



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Construcción

Metodología para establecer costos unitarios sobre procesos constructivos para rehabilitar o reparar concreto reforzado

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Construcción

Presenta
Arq. Valeria Hernández Banda

Dirigido por:
Dr. José Luis Reyes Araiza

Dr. José Luis Reyes Araiza
Presidente

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza
Secretario

M.I. Rubén Ramírez Jiménez
Vocal

Dr. María de la Luz Pérez Rea
Suplente

Dr. Moisés Arroyo Contreras
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Mayo, 2020
México

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fortaleza ante la adversidad.

A mi familia por su amor y apoyo infinito a pesar de la distancia.

A mis sinodales por su paciencia y guía durante el trayecto, y por su dedicación en esta investigación.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por brindarme su apoyo y la oportunidad de cumplir mis metas para un mejor futuro.

A todos ustedes **GRACIAS**, que Dios los bendiga y guarde siempre.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
Capítulo 1 . Introducción	11
1.2 Objetivos.	14
1.3.1 Objetivo General	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Justificación.....	14
1.3.1 Identificar el grado de incertidumbre de los profesionistas en la rama de la construcción, sobre el costo de un método de rehabilitación de concreto reforzado.....	14
1.3.2 Definir el método de rehabilitación a evaluar de un elemento estructural de concreto reforzado.....	17
Capítulo 2 . Estado del Arte	19
2.1 Mantenimiento preventivo.....	23
2.2 Ley de lo cinco de Sitter	26
2.3 Evaluación de la condición actual de la estructura.....	27
2.4 Mantenimiento correctivo.....	28
2.5 Costos en la construcción.....	29
2.5.1 Materiales.....	30
2.5.2 Mano de obra	30
2.5.3 Equipo y herramienta	31
2.5.4 Costos Indirectos.....	32

2.6 Métodos de costos unitarios	34
2.6.1 Método ABC	34
2.6.2 Método Híbrido	35
2.7 Métodos de rehabilitación de concreto reforzado	35
2.8 Método de rehabilitación de Inyección de resina epóxica	37
2.8.1 Preparación de la superficie	38
2.8.2 Aplicación / Ejecución.....	39
Capítulo 3 . Metodología.....	43
3.1 Tipo de investigación	43
3.2 Enfoque de la investigación	43
3.3 Alcance de la Investigación	44
3.4 Población y muestra de la investigación	44
3.5 Técnicas de Recolección de Datos.....	44
3.6 Instrumentos para la Recolección de Datos.....	45
3.7 Procesamiento de los Datos.	45
3.8 Metodología para análisis del precio unitario general	45
Capítulo 4 . Resultados	48
4.1 Metodología para análisis del precio unitario particular	48
4.2 Análisis del precio unitario del método de rehabilitación de inyección de resina epóxica	51
4.2.1 Clasificación de actividades del proceso constructivo	51
4.2.2 Costos directos.....	52
4.2.3 Costos Indirectos.....	54
4.2.4 Fijación de precio unitario por mL para método de inyección de resina epóxica en muro de concreto reforzado.	54

4.3 Comparación con resultados de costos del método de rehabilitación de inyección de resina epóxica presentados en la empresa CYPE Ingenieros S.A.	55
4.4 Propuesta metodológica general para rehabilitación de elementos estructurales de concreto reforzado.	56
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones	56
5.1 Conclusiones	58
5.2 Recomendaciones	59
5.3 Líneas de investigación a futuro	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60
ANEXOS	65

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Mecanismos de deterioro del concreto (Posada Bustamante, 1993).....	20
Tabla 2.2 Actividades y frecuencias de actividades de mantenimiento en revestimiento para vigas y columnas (Olavarrieta, Bolognini, Dikdan, Rangel, & Rodríguez, 2011).....	25
Tabla 2.3 Actividades y frecuencias de actividades recomendadas para realizar el mantenimiento preventivo en las estructuras de concreto reforzado. (Olavarrieta, Bolognini, Dikdan, Rangel, & Rodríguez, 2011)	26
Tabla 4.1 Actividades para la realización del método de inyección de resina epóxica.	51
Tabla 4.2 Costos de Mano de obra y materiales para la aplicación del método de inyección de resina epóxica para 1 mL.....	52
Tabla 4.3 Gastos de campo para supervisión.....	53
Tabla 4.4 Suma total de costos directos.....	53
Tabla 4.5 Factor de Costo Indirecto por jornada laboral	54
Tabla 4.6 Fijación de precio unitario por mL	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Gráfica de resultados del conocimiento de costos sobre métodos de rehabilitación de concreto reforzado.	15
Fig. 1.2 Gráfica de resultados de la participación en métodos de rehabilitación de concreto reforzado.	16
Fig. 1.3 Gráfica de resultados de la causa principal por la nula participación en métodos de rehabilitación de concreto reforzado.	17
Fig. 1.4 Gráfica de resultados del conocimiento de métodos de rehabilitación de concreto reforzado.	18
Fig. 2.1 Agrietamiento por corrosión del acero de refuerzo en columna. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2001).....	21
Fig. 2.2 Daño en cerramiento por corrosión del acero de refuerzo. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2001).....	21
Fig. 2.3 Modelo de Tutti para el tiempo de vida útil de una estructura. (Tuutti, 1982)	22
Fig. 2.4 Interrelación de los costos de falla e inversión en mantenimiento preventivo y la extensión de actividades de planificación. (Matulionis & Freitag, 1990)	24
Fig. 2.5 Ley de la evolución de costos de Sitter. (Do Lago, 1997).....	27
Figura 2.6 Diagrama de análisis de costos. (Suárez Salazar, 2002)	30
Fig. 2.7 Clasificación de costos en la edificación. (Suárez Salazar, 2002)	33
Fig. 2.8 Sección de inyección desde la superficie. (Sika España, 2009)	40
Fig. 2.9 Detalle de la colocación de inyectores de superficie. (Sika España, 2009)	41
Fig. 2.10 Sellado del trazo de la fisura. (Sika España, 2009)	41
Fig. 3.1 Diagrama de flujo de metodología de costos general.....	47
Fig. 4.1 Diagrama de flujo de metodología de costos particular	50
Fig. 4.2 Tarjeta de costos proporcionada por empresa especializada.....	55
Fig 4.3 Propuesta metodológica general para rehabilitación de elementos estructurales de concreto reforzado.....	57

LISTADO DE ABREVIATURAS

mm	unidad de medición expresada para milímetros
mL	unidad de medición expresada para metro lineal
m²	unidad de medición expresada para metro cuadrado
gor	jornada laboral (8 horas)
kg	unidad de medición de peso para kilogramo
h	unidad de medición de tiempo para hora
Mpa	unidad de presión del sistema internacional de unidades para pascal
ph	es una medida de acidez o alcalinidad en una disolución
pu	precio unitario
FCI	factor de costo indirecto

RESUMEN

En el sector de la construcción se han implementado materiales como el concreto reforzado, el cual es capaz de mantener su calidad y condiciones de servicio de forma original ante el desgaste del tiempo y agentes ambientales, sin embargo a pesar de su naturaleza versátil y resistente, el concreto reforzado presenta fallas en su infraestructura, como el agrietamiento de su superficie ocasionando el deterioro del acero de refuerzo embebido en el concreto. Este deterioro sino tiene una atención temprana repercute en la inversión de la obra al generar un mayor gasto en la reparación, siendo su aplazamiento debido a la nula información disponible sobre métodos de reparación para elementos estructurales de concreto reforzado y sus costos, que limitan en la actualidad a un 72.9% de los profesionistas en México. Para esta investigación se evaluó el “método de Inyección de resina epóxica”, que al ser un adhesivo de baja viscosidad permite una fluidez a lo largo de la fisura sellándola, recuperando la continuidad perdida y resistencia del concreto al devolverle la protección al elemento, siendo uno de los métodos más efectivos al ser menos invasivo en su ejecución. En este caso se tomó en cuenta el grado de daño en el elemento estructural relacionado al ancho del agrietamiento, la clasificación de actividades con sus materiales y herramientas necesarias para su correcta ejecución, y el cálculo de factores indirectos que fluctúan en los costos, determinando un costo por mL con el fin de mitigar las estimaciones económicas obtenidas por los profesionistas de manera empírica y que sirva de guía al sector de la construcción y así evitar sesgos económicos.

Palabras clave: Concreto reforzado, rehabilitación, corrosión, costos

ABSTRACT

In the construction sector, materials such as reinforced concrete have been implemented, which is capable of maintaining its quality and service conditions in an original way in the face of the wear and tear of time and environmental agents. However, in spite of its versatile and resistant nature, reinforced concrete presents failures in its infrastructure, such as the cracking of its surface causing the deterioration of the reinforcing steel embedded in the concrete. This deterioration, if not addressed early, will have an impact on the investment of the work by generating a greater expense in the repair, being its postponement due to the lack of information available on repair methods for structural elements of reinforced concrete and its costs, which currently limit 72.9% of the professionals in Mexico. For this investigation, the "epoxy resin injection method" was evaluated, which, being a low viscosity adhesive, allows a fluidity along the fissure sealing it, recovering the lost continuity and resistance of the concrete by giving back the protection to the element, being one of the most effective methods because it is less invasive in its execution. In this case, the degree of damage in the structural element related to the width of the crack was taken into account, as well as the classification of activities with their materials and tools necessary for their correct execution, and the calculation of indirect factors that fluctuate in the costs, determining a cost per mL with the purpose of mitigating the economic estimates obtained by the professionals in an empirical way and that serves as a guide for the construction sector and thus avoiding economic biases.

Keywords: Reinforced concrete, rehabilitation, corrosion, costs

Capítulo 1 . Introducción

A continuación se describen las particularidades de cada capítulo de esta investigación:

En el capítulo 1 se describen los antecedentes que resaltan la importancia de esta investigación y los objetivos para llevar a cabo una metodología de costos, también se plantea la justificación la cual presenta los resultados de una encuesta que muestra el desarrollo para los alcances de los objetivos.

En el capítulo 2 se presentan los conceptos para costos en la construcción clasificándolos en costos directos e indirectos y se resume en graficas los diferentes métodos de rehabilitación para elementos estructurales de concreto reforzado, en relación a su daño de acuerdo al ancho del agrietamiento que se presenta en su superficie, por ultimo desarrollando por actividades el procedimiento del método de inyección de resina epóxica.

En el capítulo 3 se describe el enfoque de la investigación así como el desarrollo de una metodología general para la obtención de un precio unitario para un método de rehabilitación de un elemento estructural de concreto reforzado.

En el capítulo 4 se muestra el desarrollo de una metodología para el análisis y fijación del precio unitario por mL del método de rehabilitación de inyección de resina epóxica como caso particular, presentándose por último la comparación con los resultados de costos establecidos por una empresa especializada.

Al final se describe el capítulo 5, el cual contiene las conclusiones sobre la propuesta metodológica para la fijación de precios unitarios para el método de rehabilitación de una estructura de concreto reforzado y las recomendaciones para las futuras investigaciones sobre costos de rehabilitación en la construcción.

En la actualidad el concreto reforzado es el material más utilizado por la industria de la construcción debido a su versatilidad y resistencia a los esfuerzos de compresión, no obstante, es muy débil a los esfuerzos de tensión y tracción cortante y por tal motivo es que se apoya en el acero de refuerzo. La combinación de dichos materiales es llamado concreto reforzado y le da una condición de servicio favorable aumentando el ciclo de vida de la estructura (Villeda Wong, 2011).

Sin embargo a pesar de los avances en los nuevos materiales y tecnologías que se han logrado en la actualidad sigue estando presente un problema en las estructuras de concreto reforzado debido al desgaste y abrasión constante que recibe la superficie del concreto se origina un agrietamiento que permite la penetración de agentes ambientales agresivos, tales como cloruros y carbonatos los cuales afectan directamente al acero de refuerzo embebido.

A este fenómeno se le conoce como “corrosión” y su desarrollo va reduciendo considerablemente la capa pasiva del acero de refuerzo que se encarga de proporcionar la durabilidad, una de las virtudes por las cuales se había optado por emplear las estructuras de concreto reforzado en la actualidad (Chandler Christophe, 2002).

Y es a consecuencia de la degradación del refuerzo de acero y el agrietamiento que las características de adherencia del concreto armado disminuyan, perdiendo así su funcionalidad y con el paso del tiempo, permitiendo el desprendimiento de trozos de concreto afectando la integridad estructural del elemento de concreto reforzado (Instituto Mexicano del Transporte, 2001).

Es por ello que existen métodos de rehabilitación del acero de refuerzo que proveen la oportunidad a todos los profesionistas involucrados en el sector de la construcción para mejorar las condiciones de servicio de sus elementos de concreto reforzado y así prolongar su duración si se realiza de manera satisfactoria, ya que actualmente solo el 10% de las reparaciones alcanzan los 25 años de duración sin presentar algún tipo de daño nuevamente.

Así mismo se enfatiza la importancia de un conocimiento general en beneficio del ámbito sustentable, ya que al realizar las reparaciones correctamente se reduce el desperdicio de materiales empleados nuevamente y los costos de mano de obra y equipo.

Otro beneficio es el permitir reducir la inversión de billones de dólares que se aplican mundialmente en el mantenimiento y reconstrucción de estos elementos estructurales por el empleo de materiales para las reparaciones continuas de los elementos estructurales de concreto reforzado.

Así al tomar en cuenta las estimaciones internacionales de los países desarrollados sobre los costos por corrosión, considerando como actividades su investigación, prevención y reparación, nos indica que el PIB de México en 2012 que fue de 9 mil 530 billones de dólares (según los datos del Fondo Monetario Internacional), resulta en una pérdida por temas relacionados con la corrosión de entre 285 y 381 billones de dólares solo en ese año, es decir, el 3 y 4% del PIB de México.

Siendo posible una disminución del 30% de los gastos al considerar medidas necesarias para la prevención y mantenimiento, lo cual se sabría si se tuviera la información pertinente (Montañez, 2015).

En varios estudios se han formulado recomendaciones sobre la necesidad de una metodología estandarizada de cálculo de costos para evitar posibles sesgos, por lo que es indispensable establecer una metodología para costos unitarios de técnicas de rehabilitación. (Swan Tan, y otros, 2012).

Al establecer una metodología para obtener el precio unitario de un método de rehabilitación de un elemento estructural de concreto reforzado, se disminuyen los costos de inversión de la obra mediante la fijación de precios.

1.2 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General

Establecer una metodología para obtener el precio unitario de una técnica de rehabilitación de elementos de concreto reforzado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar el grado de incertidumbre de los profesionistas en la rama de la construcción, sobre el costo de un método de rehabilitación de concreto reforzado.
- Definir la técnica a evaluar de rehabilitación de un elemento estructural de concreto reforzado.
- Definir los materiales del procedimiento de rehabilitación, así como la mano de obra y equipo.
- Establecer el precio unitario del procedimiento.

1.3 Justificación.

En este apartado se muestran los alcances a los objetivos y la relevancia social de esta investigación, considerando que se plantea una repercusión directa a su desarrollo económico al momento de no determinar sus precios de una manera técnica y constante, para lo cual se realizó un análisis de la probabilidad de ocurrencia a 380 profesionistas de las carreras de ingeniería y arquitectura con experiencia de trabajo de 1 año en adelante en el sector de la construcción mediante la aplicación de encuestas, con el formulario que se encuentra en el Anexo 1.

1.3.1 Identificar el grado de incertidumbre de los profesionistas en la rama de la construcción, sobre el costo de un método de rehabilitación de concreto reforzado.

Se analizó la pregunta No. 4 “**¿Conoce el costo de algún método de reparación de elementos de concreto reforzado?**” mediante el formulario (Anexo 1), mostrando los resultados siguientes en la Fig. 1.1

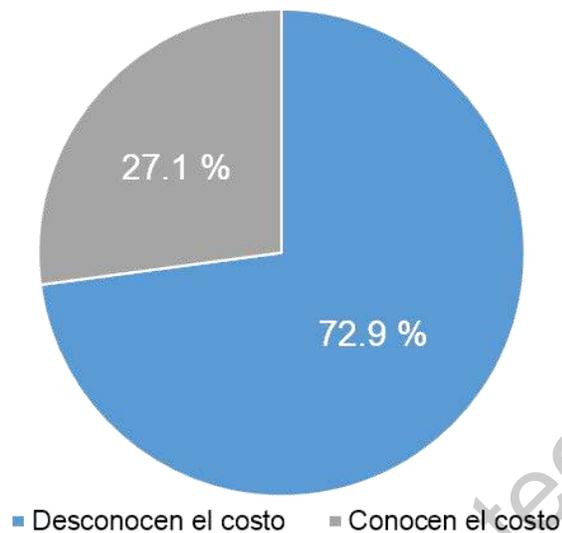


Fig. 1.1 Gráfica de resultados del conocimiento de costos sobre métodos de rehabilitación de concreto reforzado.

En la gráfica se obtuvo una probabilidad de ocurrencia del 72.9% de profesionistas que desconocen un costo de algún método de reparación de elementos de concreto reforzado, porcentaje del cual se resaltó que el 27.6% de esta cifra está conformado por profesionistas cuya experiencia laboral se encuentra en un rango entre 6 a 10 años en adelante, lo cual determina que a pesar de su larga experiencia sigue prevaleciendo la carencia de una completa información en este ámbito.

A la cantidad restante de los profesionistas el cual representa una probabilidad de ocurrencia del 27.1% afirma tener conocimiento sobre el costo de algún método de reparación y mediante la aplicación del análisis de la pregunta No. 5 “**¿Cuánto considera que cuesta la reparación de elementos de concreto reforzado?**” del formulario (Anexo 1) a esta cifra, se determinó una probabilidad de ocurrencia del 23.3% de los profesionistas pudieron indicar un costo a algún método de reparación, por lo que se sugiere que a pesar de la experiencia profesional al momento de determinar un costo no es un tema del que se tenga una constante actualización.

Se analizó la pregunta No. 6 “**¿Usted ha contratado o participado en la aplicación de algún método de reparación de elementos de concreto reforzado?**” mediante el formulario (Anexo 1), para caracterizar la experiencia

profesional con la que cuentan los profesionistas en actividades de rehabilitación mostrando los resultados siguientes en la Fig. 1.2



Fig. 1.2 Gráfica de resultados de la participación en métodos de rehabilitación de concreto reforzado.

En la gráfica se obtuvo una probabilidad de ocurrencia del 55.8% de profesionistas que no han realizado algún tipo de actividad relacionada con la rehabilitación de elementos de concreto reforzado, porcentaje del cual se resaltó que el 36.7% de esta cifra está conformado por profesionistas cuya experiencia laboral se encuentra en un rango entre 6 a 10 años en adelante, esto reafirmo la nula cultura que se encuentra en el ámbito de la rehabilitación a pesar de los años de experiencia.

La cantidad restante se identificó con una probabilidad de ocurrencia del 30.8% de profesionistas que a pesar de no contar con una capacitación han optado por realizar reparaciones con base a sus años de experiencia, siendo por ultimo una probabilidad de ocurrencia del 13.4% para profesionistas que optaron por la orientación adecuada del servicio de las pocas empresas especializadas que se encuentran en México.

Con base a los datos de la Fig. 1.2, se aplicó el análisis de la pregunta No. 7 “¿Cuál consideraría que sería la causa principal de no haber realizado hasta el momento la aplicación de algún método de reparación de elementos de

concreto reforzado?” mediante el formulario (Anexo 1), el cual determino los motivos que se presentan a los profesionistas para una nula participación en el ámbito de la rehabilitación, mostrando los siguientes resultados en la Fig. 1.3

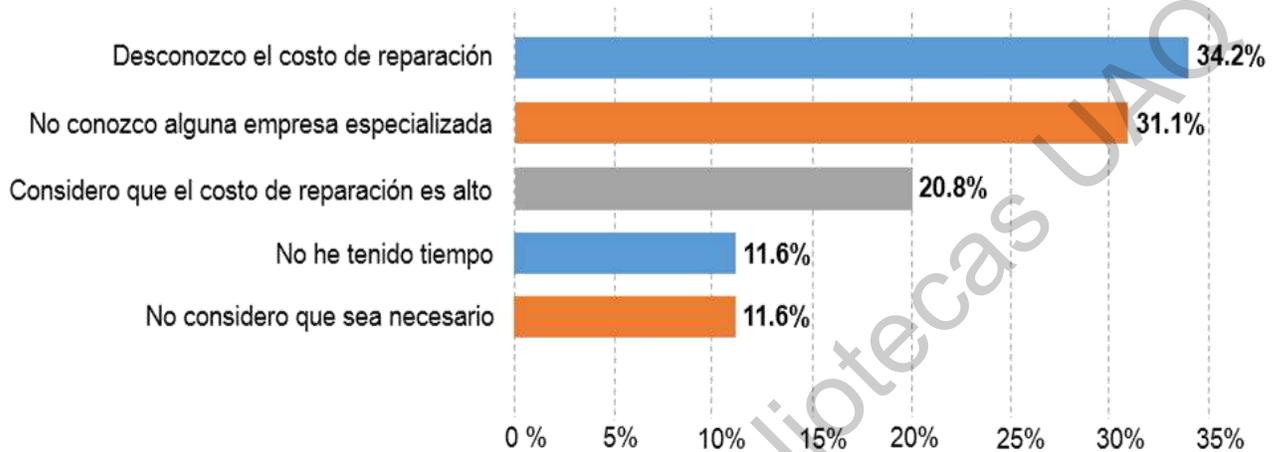


Fig. 1.3 Gráfica de resultados de la causa principal por la nula participación en métodos de rehabilitación de concreto reforzado.

En la gráfica se definió las causas principales con una probabilidad de ocurrencia del 34.2% para profesionistas que desconocen el costo de reparación de un método de rehabilitación y del 31.1% para profesionistas que desconocen alguna empresa especializada que preste servicios para la rehabilitación de elementos estructurales de concreto reforzado, lo cual nos muestra que la falta de información refleja como consecuencia que se posterguen las reparaciones pertinentes que se requieran provocando que el daño sea mayor conforme el paso del tiempo.

1.3.2 Definir el método de rehabilitación a evaluar de un elemento estructural de concreto reforzado.

Se analizó la pregunta No. 3 **“Menciona algún método de reparación de elementos de concreto reforzado que conozca”** mediante el formulario (Anexo 1), para identificar el método de rehabilitación de elementos de concreto reforzado más conocido por profesionistas en el ámbito de la construcción, mostrando los siguientes resultados en la Fig. 1.4

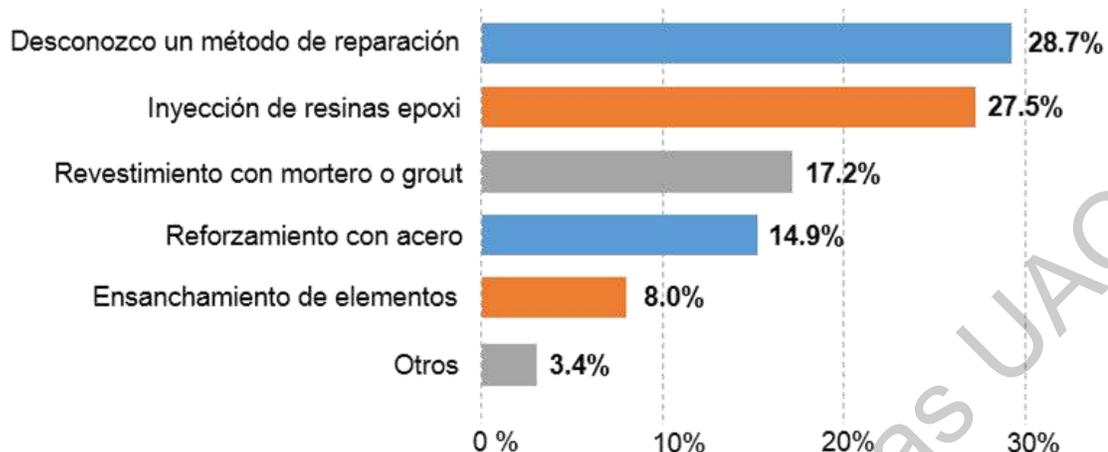


Fig. 1.4 Gráfica de resultados del conocimiento de métodos de rehabilitación de concreto reforzado.

En la gráfica se obtuvo una probabilidad de ocurrencia del 28.7% para los profesionistas que desconocen algún método de rehabilitación, porcentaje del cual se identificó que 1/3 de esta cifra debido a la falta de información, opto por sugerir la reconstrucción total o parcial del elemento estructural de concreto reforzado.

Para definir la técnica a evaluar se consideró la mayor probabilidad de ocurrencia elegida por los profesionistas, siendo con un 27.5% el método de inyección de resinas epoxi y mediante la aplicación del datos obtenidos del análisis de la pregunta No. 4 “¿Conoce el costo de algún método de reparación de elementos de concreto reforzado?” de la encuesta (Anexo 1), se identifica que la información complementaria que se requiere son los costos de reparación de este método.

Capítulo 2 . Estado del Arte

El concreto reforzado se ha empleado por su condición de servicio favorable el cual aumenta el ciclo de vida de las estructuras, siendo una combinación de los siguientes materiales: cemento portland el cual se produce moliendo Clinker, que se obtiene mediante la calcinación de las materias primas, una mezcla de caliza y arcilla y acero de refuerzo. (Taylor, 1997).

Debido a que se sitúa el pH de la fase acuosa contenida en los poros del concreto en valores entre 12.6 y 14, siendo el extremo más alcalino de la escala de pH, en presencia de cierta cantidad de oxígeno, permiten que el acero de refuerzo se encuentre con una capa de pasividad, el cual es un recubrimiento de una capa de óxidos transparente, compacta y continua que lo mantiene protegido por periodos indefinidos, aun en presencia de humedades elevadas en el concreto (Terradillos Garcés Pedro, 2008).

Sin embargo el concreto reforzado por su compleja naturaleza también tiene como consecuencia la presencia de fallos, como lo es el agrietamiento ya sea interno o superficial de sus capas (Francois & Arliguie, 1991).

Al presentarse el agrietamiento y debido a su permeabilidad y naturaleza alcalina causa reacción por la disolución del dióxido de carbono atmosférico en el agua se encuentra en la masa de hormigón, lo cual provoca un deterioro acelerado en la estructura, ya que permite el acceso a los agentes externos tales como los cloruros, sulfatos y carbonatos y los dirige al área con pH más bajo, es decir, el acero de refuerzo, posteriormente manifestando el fenómeno de la corrosión. (Chandler Christophe, 2002)

Este deterioro que se presenta en el concreto reforzado aparecen como alteraciones que se muestran de forma gradual durante el tiempo de exposición, estos fenómenos se clasifican de acuerdo a diversos mecanismos, tales como se muestra en la siguiente tabla. (Posada Bustamante, 1993)

Tabla 2.1 Mecanismos de deterioro del concreto (*Posada Bustamante, 1993*)

MECANISMO	REACCION	FENOMENOS DE ALTERACIONES
Físico	Disolución de compuestos	Aumento de porosidad y permeabilidad de la pasta en el medio, pérdidas de masa, de resistencias mecánicas
Químico	Intercambio de iones compuestos	Formación de compuestos solubles de la pasta con los medios. Los mismos del mecanismo físico
Fisicoquímico	Formación de compuestos con aumento de volumen	Formación de compuestos poco solubles y expansivos, aumento de tensiones externas. Fisuración, caídas de resistencias mecánicas
Electroquímico	Formación de celdas, ánodos y cátodos	Caídas de resistencia, pérdida de masa, pérdida de adherencia, fisuración, desmoronamiento, desintegración

Una vez que se presenta este fallo, se determina de acuerdo a los grados de tolerancia para los diversos espesores que se pueden presentar en los elementos de concreto reforzado, siendo considerado significativo un agrietamiento a partir de cuándo el diámetro se aproxima a un cuarto de pulgada (6.35 mm) y puede ser la indicación de un problema estructural potencialmente grave (House Master, 2004).

Aplicando también como herramienta de medición con parámetros termodinámicos y cinéticos en estructuras de concreto reforzados debido a su gran utilidad para establecer diagnósticos sobre el alcance del proceso de corrosión que se presenta en el acero de refuerzo y la evaluación de medidas pertinentes para su protección y/o rehabilitación (Instituto Mexicano del Transporte, 2001).

Esto contradice lo establecido por el ACI 201, el cual nos define que la durabilidad del concreto es considerada como la capacidad para mantener en su totalidad la

calidad y sus condiciones de servicio de forma original ante el desgaste del tiempo, agentes ambientales y abrasión (American Concrete Institute, 2002).

El concreto de refuerzo posee un límite de vida útil, el cual es alcanzado cuando sus propiedades se han deteriorado a tal punto que las condiciones de servicio se consideran que presentan inseguridad estructural y antieconómica, como se observan en las Fig. 2.1 y 2.2 (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2001).



Fig. 2.1 Agrietamiento por corrosión del acero de refuerzo en columna. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2001)



Fig. 2.2 Daño en cerramiento por corrosión del acero de refuerzo. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2001)

Se definió un modelo de vida útil que representa el tiempo que tarda una estructura de concreto reforzado cumpliendo los servicios para los cuales ha sido diseñada. Los actuales reglamentos de construcción solicitan que en el diseño de una estructura se considere con una vida de servicio de al menos 50 años.

Dicho modelo se presenta en 2 fases: La primera fase es la Iniciación, en la cual el acero de refuerzo esta pasivado pero la penetración de sustancias agresivas a través de la superficie de concreto, generan la pérdida de esta pasividad.

La segunda fase: Propagación de la Corrosión, inicia una vez que se ha destruido la capa protectora y propaga la herrumbre por el desarrollo de las reacciones de oxidación en la superficie de las armaduras. El modelo se indica en la Fig. 2.3 (Tuutti, 1982).

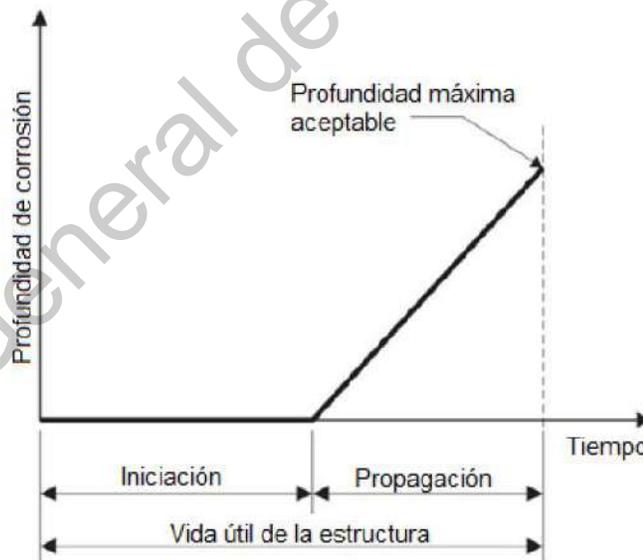


Fig. 2.3 Modelo de Tutti para el tiempo de vida útil de una estructura.
(Tuutti, 1982)

De acuerdo con los artículos 148 y 149 del Reglamento de construcción del Distrito Federal (Ciudad de México), existen estados límite se clasifican en dos grupos: estados límite de falla y estados límite de servicio. Los primeros se refieren a modos de comportamiento que ponen en peligro la estabilidad de la construcción

o de una parte de ella, o su capacidad para resistir nuevas aplicaciones de carga. Los segundos incluyen la ocurrencia de daños económicos o la presentación de condiciones que impiden el desarrollo adecuado de las funciones para las que se haya proyectado la construcción (CG Servicios , 2008).

La magnitud del daño ocasionado por la carbonatación en las edificaciones de concreto reforzado la podemos observar con los factores de tipo financiero, ya que los ingresos y los costos generados por las reparaciones y/o rehabilitaciones tienen alta incidencia en el mercado de la vivienda, debido a que muchas estructuras de concreto reforzado con apenas 10 o 20 años de servicio tienen que ser reparadas debido a su deterioro (Castro-Borges, 1998).

Es por ello que en la industria de la construcción la información de los costos adquiere gran importancia para la toma de decisiones debido a que afectan directamente la rentabilidad de todas las empresas (Cubillos & Lopez, 2010; Cubillos & Lopez, 2010).

En el caso de Estados Unidos se calcula que en 1998 se tuvieron pérdidas de 138 billones de dólares por gastos en corrosión, 21.5% fueron por daños en transporte (aviones, barcos y automóviles), 16.4% en infraestructura (vías ferroviarias, puertos, aeropuertos, ductos de gas) y 12.8% en producción y manufactura (explotación de petróleo, agricultura, electrónica, etc.) (Montañez, 2015)

Hoy en día se calcula un costo de 300,000 millones de dólares por fallas en la infraestructura en los Estados Unidos de América de los cuales mediante la aplicación de medidas preventivas para la corrosión se podrían evitar pérdidas de 100,000 millones de dólares (Instituto Mexicano del Transporte, 2001).

2.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento son trabajos que deben realizarse de forma cíclica para la atención de equipos y de componentes de las construcciones con el fin de subsanar

deficiencias y mantener de manera eficaz los servicios que brinden, buscando alargar la vida útil de las obras civiles y salubridad de las edificaciones con énfasis en aquellas que por su uso o por su ubicación se encuentran más expuestas al deterioro (Arencibia, 2008).

Es una actividad destinada a evitar gastos mayores en los edificios, especialmente en aquellos casos donde se han realizado grandes inversiones. Busca prevenir que se den fallas en las estructuras, cuyo costo de reparación es más elevado una vez que se presenten. (García F. , 2002).

Se le asocia un costo cinco veces menor que aquel necesario para la corrección de los problemas generados a partir de una intervención no preventiva. A su vez, está asociada a un costo 25 veces superior a aquel que habría ocasionado una decisión de proyecto para la obtención de mismo “grado” de protección y durabilidad de la estructura (Do Lago, 1997).

Y se culpa a la falta de implementación de un mantenimiento, los edificios degradados prematuramente, limitando su vida útil y deteriorando la calidad de vida de sus ocupantes. (Ricucci, 2003)

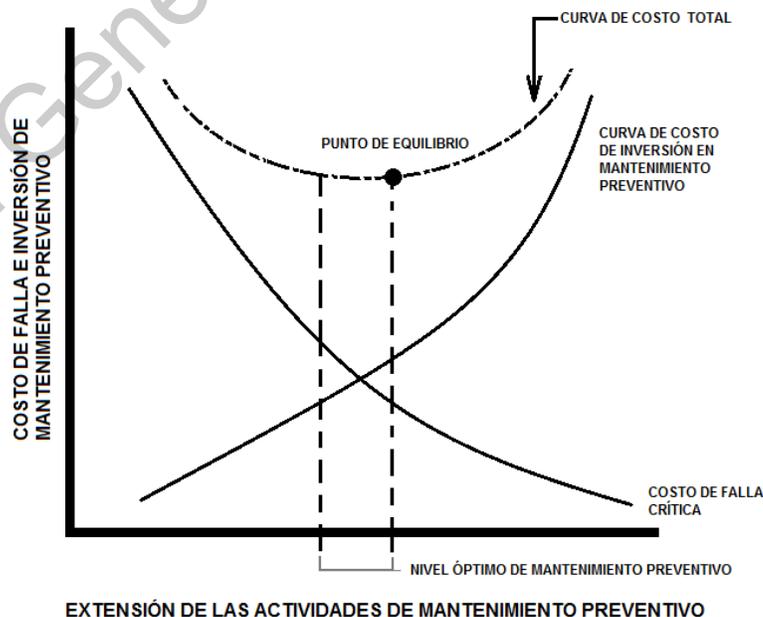


Fig. 2.4 Interrelación de los costos de falla e inversión en mantenimiento preventivo y la extensión de actividades de planificación. (Matulionis & Freitag, 1990)

Se señala en la Fig. 2.4 que cuanto mayor sea la inversión de mantenimiento preventivo, menos costosa es la corrección de fallas y deterioros, hasta que llega un punto donde el costo de planeamiento supera el costo de reparación y sustitución.

Siendo la tarea del administrador de edificios el llegar a un punto de balance procurando siempre mantener los costos al mínimo. Para establecer un punto de balance se debe asumir una vida útil del elemento evaluado, los costos que pueden incurrir, como inflación e impuestos (Matulionis & Freitag, 1990).

Como es el caso de muchos países y de México, la cultura sobre el mantenimiento preventivo es escasa cuando se observa anomalías o deterioro en las estructuras de concreto armado.

A continuación se observan las actividades y frecuencias con las cuales se debe aplicar mantenimiento e inspección a las estructuras de concreto reforzado para prevenir problemas en las estructuras.

Tabla 2.2 Actividades y frecuencias de actividades de mantenimiento en revestimiento para vigas y columnas (Olavarrieta, Bolognini, Dikdan, Rangel, & Rodríguez, 2011).

ACTIVIDAD	FRECUENCIA				
	QUINCENAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	OTRO
PINTURA			27.5%	6.5%	
LAVADO	13.5%	6.5%		13.5%	
LAVADO USANDO EQUIPO A PRESION DE AGUA	6.5%				
LAVADO CON ACIDO Y APLICACIÓN DE SILICON			6.5%		
LAVADO CON AGUA Y ACIDO	6.5%				
APLICACIÓN DE SILICON				6.5%	6.5%

Tabla 2.3 Actividades y frecuencias de actividades recomendadas para realizar el mantenimiento preventivo en las estructuras de concreto reforzado. (Olavarrieta, Bolognini, Dikdan, Rangel, & Rodríguez, 2011)

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).
	5 años	Revisar la resistencia del concreto. (Consultar un experto).
	10 años	Inspección del recubrimiento del concreto de las barras de acero (consultar un experto).
RENOVAR	5 años	Renovación de las juntas estructurales en las zonas de sellado que se encuentren deterioradas.

2.2 Ley de lo cinco de Sitter

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 (Camacho, 2009).

Para disminuir el costo de mantenimiento es importante aumentar la planificación, lo cual también es útil ya que hay una evaluación de los resultados de mantenimiento anteriores y a través del tiempo se puede comprobar si la inversión fue eficiente para la solución del problema.

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-causa-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 Fig. 2.5 (Do Lago, 1997).

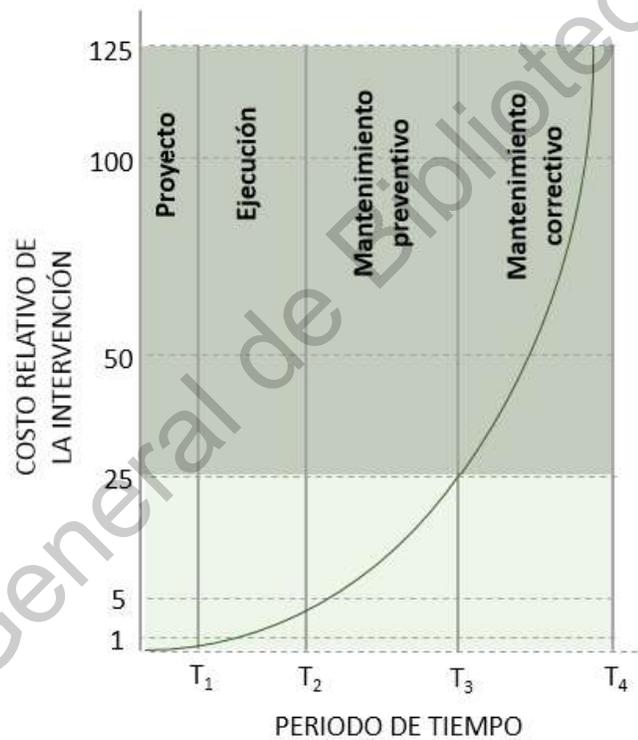


Fig. 2.5 Ley de la evolución de costos de Sitter. (Do Lago, 1997)

2.3 Evaluación de la condición actual de la estructura

Se inicia por una inspección visual en búsqueda de manchas de óxido en los elementos de concreto reforzado o a consecuencia de la degradación del acero de refuerzo y la disminución de las características de adherencia del concreto reforzado, fisuras que permiten el desprendimiento de trozos de concreto afectando la integridad estructural y perdiendo su funcionalidad (Instituto Mexicano del Transporte, 2001).

La inspección visual puede desarrollarse en 2 etapas, la etapa no destructiva consiste en realizar la observación externa de la estructura para evaluar la condición del concreto, identificar manchas, erosiones, productos de corrosión o agrietamiento del concreto en dirección del acero de refuerzo.

La segunda etapa corresponde a una prueba destructiva que consiste en descubrir y exponer el acero de refuerzo, para registrar características como de laminación o productos en la interface acero-concreto.

Sin embargo si en la estructura se observan otros tipos de degradaciones como grietas con una separación de 0.1 mm, de laminaciones, barras de acero de refuerzo expuestas con corrosión visible, dicha estructura se encontrara más allá de su vida útil, es decir, en el periodo de su vida residual.

El periodo de la vida residual tiene un límite inaceptable de durabilidad, el cual se podría expresar en función de la capacidad de carga del elemento estructural (Instituto Mexicano del Transporte, 2001).

2.4 Mantenimiento correctivo.

En este periodo se encuentran los trabajos de reparación, refuerzo y protección de las estructuras que ya perdieron su vida útil de proyecto y presentan manifestaciones patológicas, o sea, corrección de problemas evidentes. A estas actividades se puede asociar un costo 125 veces superior al costo de las medidas que podrían y deberían haber sido contempladas en la fase de diseño que resultarían en el mismo nivel de durabilidad y protección (Do Lago, 1997).

Por lo cual la ley de Sitter explica que el aplazar una intervención significa que los costos directos aumenten en progresión geométrica de razón de 5.

2.5 Costos en la construcción

Los costos son la asignación de valores a los recursos para la fabricación de un bien o prestaciones de servicios, sin involucrar los gastos de operación los cuales se representan en los gastos de administración y ventas.

Siendo también necesario la cuantificación de los recursos para poder determinar el costo total y costo unitario del bien o la prestación de servicios. (Altahona Quijano, 2009)

Y los gastos comprenden todos los costos expirados que pueden deducirse de los ingresos, donde se incluyen los gastos de operación, ventas, o administrativos (impuestos e intereses). (polimeni, 2008)

La mejor forma de establecer un precio radica en añadir un margen sobre los diferentes conceptos que agrupados suponen el costo del producto, este margen determina el beneficio, en función de una formula conocida como:

$$\text{Precio de costos} + \text{beneficios} = \text{Precio de venta} \text{ (Sangri Coral, 2008)}$$

A su vez para obtener la valoración de los costos unitarios se determina mediante los gastos incurridos en mano de obra, materiales y gastos indirectos que se generan en la fabricación de algún objeto.

Definiéndose como valor a las unidades económicas para realizar la producción de bienes y servicios; constituidos por los pagos al empresario (intereses, utilidades), salarios a los empleados y a los bienes consumidos en el proceso constructivo (materia prima, combustibles). (García J. , 2014)

El diagrama establecido por Suarez Salazar sobre el análisis de costo para obtener de un procedimiento de construcción se muestra de la siguiente forma. (Suárez Salazar, 2002)

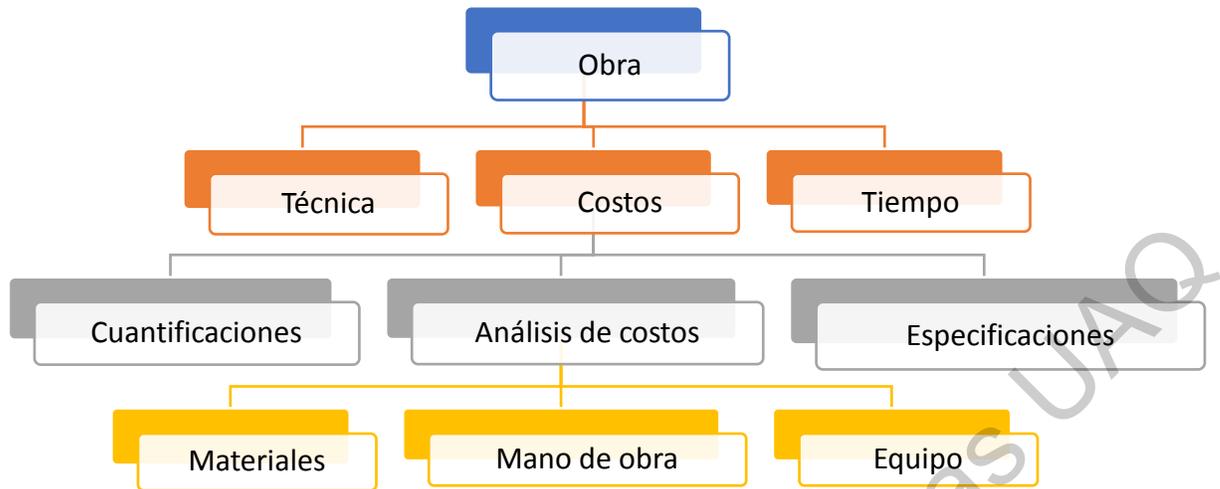


Figura 2.6 Diagrama de análisis de costos. (Suárez Salazar, 2002)

2.5.1 Materiales

Son los gastos que realiza el constructor en insumos para producir la ejecución del trabajo, los cuales se pueden clasificar de acuerdo a su condición de permanentes o conocidos como materia prima directa, como los materiales que se incorporan y pasan a formar parte del elemento final o su condición de temporales o conocidos como materia prima indirecta, que son los que se utilizan de forma auxiliar y no se integran a los trabajos finales. (Gonzalez Melendez, 2020)

Para los materiales temporales se deberá considerar el costo en proporción a su uso en los trabajos.

Las primeras funciones de la empresa son la obtención de materiales, suministros y servicios necesarios para la correcta ejecución de los trabajos y su calidad de acuerdo al reglamento de construcción, adquiridos a tiempo para asegurar la producción ininterrumpida y evitar sesgos. (García J. , 2014)

2.5.2 Mano de obra

Esto es el costo total que representa los salarios e impuestos de los trabajadores que tenga la empresa, y se pueden clasificar de la siguiente manera:

Mano de obra directa, la cual está en relación directa con la producción y mano de obra indirecta, la cual es la consumida en las áreas administrativas de la empresa que sirven de apoyo a la producción.

Y la mano de obra de Gestión, la cual corresponde al personal directivo de la empresa y la mano de obra comercial, generado por el área comercial de la empresa. (García J. , 2014)

Entendiéndose como salario base al salario mínimo que recibe un trabajador en la construcción y al salario real de un trabajador partiendo de un salario base, incrementándole la prima vacacional, aguinaldo, seguro social, infonavit y el factor del salario real, siendo este factor el resultado de la relación entre el periodo considerado total entre el periodo trabajado real. (Carlón Acosta, 2017)

2.5.3 Equipo y herramienta

Es el costo que deriva del uso correcto de las maquinas o equipos necesarios para la correcta ejecución del trabajo, de acuerdo a las normas de calidad. Siendo el costo directo por equipo de seguridad el correspondiente al valor de la compra del equipo para la protección personal del trabajador que requiere para trabajar en situaciones de riesgo que se puedan presentar durante la realización de los trabajos de la obra. (Gonzalez Melendez, 2020)

Y el costo por herramienta se presenta mediante un porcentaje, el cual representa el desgaste físico que presentan las herramientas que emplean los trabajadores para la correcta ejecución de los trabajos y que debe ser tomado a consideración por la depreciación que se genera en las herramientas y equipo de trabajo y que repercute a mediano o largo plazo en los costos de la construcción ya que sería necesario la nueva adquisición para el reemplazo de las mismas al terminar su ciclo de servicio o que se impida la correcta funcionalidad.

2.5.4 Costos Indirectos

Son los costos que no son conocidos como mano de obra y materiales directos, aquellos que no pueden cuantificarse con los productos terminados o áreas específicas. (Altahona Quijano, 2009)

Estos corresponden a los gastos que se requieren para la correcta ejecución de los trabajos y que no están contemplados en los costos directos, comprendiendo entre otros: gastos de administración y papelería, vigilancia y supervisión, transporte y combustibles, prestaciones al personal directivo y administrativo, es decir, todos los elementos que sirvan como auxiliares para los costos directos y que no se pueden asignar a una unidad de referencia en concreto, sino a criterios más generales.

Se encuentran dentro de los parámetros considerados aceptables para la administración central entre el 5 y 7% y administración de gastos de campo entre el 6 y 8%, sin embargo se recomienda para un control de cada obra el recalcular los gastos de costos indirectos para la obtención de los gastos reales para cada trabajo en particular. (Gonzalez Melendez, 2020)

El costo por financiamiento corresponde a los gastos por la inversión de recursos propios que realice el contratista para la correcta ejecución de los trabajos, el cual estará representado por un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos.

El cargo por utilidad es la ganancia la cual es determinada por el contratista y que se recibe por el mismo, para este cálculo se considerara el impuesto sobre la renta y la participación de los trabajadores en las utilidades de las empresas a cargo del contratista. (Gonzalez Melendez, 2020)

Según Suarez Salazar, se ha definido como Costo Directo a “La suma de materiales de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo”. (Suárez Salazar, 2002)

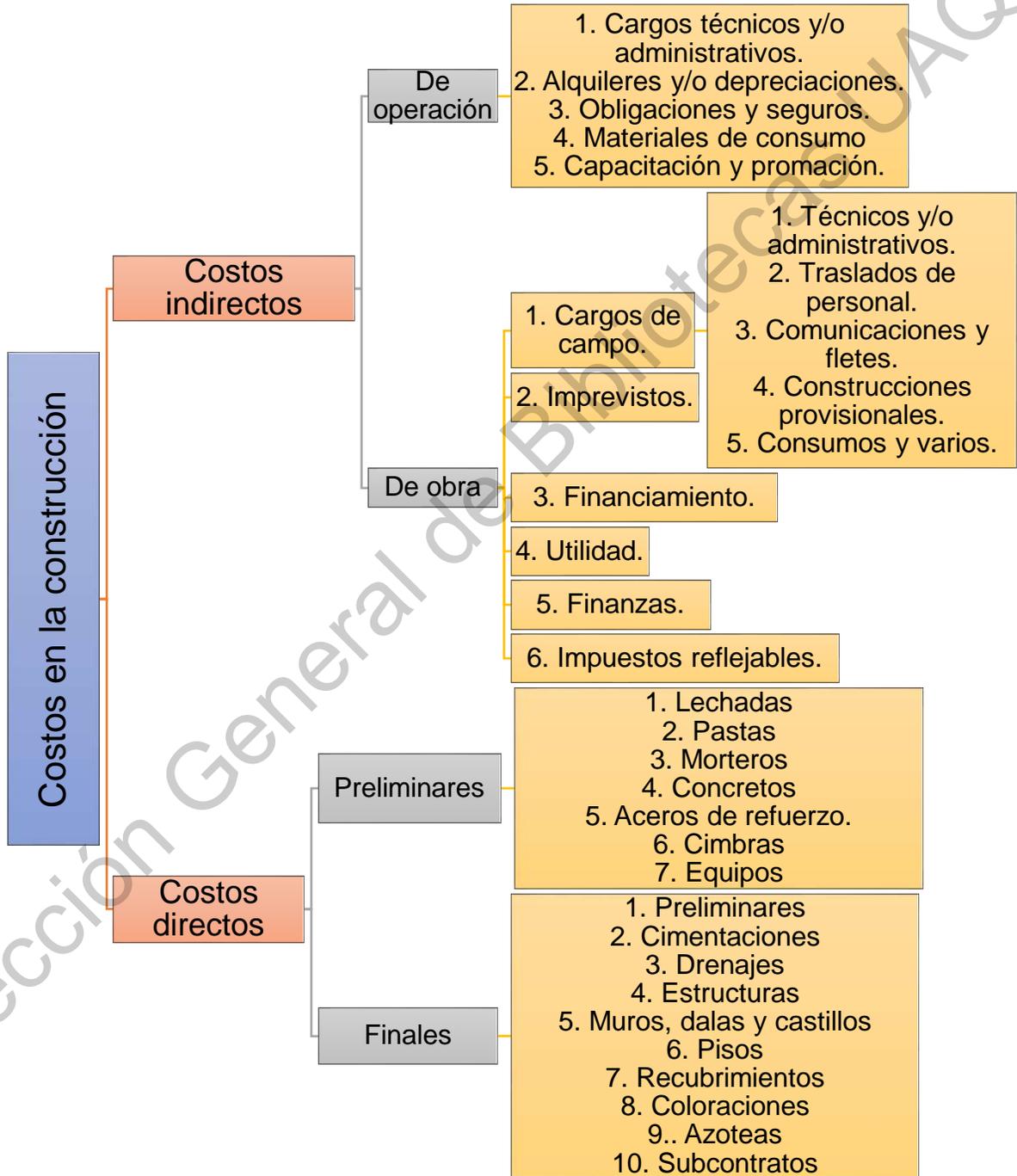


Fig. 2.7 Clasificación de costos en la edificación. (Suárez Salazar, 2002)

2.6 Métodos de costos unitarios

2.6.1 Método ABC

El método de costeo ABC es un modelo matemático que se basa en la implementación de estrategias operacionales y de precios mediante la cuantificación de los factores generados de los costos directos e indirectos de los trabajos, esto mediante el estudio de los procesos constructivos y la clasificación de actividades de acuerdo a su importancia en la correcta ejecución del trabajo, ya que se aporta a la administración un detallado seguimiento del flujo de las actividades y los objetos de costo los cuales permiten asignar el precio más cercano a la realidad (Calero, 2015).

Para este costeo se consideran los datos de objetos de costos, generadores de costos, fórmulas de asignación de costos, grupo de recursos de las actividades a realizar y una base de asignación de costos para el correcto funcionamiento del método de costeo ABC.

Este método obtiene su nombre debido a que se maneja mediante las clasificaciones de actividades según su importancia como sus siglas lo indican, ya sea en relación a su costo, consumo o características de almacenaje, la clasificación se maneja de la siguiente manera, por ejemplo: Las partidas A son las de mayor importancia en el proceso constructivo, son las cuales requieren de un control máximo con base de técnicas refinadas y las cuales repercuten de manera directa en los costos de las actividades de manera exponencial, las partidas B son de importancia media en el proceso constructivo, son las cuales requieren de control normal y revisiones periódicas debido a que auxilian a las actividades principales en su ejecución y las partidas C son de poca importancia en el proceso constructivo porque son las cuales requieren de un control menor debido a que representan solo el 10% del valor de los inventarios, sin embargo a pesar que no suelen tener el seguimiento adecuado es necesario contemplar cada una de las actividades de

cada proceso constructivo para poder determinar valores reales. (Gonzalez Melendez, 2020)

2.6.2 Método Híbrido

Este método aplica cuando es solo un elemento, cuya demanda es independiente, aleatoria, discreta y no estacional. Es una combinación de modelos del manejo del inventario: el EOQ y el del punto de renovación del pedido.

Se consideran los datos del costo de un nuevo pedido al proveedor, la demanda de productos, el costo anual por mantener productos en inventario, el tiempo de entrega, etc. para su funcionamiento.

El método busca definir las cantidades del pedido para que los costos generados en el manejo del inventario alcancen costo mínimos, optimizando la valuación de estos procesos, los cuales se determinan mediante la aplicación de la fórmula de Wilson del modelo de la cantidad económica de pedido, sin embargo, no considera los costos de calidad que se origina cuando un producto o servicio no cumple con las expectativas del cliente. (Izar Landeta, Ynzunza Cortes, & Sarmiento Rebeles, 2015)

Sin embargo su principal función es la de la optimización de inventarios para empresas que brinden servicios o productos a los usuarios.

2.7 Métodos de rehabilitación de concreto reforzado

La rehabilitación en las construcciones son aquellas intervenciones que benefician a la obra ya sea para una adecuación funcional o adecuación estructural en salubridad, confort u habitabilidad.

El término rehabilitación suele abarcar toda la actividad definida como habilitar de nuevo a su antiguo estado, actuando sobre lo ya construido, la diferencia con el término restauración radica en el uso final que se le dé a la construcción, ya que se considera rehabilitación solo si se le da otorga el uso original al edificio. (García Frutos & Boixader, 2009)

El termino restauración se puede definir también por los verbos recuperar, recobrar o reparar, el cual es el conjunto de operaciones llevadas a cabo para recuperar la imagen original del edificio.

Las obras de restauración se realizan principalmente para los edificios monumentales, es decir, que se encuentran catalogados como históricos y usualmente se realizan actividades como extracción de elementos a la fachada, que no sean originales, e intervenciones en cornisas, molduras y ornamentos que restauren el ritmo original de las obras. (Tena & Hernández, 2016)

En las Figuras 2.8 y 2.9 se realizó un concentrado de los diferentes métodos de rehabilitación de elementos estructurales de concreto reforzado existentes que se pueden aplicar de acuerdo a su ancho de grieta en mm, el cual se determinar mediante la inspección visual del elemento a rehabilitar, resaltando el límite de tolerancia de 6.35 mm de ancho de la grieta que posee una estructura antes de considerarse con un problema potencialmente grave y a partir del cual se deben de tomar las medidas pertinentes consultado a un especialista.

Y en la parte inferior de las figuras se encuentra un breve resumen del procedimiento en el que consiste cada método de rehabilitación, empezando por los procedimientos más superficiales hasta los procedimientos más invasivos que requieren una mayor intervención en los elementos, también incluyendo a los métodos que son considerados preventivos debido a que son auxiliares porque restauran parte de la resistencia original que posee el acero de refuerzo pero requieren posteriormente la aplicación algún otro método de rehabilitación para concluir con el trabajo.

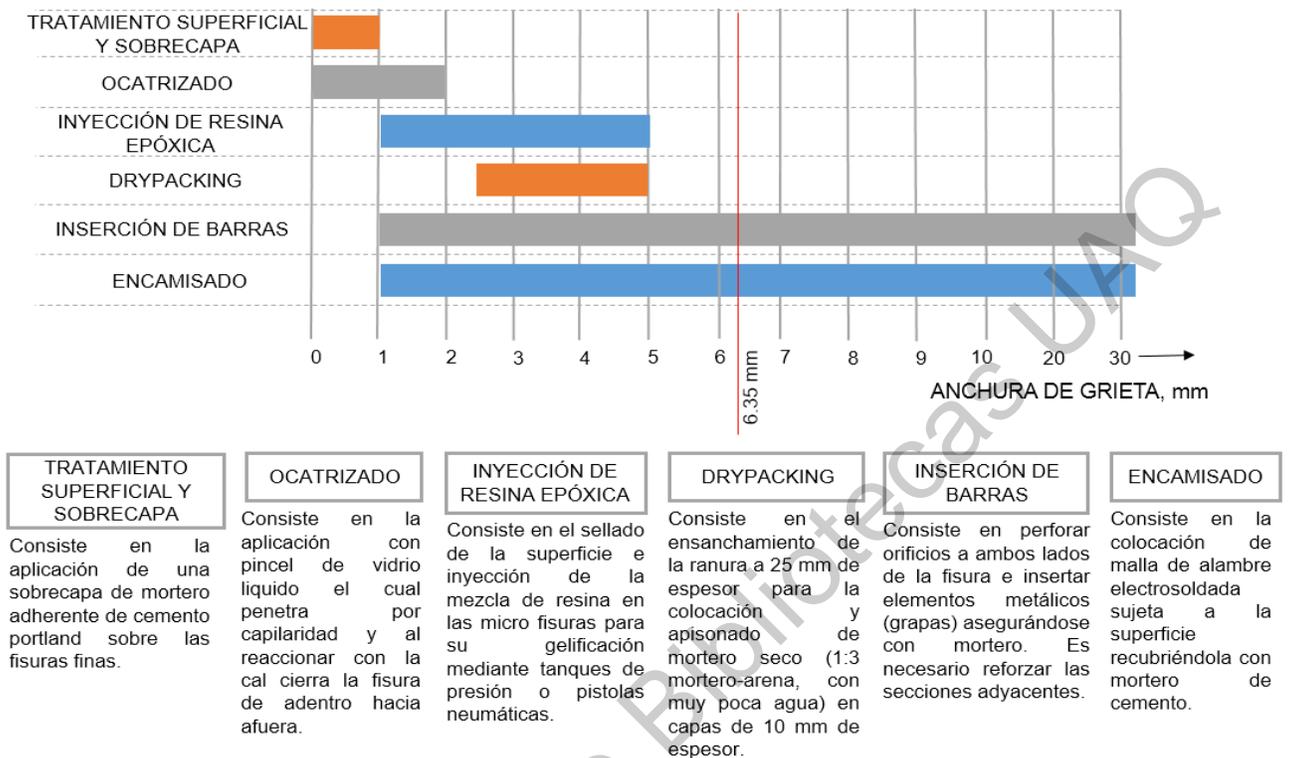


Fig. 2.8 Métodos de rehabilitación de acuerdo al ancho de la grieta.

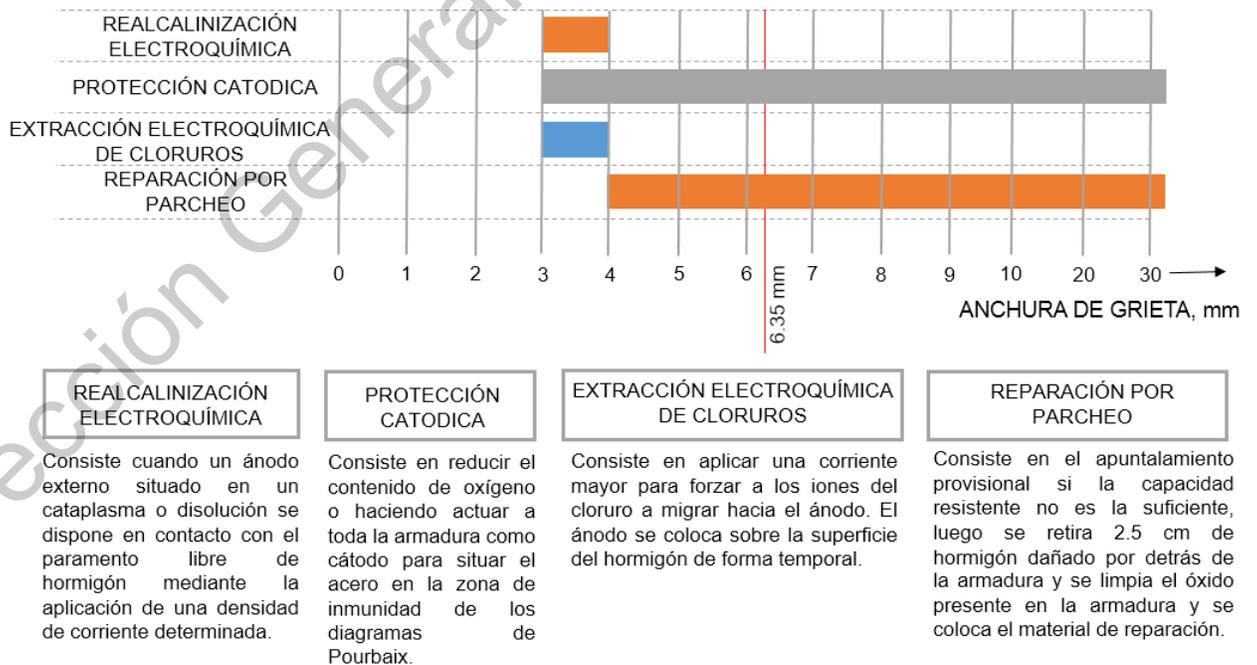


Fig. 2.9 Métodos de rehabilitación de acuerdo al ancho de la grieta.

2.8 Método de rehabilitación de Inyección de resina epóxica

De acuerdo a los datos provistos en manuales por empresas especializadas en la rama de la rehabilitación se indica el procedimiento para la correcta ejecución del método de inyección de resina epóxica. (Sika España, 2009)

2.8.1 Preparación de la superficie

Para el tratamiento de las fisuras o grietas se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- a) La correcta limpieza de las superficies.
- b) Los tratamientos para restablecer la capacidad estructural se deben realizar con un producto o sistema adherente.
- c) Las fisuras que deben absorber el movimiento se deben reparar de manera que formen una junta que atraviese completamente el espesor del material para reparación y que esté dispuesta de modo que absorba el movimiento. El material de relleno debe ser flexible.

Las fases de la preparación consisten en:

1. Limpieza. El soporte debe estar exento de polvo, grasa, aceite, restos de hormigón, cualquier sustancia que reste o impida la adherencia del tratamiento. Si la aplicación del tratamiento (trabajo de inyección) no se realiza inmediatamente después de la limpieza de las superficies se deben proteger contra el riesgo de una nueva contaminación.

Para la limpieza de las superficies se pueden utilizar los siguientes sistemas:

- Mecánica, abrasiva y a percusión.
- Decapado con abrasivo o con arena.
- Decapado con agua a baja presión sin sobrepasar 18 MPa y cuando se necesiten volúmenes pequeños de agua, hasta 60 MPa.

La limpieza de las superficies de hormigón, sin necesidad de eliminar el recubrimiento de hormigón (espesores menores de 2 mm) se realiza normalmente con agua a baja presión sin sobrepasar los 18 MPa.

La limpieza con agua a alta presión puede eliminar un recubrimiento superficial de hormigón de hasta una profundidad de 2 mm.

2. Picado del hormigón. En caso necesario de sanear las superficies hasta una profundidad de 15 mm, se realizará mediante el picado de forma que además se proporciona una superficie rugosa que ofrece una buena adherencia con el mortero de reparación.

3. Regeneración de la superficie. Esta se realizará mediante morteros base epoxi, aplicados a mano, en el caso de que no haya presencia de agua o humedad del hormigón. En caso contrario, la regeneración de la superficie se realizará mediante morteros a base de cemento.

Cuando se utilicen morteros base epoxi, los trabajos de inyección se comenzarán 24 horas después de la aplicación del mortero. En el caso de morteros a base de cemento el tiempo de espera será de 3 días.

2.8.2 Aplicación / Ejecución

Se diferencia entre Inyección desde la superficie e Inyección interna. Las reparaciones estructurales de las fisuras se pueden realizar mediante inyección desde la superficie o con inyección interna, esto dependerá de la profundidad y características de la fisura o grieta.

Procedimiento de ejecución de inyección desde la superficie. Este es un procedimiento habitual cuando las fisuras tienen poca profundidad. Consiste en la fijación de inyectores en la superficie de la fisura y la presión de inyección es baja (1-4 bar).

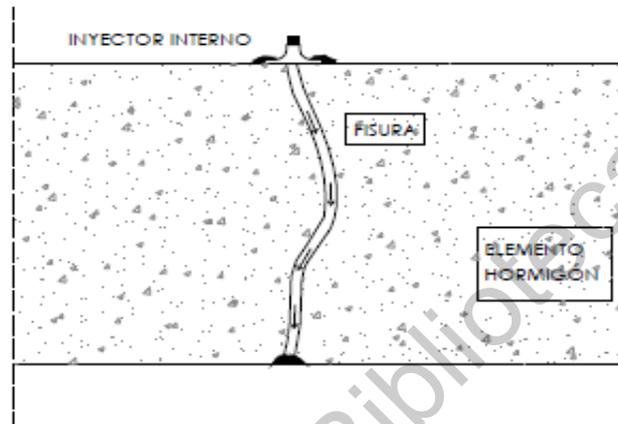


Fig. 2.8 Sección de inyección desde la superficie.
(Sika España, 2009)

1. Colocación de los inyectores de superficie sobre el trazado de la fisura. La distancia entre inyectores dependerá del espesor del elemento estructural. También se colocarán los inyectores de superficie en las bifurcaciones de las diferentes ramificaciones de las fisuras, respetando la separación entre inyectores.
2. El inyector se adhiere sobre la superficie, primero se introduce un clavo en el agujero del inyector, de manera que evita la entrada del adhesivo en el conducto que servirá para la inyección de la resina, y además nos sirve de guía para colocarlo justo sobre la fisura como se indica en la Fig. 2.9

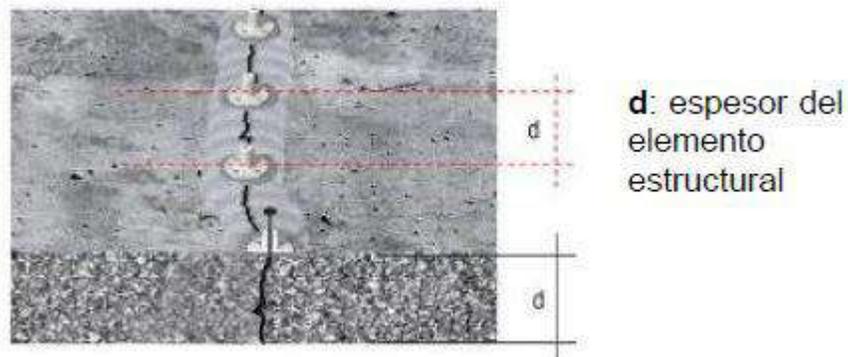


Fig. 2.9 Detalle de la colocación de inyectores de superficie. (Sika España, 2009)

Para adherir el inyector de superficie se pone un cordón de adhesivo en todo su perímetro y se pega a la superficie con suaves giros de manera que el adhesivo rebose por los agujeros del inyector y por los bordes.

3. Una vez colocados, se sella el resto de la fisura y alrededor de los inyectores para impedir la fuga del material de inyección. El tiempo de espera será de 24 horas después de colocada la masilla epoxi, una vez endurecida como se indica en la Fig. 2.10



Fig. 2.10 Sellado del trazo de la fisura. (Sika España, 2009)

Se debe comprobar que no existen obstrucciones en el recorrido de lo que será la inyección. Esto se realiza inyectando aire (exento de humedad y aceite) en dos inyectores, cerrando el resto.

4. Se coloca la válvula anti retorno en el primer inyector, en el caso de fisuras verticales el primer inyector es el situado abajo del todo, y para las fisuras en planos horizontales el primero será el de un extremo.
5. Se procede al mezclado del producto de Inyección.
La inyección, se puede realizar bien, rellenando cartuchos vacíos e inyectando con una pistola manual. O bien mediante una bomba de inyección mono componente.

6. Se comienza la inyección por el primer inyector y en el momento que comienza a salir resina de inyección por el inmediatamente superior, se coloca la válvula anti retorno y se continúa con la inyección desde este inyector, y así sucesivamente hasta el llenado total de la fisura.

En caso necesario, se puede realizar una segunda inyección dentro de los tiempos de espera.

7. Una vez completada la inyección, se deja transcurrir el tiempo necesario para que el producto cure y endurezca correctamente, y pasado este tiempo se puede retirar los inyectores para dejar un acabado estético.

Capítulo 3 . Metodología.

En este capítulo se describirá la metodología aplicada para llevar a cabo la investigación, primero determinando los valores, población y técnicas realizadas para el enfoque de esta investigación.

3.1 Tipo de investigación

El problema en materia de investigación es determinar el conocimiento respecto a la aplicación de los costos de los métodos de reparación o rehabilitación, correspondiente a una investigación del tipo cuantitativo, dado que mediremos los resultados obtenidos mediante el uso de las teorías utilizadas para resolver los problemas. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

La investigación es del tipo no experimental, siendo un estudio transaccional ya que la recolección de los datos de la muestra de la población se hizo en un parámetro de tiempo único.

3.2 Enfoque de la investigación

Se buscó establecer específicamente el costo de los materiales, mano de obra, equipo y herramientas para poder realizar los trabajos para rehabilitar las fallas del tipo agrietamiento en los elementos estructurales de concreto reforzado. Se tendrán en cuenta los costos directos ya mencionados y se calcularán los costos indirectos reales para obtener el precio unitario de este tipo de trabajo.

El estudio de investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que se realizó la recolección y análisis de datos, instrumentos de medición numérica y la probabilidad estadística con el fin de probar la hipótesis establecida. (Chino Marroquin, 2018)

3.3 Alcance de la Investigación

La siguiente investigación tiene alcances descriptivos debido a que busca especificar características particulares para obtener el precio unitario de un método de reparación de un elemento de concreto reforzado, en este caso particular se enfoca en el precio unitario para la rehabilitación del agrietamiento por medio del método de inyección de resina epóxica para un elemento estructural de concreto reforzado.

Este paso se determinó con el análisis de los datos que se muestran en la Fig. 1.4 obtenidos mediante el formulario de encuesta (Anexo 1) con el fin de averiguar cuál es el método más conocido por los profesionistas y las ventajas que presenta en comparación de otros métodos y posteriormente la información que se requiere para la aplicación del mismo.

Se determinó al costo como el factor variable desconocido en la recolección de datos de la muestra, por lo que se consideró integrando los materiales, mano de obra y costos indirectos para establecer un precio unitario para este método.

3.4 Población y muestra de la investigación

La población de la siguiente investigación está constituida por profesionistas que tienen experiencia laborando en la rama de la construcción.

La muestra está conformada por una parte de la población de 380 profesionistas titulados en ingeniería o arquitectura con experiencia profesional a partir de 1 año en adelante, esta cantidad se determinó mediante la fórmula de muestra probabilística. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

3.5 Técnicas de Recolección de Datos

Para el presente estudio se utilizaron las técnicas:

- a) Análisis documental (Procedimientos constructivos de la reparación de elementos de concreto reforzado).
- b) Metodologías de costos (Procesos para identificar costos de operación, materiales y equipo).
- c) Entrevistas (Método de recolección de datos sobre el conocimiento de métodos de reparación de concreto reforzado).

3.6 Instrumentos para la Recolección de Datos

Para la obtención de información se utilizarán los siguientes instrumentos:

- a) Formulario de costos (Mano de obra, Equipo, costos directos y costos indirectos).
- b) Hojas de cálculo (Programa Excel).

3.7 Procesamiento de los Datos.

Los datos se procesaran en Excel, usando la misma herramienta para la obtención de los análisis en los gráficos y tablas empleados en esta investigación. (Chino Marroquin, 2018)

3.8 Metodología para análisis del precio unitario general

A continuación se enumeran el desarrollo de una metodología general para la elaboración de una metodología especializada en la fijación de precios unitarios de un proceso constructivo:

1. Identificar el elemento estructural a evaluar.
2. Determinar el grado de daño en el elemento, mediante una inspección visual para verificar el ancho del agrietamiento.
3. Seleccionar el método de rehabilitación relacionado al ancho del agrietamiento con base a la Fig. 2.7 y 2.8

4. Aplicar la metodología de costos adecuada para determinar los costos de producción y administración.
5. Establecer las cantidades para costos directos como material, mano de obra y equipo correspondiente a cada actividad.
6. Calcular los costos indirectos.
7. Fijar el precio unitario para la rehabilitación del elemento estructural.

Nota: Se recomienda añadir como factor de holgura la inflación correspondiente al impacto en los costos de las obras del año en curso proporcionado por la CMIC (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción) para ajustar el precio unitario obtenido. (Centro Nacional de Ingeniería de costos, 2020)

A continuación se muestra un diagrama de flujo de la metodología que se llevó en apartado anterior.

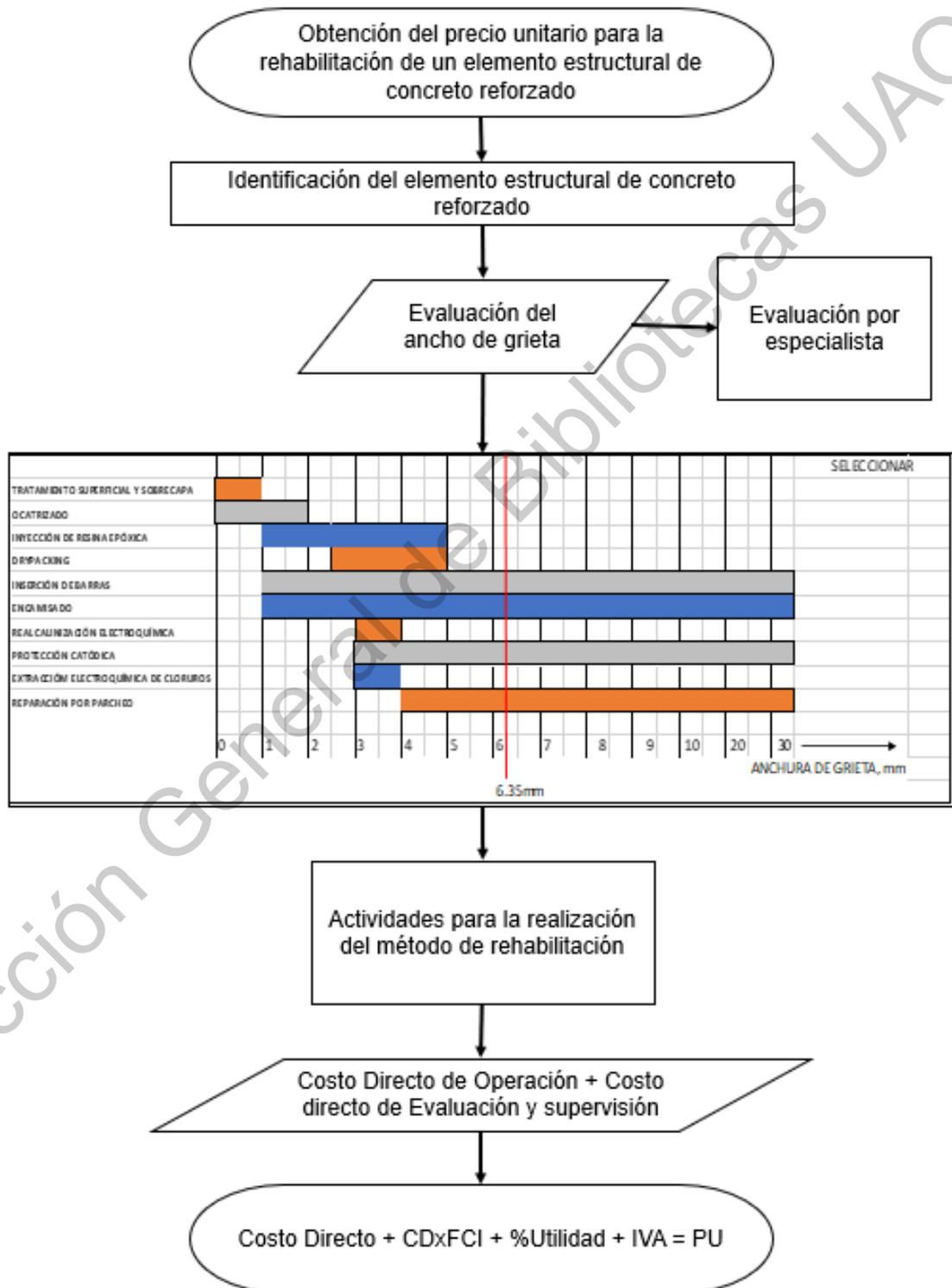


Fig. 3.1 Diagrama de flujo de metodología de costos general

Capítulo 4 . Resultados

4.1 Metodología para análisis del precio unitario particular

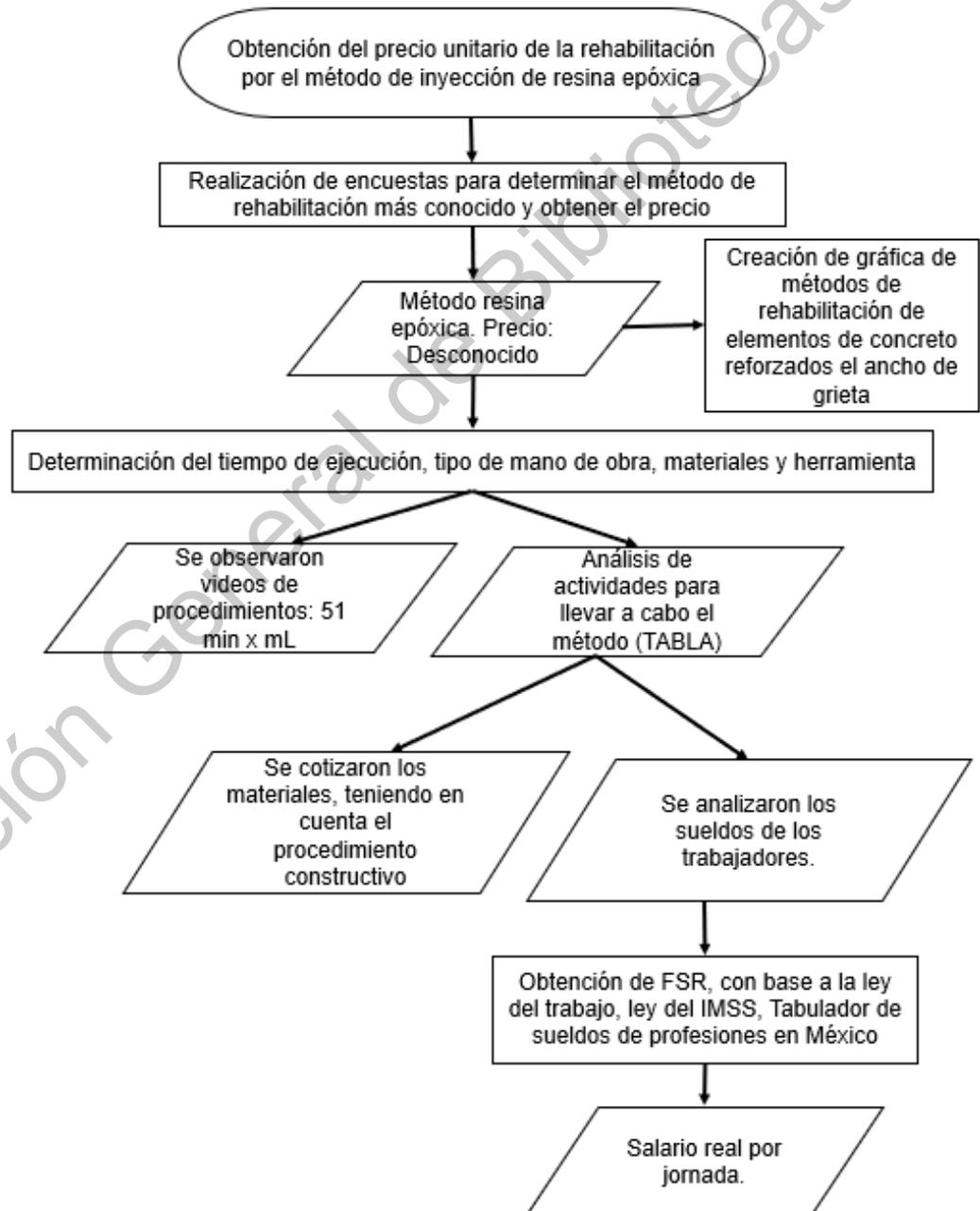
Para el desarrollo de la metodología se especificó un caso particular como ejemplo de una descripción de un tipo de elemento estructural de concreto reforzado sin embargo no repercute en la aplicación de esta metodología en el análisis de cualquier otro tipo de elemento estructural, como se muestra a continuación:

Muro de concreto reforzado de 4.00 m de largo x 2.00 m de alto x 0.20 m de espesor presente con variación en el agrietamiento de 2 a 4 mm de ancho a 1.5 m de altura ubicado en planta baja de una edificación comercial de 3 pisos.

1. Se identificó un muro de concreto reforzado como elemento estructural.
2. Se evaluó el ancho de agrietamiento con variación de 2 a 4 mm.
3. Se seleccionó el método de inyección de resina epóxica por su variación de 1 a 5 mm con base a la Fig. 2.7 y 2.8
4. Se estableció el método ABC que se basa en la cuantificación de los costos directos e indirectos generados, mediante clasificación de actividades del proceso constructivo.
5. Se identificó mediante manuales y video documentales provistos por empresas especializadas, las actividades para el procedimiento del método de inyección de resina epóxica.
6. Se determinó un parámetro para el análisis del precio unitario de 1 mL.
7. Se cuantifico las cantidades para materiales, mano de obra y equipo correspondiente para cada actividad para 1 mL.
8. Se indago sobre los precios actuales para materiales y equipo en el mercado nacional y salarios para mano de obra de acuerdo a la Ley Federal de Trabajo.
9. Se calculó los costos indirectos considerando personal de la empresa, alquileres y amortizaciones, obligaciones y seguros, gastos de oficina, combustibles, capacitaciones y promociones.

10. Fijar el precio unitario para 1 mL incorporando los costos directos e indirectos.
11. Añadir como factor de holgura la inflación del 3.59% correspondiente al impacto en los costos de las obras para el año 2020 proporcionado por la CMIC para ajustar el precio unitario obtenido. (Centro Nacional de Ingeniería de costos, 2020)

A continuación se muestra en la Fig. 4.1 un diagrama de flujo de la metodología que se llevó a cabo para la metodología de obtención de precio unitario:



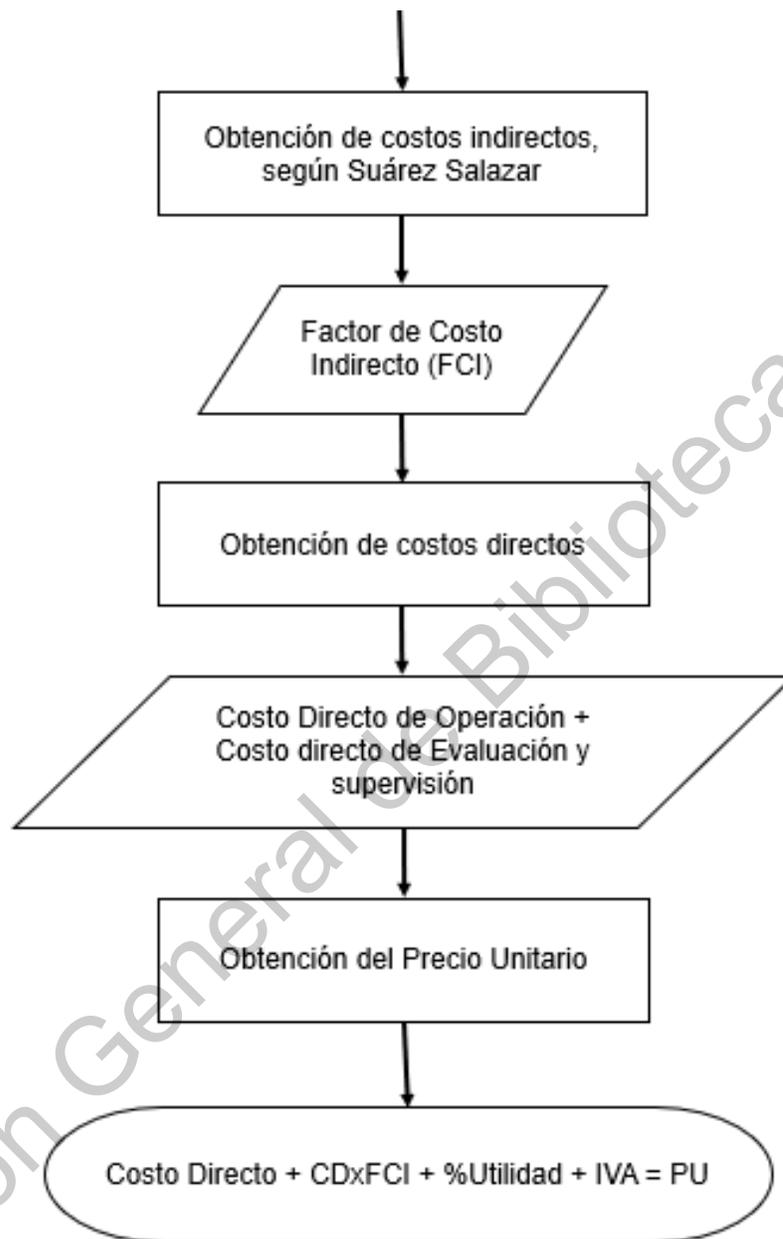


Fig. 4.1 Diagrama de flujo de metodología de costos particular

4.2 Análisis del precio unitario del método de rehabilitación de inyección de resina epóxica

4.2.1 Clasificación de actividades del proceso constructivo

Se clasifico de acuerdo al Método ABC las actividades desde trabajos preliminares hasta finales del procedimiento para el método de inyección de resina epóxica, cuantificando mediante el análisis documental las cantidades correspondientes de material y equipo para cada actividad, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.1 Actividades para la realización del método de inyección de resina epóxica.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
LIMPIEZA DEL ELEMENTO	Se utilizan elementos mecánicos para sanear la superficie de hormigón hasta una profundidad de 15 mm.	1 Cepillo de hebras de alambre 1 Bomba de limpieza
COLOCACIÓN DE INYECTORES DE SUPERFICIE	La separación entre los inyectores corresponderá al espesor del elemento estructural, considerando también una colocación en las bifurcaciones de las diferentes ramificaciones de las fisuras.	4 inyectores superficiales
SELLADO DEL TRAZO DE LA FISURA	Se sella con una capa fina de adhesivo la fisura del elemento estructural.	1 Guantes 1 Espátula 1 kg Adhesivo
INYECCIÓN MANUAL DE RESINA EPÓXICA	Se comienza la inyección por el primer inyector hasta que comienza a salir por el inyector inmediatamente superior, se coloca la válvula anti retorno y se continúa con la inyección hasta el llenado total.	0.5 kg de Resina epóxica de baja viscosidad

RETIRO DE INYECTORES	Extracción de la superficie manualmente y resane de orificios.	1 Guantes 1 Espátula
-----------------------------	--	-------------------------

4.2.2 Costos directos

Para la mano de obra se cuantifico mediante análisis documental el tiempo para la ejecución de los trabajos de rehabilitación de inyección de resina epóxica con una cantidad de 51 minutos por mL completado, y al establecer como unidad de medición la jornada laboral de 8 horas, se determinó la equivalencia por la cantidad de 0.106 jor por mL.

Para el análisis del salario, se realizaron las tablas de **Factor de Salario Real**, de acuerdo a la Ley Federal de Trabajo y la Ley del IMSS de 1997, tomando a consideración el salario mínimo del año 2019, como se observa en el Anexo 2 y 4.

En cuantificación del material se solicitaron cotizaciones a diversos proveedores nacionales respecto a las cantidades establecidas en la Tabla 4.1, considerando el costo completo del producto debido a que no es posible almacenar el sobrante por un periodo largo de tiempo por lo que se considera como desperdicio y que el proceso constructivo de la rehabilitación será continuo probablemente sea mayor a solo 1 mL.

Tabla 4.2 Costos de Mano de obra y materiales para la aplicación del método de inyección de resina epóxica para 1 mL

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	P.U.
OFICIAL ALBAÑIL	JOR	0.106	\$709.84	\$75.24
AYUDANTE ALBAÑIL	JOR	0.106	\$464.71	\$49.26
HERRAMIENTA MENOR	5%MO	3%	\$124.50	\$3.74
MATERIAL	KG	1	\$1,160.29	\$1,160.29
TOTAL				\$1,288.53

Tabla 4.3 Gastos de campo para supervisión

1. GASTOS TECNICOS ADMINISTRATIVOS		
1 Jefe de obra	\$25,804.31	\$847.20
2. COMUNICACIONES		
1 Camioneta incluye mantenimiento y combustibles	\$9,120.00	\$300.00
3. CONSTRUCCION PROVISIONAL		
1 Bodega	\$2,000.00	\$65.79
SUMA SUBTOTAL	\$36,924.31	\$1,214.62
Imprevistos (1%)	\$369.24	\$12.15
SUMA TOTAL	\$37,293.55	\$1,226.76

Y por último para la suma total de los costos directos se consideraron los gastos de material, mano de obra, equipo y herramienta con los gastos de campo generados en la obra por la supervisión e inspección visual del elemento a rehabilitar de una empresa pequeña como se indica en las Tablas 4.2 y 4.3

Tabla 4.4 Suma total de costos directos

COSTO DIRECTO	
MANO DE OBRA	\$1,288.53
GASTOS DE CAMPO	\$1,226.76
TOTAL	\$2,515.29

4.2.3 Costos Indirectos

A continuación se calcularon los costos indirectos para el método de rehabilitación de inyección de resina epóxica para una empresa pequeña:

Tabla 4.5 Factor de Costo Indirecto por jornada laboral

FACTOR DE COSTO INDIRECTO	
COSTO DIRECTO	\$2,513.65
INDIRECTOS X JORNADA	\$3,876.34
PROPORCIONAL AL TIEMPO DE EJECUCION	\$410.89
FCI =	16.34643 %

Considerando los costos indirectos para una jornada laboral completa como se indica en el Anexo 5, se ajustó de acuerdo a nuestro rendimiento y materiales establecidos en las Tablas 4.1 y 4.2 para nuestro elemento estructural a rehabilitar, obteniendo nuestro Factor de costo indirecto como se muestra en la Tabla 4.5

4.2.4 Fijación de precio unitario por mL para método de inyección de resina epóxica en muro de concreto reforzado.

Tabla 4.6 Fijación de precio unitario por mL

PRECIO UNITARIO POR ML	
COSTO DIRECTO	\$2,515.29
UTILIDAD (8%)	\$201.22
% FACTOR COSTO INDIRECTO	\$411.16
I.V.A.	\$402.45
TOTAL	\$3,530.12

Para la fijación del precio unitario, se sumó los valores de utilidad con un 8%, el factor de costo indirecto obtenido de los datos de la Tabla 4.5 y el I.V.A. del 16% que se encuentra vigente en México.

Siendo como resultado el total de \$3,530.12 pesos mexicanos por 1 mL de rehabilitación con el método de inyección de resina epóxica para un muro de concreto reforzado.

Por último se añade el factor de holgura determinado por la inflación del año 2020 o correspondiente señalado por el Centro nacional de ingeniería de costos de México, estimando un precio unitario final de **\$3,656.85 por mL**.

4.3 Comparación con resultados de costos del método de rehabilitación de inyección de resina epóxica presentados en la empresa CYPE Ingenieros S.A.

MATERIALES		CANTIDAD	COSTO	TOTAL
kg	Lechada fluida de 2 componentes a base de resina epoxi	0.50	\$214.47	\$107.24
MANO DE OBRA				
h	Oficial albañil	0.17	\$78.26	\$13.62
h	Peón albañil	0.17	\$46.28	\$8.05
				\$21.67
EQUIPO Y HERRAMIENTA				
h	Equipo de inyección manual de morteros fluidos y resinas	0.13	\$21.10	\$2.79
%	Herramienta menor	2.00	\$131.70	\$2.63
				\$5.42
COSTO DIRECTO				\$134.33 x mL

Fig. 4.2 Tarjeta de costos proporcionada por empresa especializada

En la tarjeta que se presenta en la Fig. 4.2 se muestran los datos proporcionados por una empresa española especializada los cuales pueden obtenerse públicamente

en su sitio web oficial, siendo de poca información abierta disponible para el ámbito de costos de métodos de rehabilitación de elementos de concreto reforzado.

Sin embargo al realizar la comparación de la información presentada con nuestra fijación de precios por mL, podemos percibir la diferencia en el cálculo del rendimiento de la mano de obra de las actividades ya que no incluyen los costos generados por las actividades de limpieza ni de colocación de inyectores así como los costos de los materiales, equipo y herramienta para estas actividades lo cual repercute en el costo total.

También al realizar cotizaciones con proveedores nacionales podemos apreciar la diferencia en los precios de los costos de los materiales en el mercado, lo que no nos da oportunidad de considerar estos costos para referencias en el futuro debido a que ya no se encuentran cerca de un rango de precio en la actualidad.

Por último se analizó el precio unitario obtenido de \$134.33 pesos mexicanos por mL con nuestro precio unitario final de \$3,656.85 pesos mexicanos por mL, entendiéndose la enorme diferencia de precios y se comprendió el impacto que los factores mencionados anteriormente pueden influir en la fijación de un precio unitario, por lo que no nos es posible tomar como referencia el costo proporcionado por la empresa especializada.

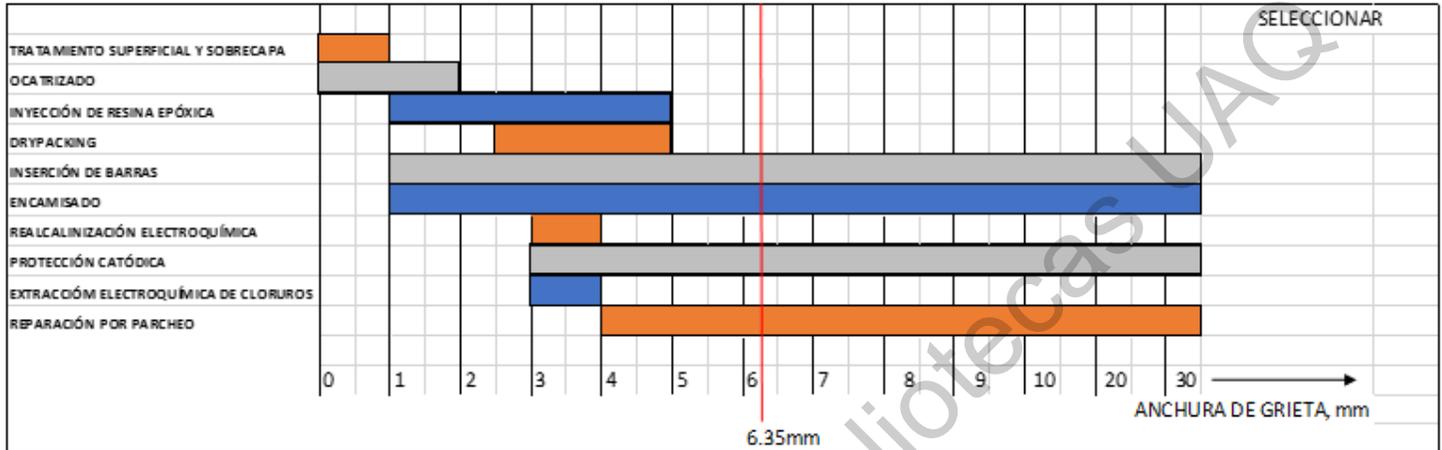
4.4 Propuesta metodológica general para rehabilitación de elementos estructurales de concreto reforzado.

A continuación se presenta la propuesta metodológica general de recolección y análisis de datos para la fijación de un precio unitario para un método de rehabilitación de un elemento estructural de concreto reforzado, como se muestra en la Fig. 4.3

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DEL PRECIO UNITARIO PARA UNA REHABILITACIÓN DE UN ELEMENTO ESTRUCTURAL DE CONCRETO REFORZADO

IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL DE CONCRETO REFORZADO

EVALUACIÓN DEL ANCHO DE LA GRIETA:



ACTIVIDADES PARA LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	COSTO
Limpieza del elemento	Herramientas	
	Materiales	
Colocación de materiales	Herramientas	
	Materiales	
Trabajos finales	Herramientas	
	Materiales	

- **COSTO DIRECTO = COSTO DE OPERACIÓN + COSTO DE EVALUACIÓN Y SUPERVISIÓN =**
- **PRECIO UNITARIO = CD + FCI + %UTILIDAD + IVA =**
- **COSTO TOTAL DE REPARACIÓN = TOTAL DE METROS LINEALES X PU =**

Fig 4.3 Propuesta metodológica general para rehabilitación de elementos estructurales de concreto reforzado

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- I. Mediante la recolección de datos indicados en la gráfica de la Fig. 1.1 se identificó que el 72.9% del sector de la construcción tiene incertidumbre con respecto a sus conocimientos en costos para métodos de rehabilitación de elementos de concreto reforzado, siendo como causa principal junto con el desconocimiento de empresas especializadas que el 65.3% de los profesionistas aplacen la atención y reparaciones pertinentes a las posibles fallas que se presenten en las construcciones, a pesar de que el 27.6% de esta cifra cuentan con 10 años de experiencia en adelante trayendo como consecuencia el aumento del factor de riesgo y de inversión original de la obra.
- II. Con base en los datos establecidos en la gráfica de la Fig. 1.4, se determina que el 28.7% del sector de la construcción desconocen algún método de rehabilitación para elementos de concreto reforzado, por lo que 1/3 de esta cifra opta por sugerir la reconstrucción total o parcial del elemento a evaluar, decisión que perjudica directamente a las empresas y su rentabilidad, mientras que la probabilidad de ocurrencia del 30.8% de los profesionistas se arriesgan a realizar estos trabajos de manera empírica, trayendo como consecuencia que actualmente el 90% de las reparaciones no alcancen los 25 años de duración sin presentar algún tipo de daño nuevamente.
- III. Por otra parte se pudo observar la influencia de los costos indirectos para las actividades de rehabilitación en relación al volumen de obra, entre menor sea el elemento a rehabilitar, mayor será la influencia de los costos indirectos y por lo tanto el aumento del costo total del método.
- IV. Es de suma relevancia que el sector de la construcción reconozca la importancia del estudio de costos de las obras que estén ejecutando, con el fin de garantizar condiciones óptimas en la realización de los trabajos y asegurar su utilidad para mantener la rentabilidad de la empresa.

- V. Con el fin de mitigar las estimaciones económicas que se obtienen por los profesionistas de manera empírica (sin validación), se llevó a cabo esta investigación para proporcionar una metodología que involucre a todos los valores que fluctúan en los costos para la aplicación de los métodos de reparación de concreto reforzado, de esta manera servir de guía para el sector de la construcción para evitar así sesgos económicos y que prevalezca la buena práctica.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda una re evaluación del factor de costo indirecto dependiendo de las actividades que se llevaran a cabo en la ejecución de los trabajos, ya que influyen en gran medida en el costo final del proyecto, con respecto a la escala de la obra.

El enorme impacto de los costos en la construcción de las obras resalta la importancia del estudio de esta metodología con respecto a los métodos de rehabilitación para agrietamiento superficiales parciales de la estructura de concreto reforzado, sugiriendo establecer un costo sin exceder el costo por reconstrucción total o parcial del elemento, considerando en este caso una profundidad de agrietamiento que no perjudique el buen funcionamiento del elemento estructural.

5.3 Líneas de investigación a futuro

- I. Identificar el porcentaje de influencia en el costo de rehabilitación ocasionado por el grado de profundidad del agrietamiento.
- II. Re evaluación del factor del costo indirecto basado en los costos de operación de una empresa pequeña, mediana o grande.
- III. Metodología de costos de mantenimiento preventivo para elementos de concreto estructural.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altahona Quijano, T. d. (2009). *Libro práctico sobre contabilidad de costos*. Bucaramanga: Universitaria de Investigacion y Desarrollo.
- American Concrete Institute. (2002). *ACI Manual of Concrete Practice*. Detroit: ACI Foundation.
- Arencibia, J. (2008). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. *Revista de Arquitectura e Ingenieria* .
- Beauperthuy, J. L., Scannone M., R., & B.R.S. Ingenieros, C.A. (2005). *Seminario Internacional Vulnerabilidad de Obras Civiles*. Caracas.
- Calero, R. (2015). *Comparación de los métodos A.P.U. Y costeo ABC para el análisis de precios unitarios en la construcción*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Camacho, P. S. (2009). *Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE*.
- Carlón Acosta, C. (2017). *Estudio de control de costos en construcciones*. Lima, Peru: Instituto Tecnológico de la Construcción A.C. .
- Castro-Borges, P. (1998). *Corrosión en estructuras de concreto armado. Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones*. Mexico: IMCYC.
- Centro Nacional de Ingeniería de costos. (2020). *Informe sobre los principales incrementos en el precio de los insumos para la industria de la construcción*. Ciudad de México: Cámara mexicana de la industria de la construcción.
- CG Servicios . (2008). *NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS SOBRE CRITERIOS Y ACCIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES*. Distrito Federal: Direccion de Mejora Normativa.

- Chandler Christophe, K. M. (2002). Sugar Beets Against Corrosion. En K. M. Chandler Christophe, *CORROSION REVIEWS* (págs. 379-390). Londres: Freund Publishing House Ltd.
- Chino Marroquin, E. (2018). *Costos de producción y la fijación de precios de los productos de cerámica en arcilla en la asociación de artesanos virgen del carmen pucará 2017*. Cusco, Peru: Universidad Andina del Cusco.
- Cortez, B. E. (2016). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado en vigas, columnas y muro de albañilería del mercado buenos aires*. Distrito de Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Católica Los Ángeles Chimbote.
- Covarrubias Alvarado Octavio, R. L. (2001). Propiedades de Resistencia a la Corrosión de Acero Aleados al Si Embebidos en Mortero. *Ciencia UANL*, 182-190.
- Cubillos, C., & Lopez, A. (2010). *Propuesta de un modelo de costos por procesos con la metodología de costos ABC de una empresa del sector de la construcción*. Santiago de Cali: Facultad de Ciencias Economicas.
- Do Lago, P. (1997). Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto. *México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto*, 148.
- Fester. (2009). *Catálogo de productos para concreto: Adhesivos, morteros*. (Henkel Capital S.A. de C.V.) Obtenido de <http://www.fester.com.mx>
- Francois , R., & Arliguie, G. (1991). *Reinforced concrete: correlation between cracking and corrosion*. VM Malhotra.
- Garcia Frutos, D., & Boixader, M. (2009). *Encargado de obra, calidad y medio ambiente*. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.
- García, F. (2002). Mantenimiento y vida útil de los edificios. *Colegio oficial de aparejadores y Arquitectos Técnicos de Alicante*.

García, J. (2014). *Contabilidad de costos*. México: Mcgraw-hill/interamericana editores.

Gonzalez Melendez, I. R. (02 de junio de 2020). *Costos indirectos en la industria de la construcción*. Obtenido de cmic org:
https://www.cmic.org.mx/comisiones/Tematicas/costosyp/Conferencias/1er%20Conferencia/Presentacion_Costos_Indirectos.pdf

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México DF: McGraw-Hill.

House Master. (2004). Foundation Settlement Issues. *Home Owner Information Guide*, 2.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (1997). *Reporte Técnico Manual para la reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto*. Distrito Federal: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (2001). *Reporte Técnico Mecanismos de deterioro en ambientes marinos y urbanos*. Distrito Federal: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

Instituto Mexicano del Transporte. (2001). *Diseño de estructuras de concreto con criterios de durabilidad*. Safandila, Querétaro: Secretaria de comunicaciones y transportes.

Instituto Mexicano del Transporte. (2001). *El fenomeno de la corrosion en estructuras de concreto reforzado*. Safandila, Querétaro: Secretaria de comunicaciones y transportes.

Instituto Mexicano del Transporte. (2001). *Reporte Técnico El fenonemo de la corrosion en estructuras de concreto reforzado*. Safandila: Secretaria de comunicaciones y transportes.

- Izar Landeta, D. M., Ynzunza Cortes, D. B., & Sarmiento Rebeles, D. (2015). El método híbrido, técnica realista para optimizar el costo del inventario. *La Administración y la Responsabilidad Social Empresarial* (pág. Capítulo 11). San Luis Potosí: Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas.
- L. Bertolini, B. E. (2004). *Corrosion of Steel in Concrete*. Weinheim: Wiley-VCH.
- López, H., Montes, P., Porras, J., & Bremner, T. (2014). *Estrategias para mejorar la durabilidad del concreto reforzado ante un medio marino*. Oaxaca, Oaxaca: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.
- Malinowski, G. (1991). Prehistory of Concrete. *Concrete International*, 62-68.
- Matulionis, R., & Freitag, J. (1990). *PREVENTIVE MAINTENANCE OF BUILDINGS*. Nueva York: Editorial Van Nostrand Reinhold.
- Montañez, M. A. (2015). *Comportamiento de inhibidores de corrosión orgánicos en la interfaz del acero tipo API-X52*. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Nilson, A. H. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Nueva York: McGraw-Hill Interamericana.
- Olavarrieta, M., Bolognini, H., Dikdan, M., Rangel, H., & Rodríguez, S. (2011). Propuesta de programa de mantenimiento preventivo en elementos de concreto armado de edificios habitacionales expuestos en ambientes marinos. *Capítulo S09: Uso y Mantenimiento. Trabajo 101VE* (págs. 1-7). Guatemala: Asociación LATinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción.
- polimeni, r. (2008). *Contabilidad de costos*. Bogota, Colombia: Mcgrawhill.
- Posada Bustamante, B. (1993). La degradacion del concreto armado. *Revista Universidad Eafit*, 83-97.

- Riccucci, E. (2003). *TECNOLOGIA PARA EL MANTENIMIENTO*. Buenos Aires, Argentina: Centro Argentino de Ingenieros.
- Sangri Coral, A. (2008). *Introducción a la mercadotecnia*. México: Grupo Patria.
- Seccional Colombiana del ACI. (2001). Estructuras de Concreto. *Proyectar para la Durabilidad*, 7.
- Sika España. (2009). *Procedimiento de ejecución de sistemas de inyección de resinas*. Valencia, España: Sika.
- Solís Carcaño, R., Moreno, É., & Castro Borges, P. (2005). Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera. *Ingeniería Revista Académica*, 18.
- Suárez Salazar, I. (2002). *Costo y tiempo en edificación*. México: Limusa Noriega Editores.
- Swan Tan, S., Bakker, J., Hoogendoorn, M. E., Kapila, A., Martin, J., Pezzi, A., . . . Hakkaart-van Roijen, L. (2012). Direct Cost Analysis in Four European Countries: Applying a Standardized Costing Methodology. *Value in Health*, 81-86.
- Taylor, H. (1997). *Cement Chemistry*. London : Academic Press Inc.
- Tena, A., & Hernández, O. (2016). *Refuerzo de trabes acarteladas de concreto reforzado deficientes a cortante con encamisados de malla electrosoldada y mortero*. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Terradillos Garcés Pedro, C. M. (2008). *Corrosion de armaduras en estructuras de hormigón armado*. Ecuador: Club Universitario.
- Tuutti, K. (1982). *Corrosion of Steel in Concrete*. Stockholm: Swedish Cement and Concrete Research Institute.
- Villeda Wong, L. A. (2011). *Dominio de efectividad de la prevención no convencional de la corrosión en concreto reforzado carbonatado*. San Nicolas de los Garza: Universidad Autonoma de Nuevo Leon.

ANEXOS

ANEXO 1. FORMULARIO DE ENCUESTA

1. ¿Cuánto tiempo lleva laborando en la industria de la construcción?
2. ¿Considera que es necesario realizar mantenimiento preventivo a elementos de concreto reforzado y con qué frecuencia?
3. ¿Menciona algún método de reparación de elementos de concreto reforzado que conozca?
4. ¿Conoce el costo de algún método de reparación de elementos de concreto reforzado?
5. ¿Cuánto considera que cuesta la reparación de elementos de concreto reforzado? Favor de indicar unidad (mL, m², jor)
6. ¿Usted ha contratado o participado en la aplicación de algún método de reparación de elementos de concreto reforzado?
7. ¿Cuál consideraría que sería la causa principal de no haber realizado hasta el momento la aplicación de algún método de reparación de elementos de concreto reforzado?

ANEXO 2. CALCULO DEL FACTOR DEL SALARIO REAL

I.- DIAS REALMENTE PAGADOS EN EL PERIODO ANUAL					
CLAVE	DESCRIPCIÓN			VALOR	FUNDAMENTO
DCAL	Días calendario, se incluye la parte proporcional del año bisiesto a cada año $1/4=0.25$	(365+0.25)	(+)	365.25	Art. 68 LFT
DAGI	Días aguinaldo 15 días como mínimo		(+)	15.00	Art. 87 LFT
PVAC	Días de prima vacacional 25% de 6 días de trabajo		(+)	1.50	Art. 80 LFT
Tp	DÍAS PAGADOS EN EL PERÍODO ANUAL= DCAL+DAGI+PVAC		(=)	381.75	
FSBC	FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACIÓN= Días realmente pagados /Días calendario=Tp/DCAL		(Tp/DCAL)	1.0452	

Dirección General de Bibliotecas UAQ

**ANEXO 3. CALCULO DE ACUERDO A LA LEY FEDERAL DEL TRABAJO Y LA
LEY DEL IMSS DE 1997**

CALCULO DEL FACTOR DEL SALARIO REAL DE ACUERDO A LA LEY IMSS 1997

FSR

SALARIO MÍNIMO: 102.68

3VSMG: 308.04

SALARIO BASE SALARIO MENSUAL * 12(MESES) / : 328.77

TOTAL DE DIAS PAGADOS		TOTAL DE DIAS TRABAJADOS	
DIAS DEL AÑO	365	DIAS DEL AÑO	365
(+) AGUINALDO (DIAS)	15	(-) 7o. DIA	52
(+) PRIMA VACACIONAL	1.5	(-) DIAS VACACIONES	6
		(-) DIAS FESTIVOS POR LEY	7
		(-) DIAS POR ENFERMEDAD	3
		(-) DIAS POR COSTUMBRE	3
		(-) OTROS	3
(=) TP (Días Pagados)	381.5	(=) TI (Días Trabajados)	291

TP/TI 381.50/291= 1.3110

ANEXO 4. CALCULO DE SALARIOS DE ACUERDO A LA LEY FEDERAL DEL TRABAJO Y LA LEY DEL IMSS DE 1997

CATEGORIA	SALARIO BASE MENSUAL	SALARIO BASE	FACTOR S.D.J	SALARIO DIARIO INTEGRADO	RIESGO DE TRABAJO 7.58875%	ENFERMEDAD Y MATERNIDAD					INVALIDEZ Y VIDA 1.75%	S.A.R 2%	CESANTIA Y VEJEZ 3.15%	GUARDERIAS PRESTACIONES 1%	Slo para Obra Privada 5%	Solo para Obra Privada 3%	Prestaciones en dinero SUMA	pres. dine/ salario base Ps	ps (Tp/Ti) 1.311	ps*(Tp/Ti)+Tp/Ti FSR	SALARIO REAL	SALARIO MENSUAL
						ESPECIE 1.05%	ESPECIE 20.40%	ESPECIE (3)		DINERO 0.70%												
								SI-(3*SM)	1.10%													
					3%																	
OFICIAL ALBAÑIL	\$12,500.00	\$410.96	1.045	429.53	32.60	4.51	20.95	102.918904	1.13	3.01	7.52	8.59	13.53	4.30	21.48	12.89	130.49	0.318	1.311	1.7273	709.84	\$21,620.44
AYUDANTE	\$8,000.00	\$263.01	1.045	274.90	20.86	2.89	20.95	102.68	1.13	1.92	4.81	5.50	8.66	2.75	13.75	8.25	91.46	0.348	1.311	1.7669	464.71	\$14,154.37
INGENIERO CAMPO	\$15,000.00	\$493.15	1.045	515.44	39.12	5.41	20.95	185.110685	2.04	3.61	9.02	10.31	16.24	5.15	25.77	15.46	153.07	0.310	1.311	1.7179	\$847.20	\$25,804.31
GERENTE	\$15,000.00	\$493.15	1.045	515.44	15.46	5.41	20.95	185.110685	2.04	3.61	9.02	10.31	16.24	5.15	25.77	15.46	129.42	0.262	1.311	1.6551	\$816.19	\$24,859.85
SECRETARIA	\$6,000.00	\$197.26	1.045	206.18	6.19	2.16	20.95	102.68	1.13	1.44	3.61	4.12	6.49	2.06	10.31	6.19	64.65	0.328	1.311	1.7407	\$343.37	\$10,458.37
CONTADOR	\$7,500.00	\$246.58	1.045	257.72	7.73	2.71	20.95	102.68	1.13	1.80	4.51	5.15	8.12	2.58	12.89	7.73	75.30	0.305	1.311	1.7113	\$421.97	\$12,852.58
LIMPIEZA Y OTROS	\$2,500.00	\$82.19	1.045	85.91	2.58	0.90	20.95	102.68	1.13	0.60	1.50	1.72	2.71	0.86	4.30	2.58	39.82	0.484	1.311	1.9461	\$159.95	\$4,871.88

Dirección General de Bibliotecas

ANEXO 5. CALCULO DE COSTOS INDIRECTOS PARA
JORNADA LABORAL COMPLETA

1. GASTOS TECNICOS Y ADMINISTRATIVOS			
No.	CONCEPTO	COSTO MENSUAL	COSTO POR JORNADA
1	Gerente general	\$24,859.85	\$1,080.58
3	Contador	\$12,852.58	\$500.58
4	Secretaria	\$11,256.44	\$448.17
5	Limpieza	\$4,871.88	\$264.76
	TOTAL	\$53,840.75	\$1,771.08
2. ALQUILERES Y AMORTIZACIONES			
1	Alquiler oficina	\$3,000.00	\$98.68
2	Depreciación equipo de oficina	\$1,500.00	\$49.34
3	Mantenimiento equipo de oficina	\$1,000.00	\$32.89
4	Servicios oficina	\$2,500.00	\$82.24
5	Depreciación vehiculos oficina	\$35,000.00	\$1,151.32
6	Mantenimiento vehiculos oficina	\$3,000.00	\$98.68
	TOTAL	\$46,000.00	\$1,513.16
3. OBLIGACIONES Y SEGUROS			
1	Cuotas asociación profesional	\$3,500.00	\$115.13
2	Seguro vehiculos	\$3,000.00	\$98.68
	TOTAL	\$6,500.00	\$213.82
4. MATERIALES DE CONSUMO			
1	Combustibles vehiculo	\$2,500.00	\$82.24
2	Papeleria de oficina	\$1,000.00	\$32.89
	TOTAL	\$3,500.00	\$115.13
5. CAPACITACION Y PROMOCION			
1	Celebración oficina	\$8,000.00	\$263.16
	TOTAL	\$8,000.00	\$263.16
	SUMA TOTAL =	\$117,840.75	\$3,876.34