzaría ni el tiempo ni el dinero". Sin embargo, aseguró que se trabajará en proyectos combinados para alcanzar la mayor eficiencia. (Notimex, 2019)

La jefa de Gobierno, Claudia Sheinbaum, y el director del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex), Rafael Carmona, presentaron el Programa de Obras 2019 que prevé detección y reparación de fugas, rehabilitación de los cuerpos de agua y medición de la red primaria de agua potable. (Notimex, 2019)

El Gobierno de la Ciudad de México invertirá en 2019 un total de 5,977 millones de pesos en el Sistema de Aguas capitalino, un presupuesto "histórico", de acuerdo con las autoridades, para obras de construcción y mantenimiento de la infraestructura hidráulica. (Notimex, 2019)

El presupuesto, que representa el doble del asignado en la administración anterior para 2018, tiene como objetivo que la institución capitalina se fortalezca, a fin de lograr más eficiencia en el rescate de ríos, el sistema de drenaje y la distribución de agua potable, indicaron los funcionarios en conferencia de prensa. (Notimex, 2019)

4.2.- Mantenimiento de los componentes de la red de AAP en la CDMX.

Como bien se menciona anteriormente es muy complicado a estas alturas realizar el mantenimiento correctivo de toda la red de abastecimiento de agua potable significa una inversión de capital muy fuerte e implica un lapso de tiempo bastante amplio.

Como solución a esta problemática la CDMX y el gobierno actual implemento brigadas de detección y reparación de fugas de la red primaria y secundaria de la CDMX, la cual tiene como finalidad o meta que en el mandato de la actual jefa de gobierno Claudia Sheinbaum se logre disminuir en 2.5 metros cúbicos por segundo la sobreexplotación del acuífero y de esta manera lograr un suministro ininterrumpido del agua. (Ciudad de México, 2019)

- ¿Cómo funciona este servicio o como reportas una fuga?

Para realizar un reporte por fuga de agua se debe de contar con la dirección exacta del lugar, la descripción precisa del problema, y poder proporcionarla siguiente información:

- Alcaldía
- Colonia
- Calle y entre qué vías se encuentra
- Nombre de quien reporta
- Número telefónico

El reporte se debe realizar a los teléfonos: 55 5658 1111 o 55 5654 3210

Posteriormente, trabajadores en motocicleta acudirán al punto para confirmar la fuga, tomarle fotografías y enviarle un reporte a las brigadas para que acudan a repararla. (Redacción Kal, 2019)

En la Figura 4 se muestra el protocolo o esquema que se sigue una vez reportada una fuga



CIUDAD INNOVADORA Y DE
DERECHOS / NUESTRA CASA

Figura 4.- Proceso de reparación de fugas. Foto: Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

El director general del Sacmex Rafael Carmona menciona que el plan de trabajo respecto a la red de agua potable de la CDMX se divide en tres líneas: la construcción, mantenimiento y la conservación de la infraestructura hidráulica, así como la recuperación y saneamiento de los distintos cuerpos de agua que existen en la Ciudad de México. (Notimex, 2019)

Además de un programa de macro medición de la red primaria de agua potable a fin de mejorar la distribución derivada de la información obtenida, tal como se realiza en diversas ciudades del mundo e incluso en capitales del país como Monterrey, León y Aguascalientes. (Notimex, 2019)

En esta metodología de trabajo se planea ejecutar en el lapso de la duración de este gobierno teniendo distintas inversiones al paso de años para así poder lograr el objetivo que se tiene con una inversión total de 774 MDP, dicha inversión comenzó a destinarse desde el año 2019 y se tiene distribuida de la siguiente manera como se muestra en la figura 5. (México G. d., 2020)



Figura 5.- Distribución de inversión del 2019 al 2024 Foto: Gobierno CDMX (México G. d., 2020)

A partir del aumento del presupuesto al SACMEX desde el 2019 ese año se lograron reparar un total de más de 11 mil fugas en la red primaria de la CDMX, lo cual al día de hoy se tiene un avance significativo en el sistema de distribución de agua potable que nos ha permitido reducir fugas y equilibrar la distribución de agua en la ciudad. (México S. d., 2018)

De acuerdo al Tercer informe de Gobierno dado por la Actual jefa de Gobierno de agosto de 2020 a julio de 2021, se concluirán 265 estaciones hidrométricas de agua potable en los siguientes sistemas de macro medición (figura 6) de la red primaria de agua potable a fin de mejorar la distribución: Sistema Lerma-Cutzamala; Sistema Pozos Ciudad de México; Sistema Pozos Lerma; Sistema de Tanques y Rebombes en las alcaldías Tlalpan y Magdalena Contreras, y Sistema de Transferencias en Conducciones Ciudad de México, en varias alcaldías de la ciudad y en el Estado de México. (Pardo, 2020-2021)



Figura 6.- Macro Medición Foto: Gobierno CDMX (México G. d., 2020)

El avance logrado en 268 de los 830 sectores de la red de agua potable, a la fecha, ha permitido la recuperación de 500 litros por segundo. Una intervención que ha permitido enfrentar de mejor manera la peor sequias que hemos vivido en los últimos años y que ha creado escasez en algunas zonas de la ciudad. (Pardo, 2020-2021)

Este plan contempla regresarle la eficacia y eficiencia al sistema de la red primaria y secundaria de agua potable de la CDMX que por mucho ya cumplió su vida útil y con estas

acciones se puede comenzar el mantenimiento mayor de esta para que posteriormente se pueda solamente realizar mantenimiento preventivo con las medidas implementadas ya que el cambiar toda la red de APP implicaría un gasto histórico y por lo menos un lapso de 50 años. (Pardo, 2020-2021)

5.- Conclusiones.

Como se estudió en este tema de tesis el tener las obras de infraestructuras en óptimas condiciones es vital para el funcionamiento de estas y que de esta manera se pueda cumplir el objetivo para el cual se crearon dentro de la sociedad (transporte, comunicación, servicio público). El mantenimiento en cualquier obra infraestructural es de vital importancia como se ha mencionado.

El conocer las diferencias entre los términos de reparar y dar mantenimiento, es algo que primordial para una obra civil, ya que muy cotidianamente se llega a la idea errónea de que algo se tiene que cambiar hasta que ya cumplió su vida útil o falla, lo cual no es del todo cierto, un mantenimiento preventivo nos ayuda a tener más allá de un correcto funcionamiento de la obra, un diagnóstico de aquello que este pronto a cambiar o bien a prever una falla de mayor magnitud.

Un buen control de los ciclos de mantenimiento conlleva a una mejor utilización de los recursos y un mayor aprovechamiento de estos, también tiene como objetivo el no desembolsar grandes cantidades de dinero para corregir fallas de gran importancia, cabe recalcar que actualmente no se cuenta con una normativa específica para tener tiempos exacto o propuestos para los periodos de mantenimiento, sin embargo, se tiene Normas Mexicanas (NMX) que son propuestas o sugerencias para la aplicación de algunos ciclos de revisión o mantenimiento en ciertos factores o materiales, pero sin tener éxito como tal, ya que no son normas establecidas o de carácter obligatorio, lo más recomendable siempre será recurrir a la ficha técnica del producto utilizado (tubería, componentes eléctricos, mecánicos, entre otros) para de este modo conocer la vida útil de estos y así

poder proponer un tiempo óptimo para realizar mantenimiento preventivo o en su defecto sustituir el elemento dañado (mantenimiento correctivo).

Por otro lado, para los materiales de construcción (concreto, acero, prefabricados, entre otros) lo más adecuado es realizar revisiones periódicas en lapsos no mayores a cinco años para corroborar la eficiencia y eficacia de la estructura, con lo cual el mantenimiento predictivo juega un papel fundamental en esta situación para poder tener un dictamen mas acertado y de este modo conocer el estatus actualizado de la obra civil desplantada.

Para finalizar este trabajo tiene como objetivo crear una conciencia y un panorama más amplio sobre el mantenimiento, así como conocer las medidas que la Ciudad de México ha tomado para poder realizar mantenimiento correctivo a la red de agua potable de acuerdo con datos de SACMEX entendiendo que la vida útil de cualquier obra infraestructura va estrechamente ligada al mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo y que en caso de omitir dichos mantenimientos en un periodo de tiempo importante las reparaciones que se llegue a realizar tendrán un impacto considerable tanto en tiempo y dinero para la Ciudad, es por eso que necesario abordar criterios sobre este concepto para conocer la importancia y relevancia de este.

6.- Referencias bibliográficas.

- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S. (09 de Noviembre de 2021). *Proyectos México*. Obtenido de <https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyectos/>
- CDMX, G. d. (2019). *Sistema de Aguas de la Ciudad de México SACMEX*. Obtenido de Cumbres de Fondo de Agua: <https://www.fondosdeagua.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/latin-america/aguas.pdf>
- Ciudad de México. (2019). *Serán 150 cuadrillas del Sistema de Aguas con mejor capacitación y equipamiento para atender en el menor tiempo posible las fugas de agua*. Obtenido de Jefatura de Gobierno: <https://www.jefaturadegobierno.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/seran-150-cuadrillas-del-sistema-de-aguas-con-mejor-capacitacion-y-equipamiento-para-atender-en-el-menor-tiempo-posible-las-fugas-de-agua>
- CMIC. (1 de septiembre de 2020). *Propuesta de la CMIC para impulsar la inversión pública: CMIC*. Obtenido de Revista Mexicana de la Construcción: <https://www.cmic.org/propuesta-de-la-cmic-para-impulsar-la-inversion-publica/>
- Energía, C. N. (2014). *Sistemas de agua potable- Bombeo de agua potable municipal Estados y municipios*. Obtenido de Gobierno de la Ciudad de México: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/sistemas-de-agua-potable-sistemas-de-agua-potable-bombeo-de-agua-potable-municipal-estados-y-municipios?state=published>
- Equipo de redactores de Arkiplus.com. (2020). *Infraestructuras*. Obtenido de www.arkiplus.com: <https://www.arkiplus.com/infraestructuras/>
- Equipo de Redactores de PostGrado. (2019). *Descubre qué tipos de proyectos de infraestructura existen*. Obtenido de Universidad Católica San Pablo: https://postgrado.ucsp.edu.pe/articulos/tipos-proyectos-infraestructura/#7_Generacion_y_transmision_de_energia
- Equipo editorial, Etecé. (01 de Septiembre de 2020). *Infraestructura*. Obtenido de Concepto Web site: <https://concepto.de/infraestructura/#ixzz72X1o52Sk>
- Fernández, I. J. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 1-2.
- Fernández, I. J. (2008). *Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios*. Obtenido de Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios: <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193915927005.pdf>
- Gallardo, A. V. (2018). *Distribucion de Agua Potable en la Ciudad de México*. Obtenido de Instituto de Ingeniería UNAM: <http://www.ii.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Notas/Paginas/Aguapotable.aspx>

- Gomez, J. (2021). *¿Qué es la infraestructura?* Obtenido de Infraestructura y Desarrollo en México: <https://www.revistainfraestructura.com.mx/significado-definicion-y-tipos-de-infraestructura/>
- González, L. D. (Febrero de 2018). *Impunidad, sanciones administrativas y el socavón del Paso Expres.* Obtenido de Impunidad Cero: <https://www.impunidadcero.org/articulo.php?id=54&t=impunidad-sanciones-administrativas-y-el-socavon-del-paso-expres>
- Grupo Ors. (2021). *¿Cuáles son los diferentes tipos de mantenimiento?* Obtenido de Grupo ORS: <https://grupoors.com.mx/2021/03/29/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-mantenimiento/>
- JAVIER, G. V. (2017). *MANTENIMIENTO Y REPARACIONES.* Obtenido de UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL: <https://pdfcoffee.com/mantenimiento-y-reparaciones-ing-civil-4-pdf-free.html>
- kal, R. (2019). *Brigadas especiales atenderán fugas de agua en la CDMX.* Obtenido de Chilango: <https://www.chilango.com/noticias/nuevas-brigadas-para-atender-fugas-agua/#:~:text=Puedes%20reportar%20fugas%20directo%20con,tengan%20agua%20todos%20los%20d%C3%ADas.>
- LEÓN, E. Z. (4 de Enero de 2000). *LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS.* Obtenido de <http://www.diputados.gob.mx/>: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/56_200521.pdf
- López, M. U. (2018). La infraestructura y su relación con el desarrollo económico de un país: Caso de America Latina y el Caribe. *Facultad de Ingeniería, Tesis de licenciatura.* Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Maldonado, J. Á. (2019). *Fundamentos de gestión de proyectos.* Obtenido de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/que-es-un-proyecto/>
- Mercado, M. P. (2007). La importancia del control de proyectos en obras de infraestructura. *Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura.* Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- México, G. d. (2020). *Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México.* Obtenido de Plaza Publica: https://plazapublica.cdmx.gob.mx/uploads/decidim/attachment/file/288/PGDCDMX_completo.pdf
- México, G. d. (2020). *Programa Estratégico para Garantizar el Derecho al Agua 2020-2024.* Obtenido de SACMEX: <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Proyectos/programa-estrategico-2020-2024.pdf>
- México, S. d. (2018). *Diagnóstico, logros y desafíos.* Obtenido de SACMEX: <https://data.sacmex.cdmx.gob.mx/aplicaciones/libreria/biblioteca/libros/2018/diagnostico-logros-y-desafios-2018.pdf>

- Notimex. (2019). *Sacmex: Imposible sustituir red de agua potable en CDMX en seis años*. Obtenido de Obras por Expansión: <https://obras.expansion.mx/infraestructura/2019/01/18/sacmex-imposible-sustituir-red-de-agua-potable-en-cdmx-en-seis-anos>
- Pardo, C. S. (2020-2021). *Tercer Informe de Gobierno*. Obtenido de Informes de Gobierno: https://informedegobierno.cdmx.gob.mx/wp-content/uploads/2021/09/Tercer-Informe-de-Gobierno-2020-2021_compressed.pdf
- Peña, E. d. (2018). *Construyendo la competitividad en México*. Obtenido de Deloitte México: <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/construyendo-infraestructura-en-mexico.html>
- Peña, E. d. (8 de Agosto de 2018). *Nuevo gobierno, nuevos retos en infraestructura*. Obtenido de Deloitte: <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/retos-en-infraestructura-mexico.html>
- Redacción Kal. (2019). *Brigadas especiales atenderán fugas de agua en la CDMX*. Obtenido de Chilango: <https://www.chilango.com/noticias/nuevas-brigadas-para-atender-fugas-agua/>
- Salazar, P. C. (2009). Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE. *Escuela de Ingeniería en Construcción, Tesis de Licenciatura*. Instituto Tecnológico De Costa Rica, Costa Rica.
- Salmorán, M. (2021). *¡Avísale a tus vecinos! Así puedes reportar una fuga de agua en CdMx*. Obtenido de www.milenio.com: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/como-reportar-fuga-de-agua-en-ciudad-de-mexico>
- Secretaría de Economía. (16 de Marzo de 2016). *Competitividad y Normatividad / Normalización: Gobierno de Mexico*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion>
- SOCIAL, S. D. (s.f.). *Marco normativo de seguridad y salud en el trabajo*. Obtenido de Autogestios de seguridad y salud del trabajo : <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>
- Tapias, D. D. (2014). *Tipos de Proyectos*. Obtenido de Escuela Politécnica Superior: http://arantxa.ii.uam.es/~proyectos/teoria/C3_Tipos%20de%20proyectos.pdf
- Terrazas Pastor, R. A. (2009). *Modelo de gestión financiera para una organización*. Obtenido de Universidad Católica Boliviana San Pablo: <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942159005.pdf>
- Verza, E. E. (4 de Mayor de 2021). *Metro cae en Ciudad de México: 24 muertos y 79 heridos*. Obtenido de Los Angeles Times: <https://www.latimes.com/espanol/mexico/articulo/2021-05-04/metro-cae-en-ciudad-de-mexico-23-muertos-y-70-heridos>

Vidal, F. (2021). *Mantenimiento Preventivo: Qué es, tipos y cómo hacerlo eficazmente*. Obtenido de Stel Order: <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>