

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental



**“ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE
INFRAESTRUCTURA VERDE EN CRUCE DE LAS
VIALIDADES MANUEL GÓMEZ MORÍN Y
FRANCISCO VILLARREAL EN CD. JUÁREZ, CHIH.
MÉXICO”**

Documento presentado en requerimiento parcial para acreditar la materia de
proyecto de titulación

Autor: Edira Canuta Villalobos

Director: MIC. Arturo Marrufo Meléndez

Ciudad Juárez, Chih., a 04 de diciembre de 2019

Revisión del Documento de Proyecto de Titulación por Director del Proyecto

(Requisito para enviarlo al Comité de Evaluación)

Después de haber revisado los aspectos técnicos, la estructura y formato del documento en general con título **“Análisis costo-beneficio de infraestructura verde en cruce de las vialidades Manuel Gómez Morín y Francisco Villarreal en Cd. Juárez, Chih. México”** que presenta el C. Edira Canuta Villalobos, considero que se cumplen los requerimientos necesarios para que se proceda a su evaluación final ante el comité evaluador que designe la Academia del Programa de Maestría en Ingeniería Civil.

ATENTAMENTE

Mtro. Arturo Marrufo Meléndez
Ciudad Juárez, Chih. 04 de diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Programa de Maestría en Ingeniería Civil

Los miembros del sínodo, nombrado por la Academia del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, habiendo realizado la evaluación del proyecto de titulación “**Análisis costo-beneficio de infraestructura verde en cruce de las vialidades Manuel Gómez Morín y Francisco Villarreal en Cd. Juárez, Chih. México**” que presenta el C. Edira Canuta Villalobos, con matrícula 175399, como requisito parcial para acreditar la materia de Proyecto de titulación, manifiestan que ha obtenido una calificación de: / 6 puntos posibles (/ 3 documento escrito; / 3 presentación).

Director

MIC. Arturo Marrufo Meléndez

Evaluador

Dra. Norma Rebeca Martínez Martínez

Evaluador

MC. Jesús Eduardo Aguilera González

Ciudad Juárez, Chih., a 04 de diciembre de 2019

Dedicatoria

A mis dos grandes amores:
Edna Villalobos y Edgar Pasillas.
A mí misma.....

Agradecimientos

Agradezco a los docentes de la Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, por haber compartido sus conocimientos, en especial a mi director de tesis, el Mtro. Arturo Marrufo Meléndez por guiar esta investigación.

De igual manera mi infinito agradecimiento a mis sinodales Dra. Norma Martínez Martínez, al Mtro. Jesús Aguilera y a la Dra. Alma Rodríguez, por su tiempo dedicado para la entrega de un proyecto de calidad.

Así mismo, quiero expresar un sincero agradecimiento al Dr. Alfredo Granados, el Ing. Efrén Becerra, por todas la atenciones e información brindada a lo largo de esta indagación.

A mis amigas quienes me ayudaron desinteresadamente y a mis compañeras de curso quienes con sus ocurrencias hicieron más ameno cada día.

Finalmente agradezco a Dios por su bendición presente siempre en mi vida.

Resumen

En el presente trabajo se muestra el análisis costo –beneficio que provee de elementos que los administradores pueden considerar al momento de tomar la decisión de realizar el proyecto de inversión para la construcción de infraestructura verde en la vialidad Manuel Gómez Morín y Francisco Villarreal de Ciudad Juárez, Chihuahua, para ayudar a mitigar la acumulación de agua en un evento de lluvia.

Se utilizó la metodología en base al Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos del Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo Sonora, para la propuesta de infraestructura verde que fueron trece jardines de lluvia complementándolos con un vaso de captación, se generaron costos y beneficios de los mismos y con ellos se evaluó el proyecto calculando el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Retorno Inmediata (TRI) con un tasa social de descuento de 10% anual, utilizando el formato de ficha técnica para proyectos con inversión menor a 50 millones de pesos de acuerdo a la metodología de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público.

Los resultados en cuanto a infraestructura verde demuestran que los jardines de lluvia ayudan a la mitigación de agua en un 73% del volumen precipitado para el mes de julio en el área de estudio y el análisis costo-beneficio refiere a que el proyecto es rentable debido a que el VPN es positivo con valor de \$8,648,293.76 y la TIR del 38.99% siendo mayor a la tasa social de descuento, mostrando que el primer año es el óptimo para la realización del proyecto con un resultado de la TRI del 38.99%.

Debido a que al realizar los beneficios no se encontraron valores o factores de conversión de ellos para Cd. Juárez, se debe considerar que los resultados de este análisis están sujetos a la aplicación del mismo.

Se concluye con esto que el proyecto es rentable y beneficioso para la sociedad, sin embargo se identificó que al utilizar impactos de difícil cuantificación puede conducir a pensar que el análisis no es muy útil o bien que se está perdiendo esfuerzo o tiempo dedicado al mismo, no obstante el fundamentar la elección de proyectos de inversión disponibles para un beneficio a futuro, justifica la labor de inversión en investigación para obtener parámetros ya sean nacionales y/o extranjeros en cuanto a valores de tiempo, impacto sobre el medio ambiente o cualquier otro impacto que se pretenda evaluar.

Contenido

Capítulo 1. Introducción	9
1.1. Antecedentes	10
1.2. Planteamiento del problema.....	16
1.2.1. Área de estudio.....	18
1.2.2. Alcance	19
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. Justificación.....	20
Capítulo 2. Marco teórico	21
2.1. Infraestructura verde.....	21
2.1.1. Infraestructura verde a Micro-Escala	21
2.1.2. Infraestructura verde a Macro-Escala	24
2.2. Estratigrafía.....	25
2.3. Permeabilidad en suelos.....	25
2.4. Hidrología.....	27
2.4.1. Ciclo hidrológico.....	27
2.4.2. Periodo de retorno.....	29
2.4.3. Tiempo de concentración	30
2.5. Proyecto ejecutivo.....	31
2.6. Costo - Beneficio.....	32
Capítulo 3. Metodología	38
3.1. Diseño de infraestructura verde.....	38
3.2. Análisis costo-beneficio del diseño del jardín de lluvia.....	40
Capítulo 4. Resultados y Discusiones.....	44
4.1. Diseño de infraestructura verde.....	44
4.2. Costo-beneficio de construcción de infraestructura verde.....	48
Capítulo 5. Conclusiones.....	66
5.1. Trabajo futuro	67

Índice de figuras

Figura 1. Infiltración y escorrentía en terreno natural y otro urbanizado. (IMPLAN, 2016)	11
Figura 2. Top 10 countries in terms of absolute losses. (UNDRR, 2018).	12
Figura 3. Zona de inundación estimada para la cuenca Zona J. (IMIP, 2016)	17
Figura 4. Ubicación del área de estudio.	18
Figura 5 Cuenca del área de estudio. (JCAS, 2018).....	19
Figura 6. Diagrama de Darcy. (SCT, 2002).....	26
Figura 7. Proceso del ciclo hidrológico. (U.S. Geological Survey, 2017).....	28
Figura 8. Elementos de un proyecto ejecutivo. (León, Gto., 2018)	31
Figura 9. Relación entre VPN y tasa de descuento. (cepep, 2017).....	35
Figura 10. El VPN, Tasa de descuento y Tasa Interna de Retorno. (cepep, 2017).	35
Figura 11. Acomodo jardines de lluvia	45
Figura 12. Isométrico I del jardín de lluvia.....	46
Figura 13. Isométrico II del jardín de lluvia.....	47
Figura 14. Ficha técnica, sección I: Información general del proyecto.	49
Figura 15. Ficha técnica, sección II: Alineación estratégica y programas relacionados.	51
Figura 16. Ficha técnica. Sección III: Análisis de la situación actual.	53
Figura 17. Ficha técnica. Sección IV: Análisis de la situación sin proyecto.	54
Figura 18. Ficha técnica. Sección V: Alternativas de solución.	56
Figura 19. Ficha técnica. Sección VI: Análisis de la situación con proyecto, descripción general.	56
Figura 20. Ficha técnica. Sección VI: Análisis de la situación con proyecto, descripción de los componentes del proyecto.....	58
Figura 21. Ficha técnica. Sección VI: Análisis de la situación con proyecto, aspectos técnicos, ambientales y legales más relevantes.	59
Figura 22. Ficha técnica. Sección VI: Análisis de la situación con proyecto, análisis de la oferta y demanda.....	60
Figura 23. Ficha técnica. Sección VII: Identificación de costos.....	61
Figura 24. Ficha técnica. Sección VII: Identificación de beneficios.....	61
Figura 25. Probabilidad de ocurrencia de los beneficios identificados	62
Figura 26. Ficha técnica. Indicadores de rentabilidad, Valor Presente Neto.	63
Figura 27. Ficha técnica. Indicadores de rentabilidad, Tasa Interna de Retorno.	64
Figura 28. Ficha técnica. Indicadores de rentabilidad, Tasa de Retorno Inmediata.	65

Índice de tablas

Tabla 1. Ejemplos de aplicación de infraestructura verde.....	13
Tabla 2. Ejemplos de análisis costo-beneficio.....	14
Tabla 3. Componentes comunes en Infraestructura Verde.....	22
Tabla 4. Valores típicos del coeficiente de permeabilidad.....	27
Tabla 5. Coeficientes de escurrimiento de diferentes superficies.....	29
Tabla 6. Precipitación en 24 hr. para diferentes periodos de retorno.....	29
Tabla 7. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.....	30
Tabla 8. Componentes del jardín de lluvia.....	44
Tabla 9. Vegetación a utilizar en jardín de lluvia.....	46
Tabla 10. Resultados cálculo jardín de lluvia.....	47
Tabla 11. Dimensiones del vaso de captación.....	47

Capítulo 1. Introducción

Un análisis costo-beneficio proporciona un procedimiento para la evaluación social de proyectos de inversión pública y/o privada en términos de los costos y beneficios sociales futuros para la población.

Se requiere que para la toma de decisiones de inversión pública se evalúe cualquier proyecto de acuerdo a una tasa de descuento social que represente en qué medida un beneficio presente sea más o menos valioso que el beneficio obtenido en el futuro. (Jiménez, 2014)

En diversos proyectos se han realizado análisis de costo-beneficio como en Bermejillo, Dgo. Méx., (redalyc, 2006), Camagüey, Cuba (redalyc, 2013), y México, (SCT, 2013).

Para la realización de un análisis costo-beneficio de cualquier proyecto, existen diferentes guías que contienen los pasos a seguir, algunos de ellos son: Guía para Realizar un Buen Análisis Costo-Beneficio-Riesgo para un proyecto de ERP Empresarial (TCA, s/f), Orientación sobre la Metodología para realizar Análisis costes-beneficios (CE, 2006), Guía General para la Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Programas y Proyectos de Inversión: Análisis Costo-Beneficio (CEPEP, 2015), Metodología para el Análisis Costo-Beneficio Social y Ambiental para Usos de la Tierra en México (Alianza-mredd, s/f), Guía para la Formulación de Proyectos de Inversión (BMI, s/f), así como la metodología de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Normalmente al hablar de un proyecto de inversión pública, se busca que estos ayuden a solucionar problemas que enfrente cualquier población, con respecto a esto uno de los grandes problemas que enfrenta actualmente el País son las inundaciones a consecuencia del crecimiento de la mancha urbana en los últimos años por otra parte la utilización de procesos sostenibles que ayuden a mitigar estos problemas se han vuelto una necesidad derivada del impacto ambiental que normalmente se genera cuando se realiza una construcción.

Ciudad Juárez no es la excepción en cuanto a las inundaciones, ya que mostró una expansión descontrolada de la mancha urbana, lo que por consecuencia se compactó el suelo y se pavimentó sobre más área generando mayores tasas de escurrimiento, lo que aun provoca que el agua permanezca almacenada superficialmente por largo tiempo, por lo que es imperativo solucionar esta problemática. (IMIP, 2004).

Con respecto a esta problemática el PDUS, 2016 menciona que Ciudad Juárez carece de infraestructura pluvial, por lo que recomienda la conducción de escurrimientos pluviales a través de obras de control, además puntualiza que las únicas acciones que se realizan actualmente es la limpieza de diques y/o drenes existentes, pero que resulta indispensable la construcción de otras estructuras para evitar mayores inundaciones.

Una alternativa que puede ayudar con lo anterior expuesto es la infraestructura verde, término que aparece para la década de los noventa en Estados Unidos como respuesta a la preocupación por los problemas derivados del crecimiento de la población, (Feria y Santiago, 2017) esta infraestructura es definida como construcciones que usan sistemas vivos naturales (vegetación) para contrarrestar los efectos de las inundaciones mediante servicios ambientales como es el contener, limpiar y filtrar agua de lluvia. (Cantó, 2014).

En diferentes ciudades ya se ha utilizado infraestructura verde para mitigar problemas de inundación como en Nueva York, Estados Unidos de América 2010 y Copenhague Dinamarca, 2007, Tucson, Estados Unidos de América, 2002 y en Hermosillo, Sonora, México 2016. (Citado en IMPLAN, 2016).

Existen diferentes guías y manuales para la aplicación de infraestructura verde, algunos de ellos son: Green Infrastructure guide for Water Management (UNEP, 2014), manual para Infraestructura Verde para comunidades del desierto Sonorense (WMG, 2012), Urban Green Infrastructure Planning a Guide for Practitioners (GS, 2017), Guía de Diseño para la Infraestructura Verde (IMIP, 2016), así como el Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos (IMPLAN, 2016).

Por lo anterior expuesto este proyecto tiene como finalidad generar el análisis costo – beneficio tomando como base la ficha técnica presentada en la metodología de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público por ser la entidad a la cual se deben presentar los análisis de cualquier programa o proyecto, en este caso para la construcción de una alternativa como es la infraestructura verde, que contribuya a mitigar las inundaciones en el cruce de las vialidades Gómez Morín y Francisco Villareal de la ciudad, específicamente un jardín de lluvia, en base a la metodología presentada en el Manual del IMPLAN, debido a que está diseñado con las características de los municipios mexicanos.

1.1. Antecedentes

El proceso de urbanización apresurado particular del último siglo, ha producido menos espacio abierto en las ciudades. A la par, las superficies duras e impermeables dominan cada vez más espacio, esto ha originado una serie de problemáticas en las ciudades, entre ellas aumento en las escorrentías que provoca inundaciones.

En la figura 1 se representan los porcentajes próximos de infiltración y flujo de escorrentías en dos espacios desiguales: uno natural y otro urbanizado. Se puede observar que, en el ambiente urbanizado, la escorrentía se incrementa un 45% respecto al ambiente natural, la infiltración disminuye un 15%, así como la infiltración profunda se reduce en un 20%. El notorio incremento de escorrentías y de disminución en la infiltración se asocia a la presencia de superficie pavimentada. (IMPLAN, 2016)

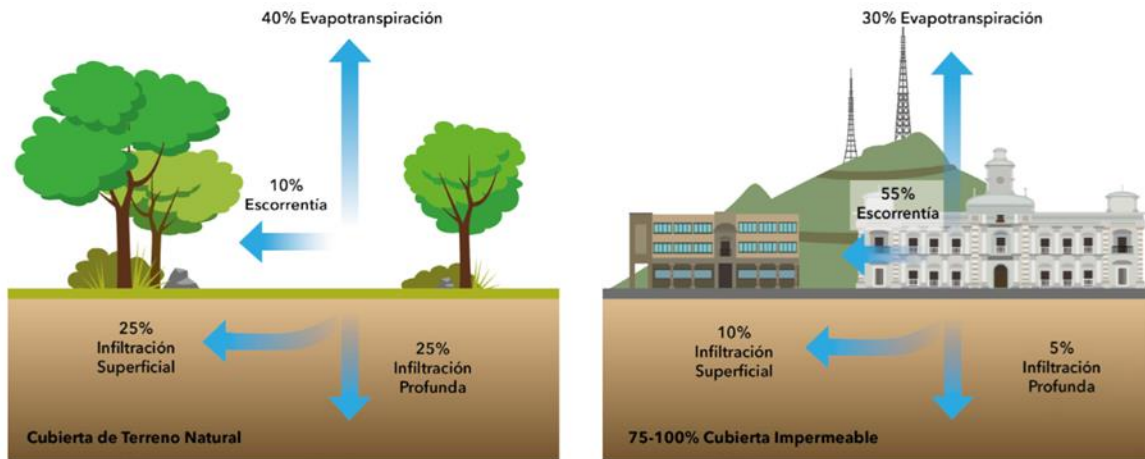


Figura 1. Infiltración y escorrentía en terreno natural y otro urbanizado. (IMPLAN, 2016)

Estos efectos en el ciclo hidrológico se irán agravando con el tiempo, manifestándose, por ejemplo, en gran parte de México con una menor precipitación, con lluvia más intensa, y la ocurrencia de inundaciones.

La Oficina para la Reducción de Riesgos por Desastres de la Organización de Naciones Unidas, en su reporte “Economic Losses, Poverty & Disasters” (UNDRR, 2018), clasifica a México como un país con un ingreso medio alto y ocupa el noveno lugar de los diez países con pérdidas absolutas en desastres por tormentas. Ver figura 2. También reporta que las tormentas fueron superadas por las inundaciones en estas pérdidas, y exhorta a integrar la reducción de riesgos en las decisiones de inversión para el desarrollo sustentable, que para Ciudad Juárez significaría invertir en infraestructura pluvial.

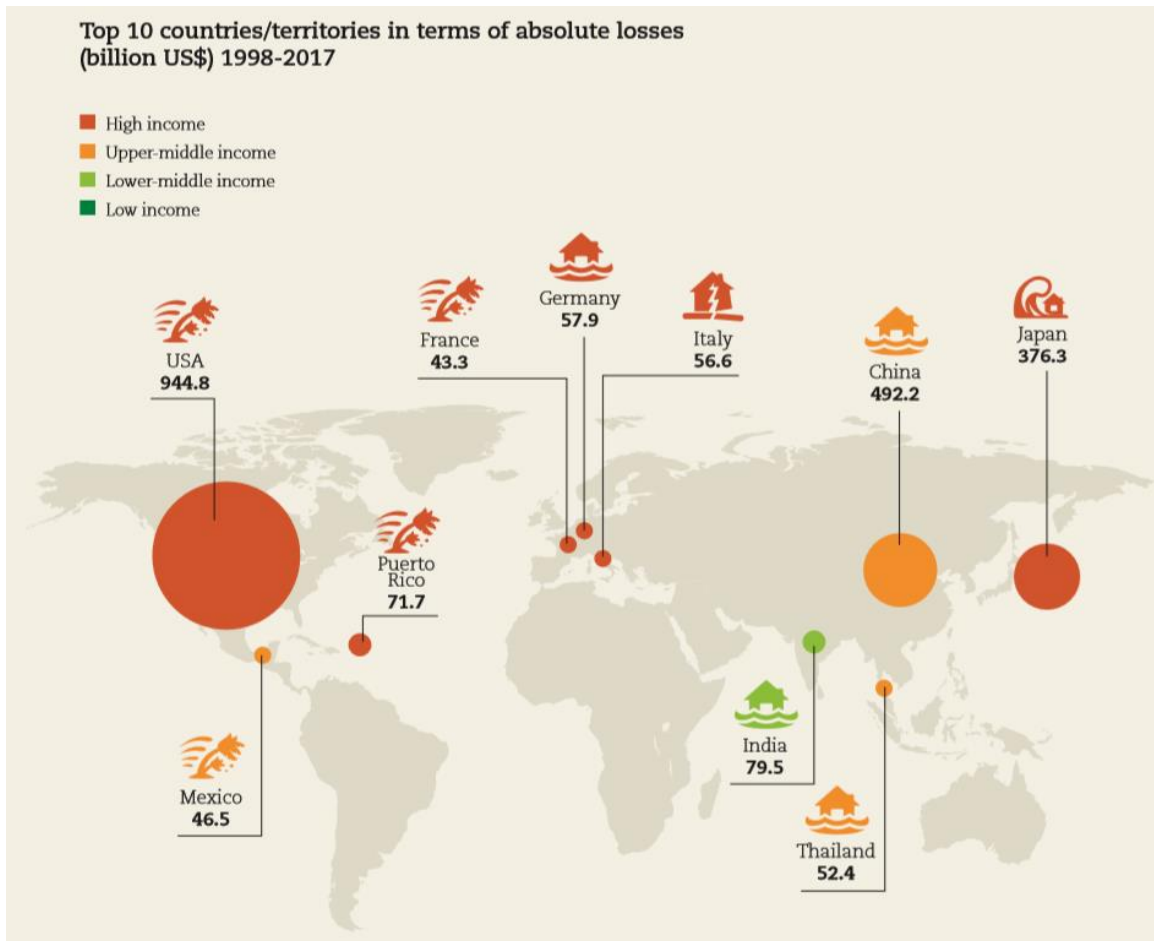


Figura 2. Top 10 countries in terms of absolute losses. (UNDRR, 2018).

Tradicionalmente en Ciudad Juárez según el PDUS, 2016, las estrategias para la mitigación de inundaciones han sido la construcción de obras de control como diques, bordes o presas, y otras de aprovechamiento como pozos de absorción, parques hundidos y canalización de arroyos, también menciona que no se han construido otras estructuras de control que resultan necesarias para evitar más inundaciones.

Una de las alternativas atractivas a estos problemas de inundación es la construcción de infraestructura verde, la cual tiene sus inicios en la década de los años 90 en Estados Unidos, surgiendo ante la preocupación de los problemas derivados de la creciente población, (Feria y Santiago, 2017) y es definida como construcción que usa sistemas vivos naturales (vegetación) para contrarrestar los efectos de las inundaciones mediante servicios ambientales como es el contener, limpiar y filtrar agua de lluvia. (Cantó M, 2014).

Algunas de las ventajas de la infraestructura verde según WMG, 2012, es que ayuda a limpiar el agua de lluvia, utiliza vegetación y procesos auto renovables del suelo por lo que se requiere de menos mantenimiento, puede ayudar en la desaceleración del tránsito y la seguridad de peatones y ciclistas. Por otra parte, el manual recomienda que debe utilizarse solo como una medida de mitigación y no de control en inundaciones a gran escala.

En otros países han utilizado la aplicación de infraestructura verde como estrategia para la mitigación de inundaciones, los cuales han utilizado distintos métodos de gestión y han sido promovidos por diferentes actores de la sociedad. Ver tabla 1. Se debe considerar que no hay establecido un camino único para conseguir esto, ni hay una receta para lograrlo. (IMPLAN, 2016).

Tabla 1. Ejemplos de aplicación de infraestructura verde.

LUGAR Y FECHA	OBJETIVO	ACTOR INICIAL	METAS
<i>Nueva York, Estados Unidos de América, 2010</i>	Solucionar la problemática relacionada al aumento de inundaciones por saturación del sistema de drenaje pluvial.	-Oficina de Cambio Climático (2003) -Departamento de Protección Ambiental -Departamento de Construcción	Captar la escorrentía pluvial en: 2015:1.5%, 2020: 5%, 2025: 10%, 2030: 15%
<i>Copenhague, Dinamarca, 2007</i>	Soluciones ante los efectos del cambio climático sobre inundaciones y el derrame de aguas negras en estuarios	-Universidad de Copenhague -Gobierno Local -Administradores de Agua	Captar el 60% de las escorrentías pluviales provenientes del área impermeable de la ciudad.
<i>Tucson, Estados Unidos de América, 2002</i>	Restaurar mantos freáticos y flujos naturales del agua	-Actores de la sociedad civil y la organización Watershed Management Group (WMG)	Que el río Santa Cruz vuelva a tener un flujo perenne para el 2050
<i>Hermosillo, Sonora, México, 2016</i>	Infraestructura verde que capture, infiltre y aproveche las escorrentías pluviales, disminuya el riesgo de inundaciones y el efecto "isla de calor", y mejore la imagen urbana	-IMPLAN Hermosillo	Adopción del modelo de Calle Completa con infraestructura verde para toda nueva vialidad en la ciudad, y adecuación de las vialidades existentes en un 30% para 2030

Fuente: IMPLAN, 2016

Existen diferentes guías y manuales para la aplicación de infraestructura verde, algunos de ellos son:

Green Infrastructure guide for Water Management (UNEP, 2014), en donde se abordan estudios de caso de opciones de infraestructura verde, donde se incluye reforestación, conservación y construcción de humedales, desvíos de inundaciones, así como metodologías orientadas a techos verdes y pavimentos permeables.

Manual para Infraestructura Verde para comunidades del desierto Sonorense (WMG, 2012), este manual respaldado por Watershed Management Group, proporciona lineamientos para calles, derechos de vía y estacionamientos existentes con construcciones de infraestructura verde en comunidades del Desierto Sonorense.

Urban Green Infrastructure Planning a Guide for Practitioners (GS, 2017), esta guía tiene como objetivo el identificar, desarrollar y probar formas de vincular los espacios verdes para hacer frente a los principales problemas urbanos relacionados con el uso del suelo, incluye información para la planificación de infraestructura verde basada en estudios de casos.

Guía de Diseño para la Infraestructura Verde (PDUS, 2016), esta guía ofrece algunas recomendaciones específicamente para Ciudad Juárez, Chihuahua en cuanto a el diseño de infraestructura verde, además ofrece información sobre vegetación, derechos de vía, pavimentos, banquetas.

Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos (IMPLAN, 2016), en este manual se guía en el diseño para infraestructura verde en municipios mexicanos, presentando lineamientos técnicos para técnicas de infraestructura verde a micro-escala, así como una base para la aplicación a macro-escala.

Además de los problemas de inundaciones que acontecen en la ciudad, es importante contar con un análisis de costo-beneficio, donde el conocimiento de lo que acontecería al implementar la infraestructura verde contra lo que podría suceder si no se lleva a cabo definirá que tan viable resulta esta implementación.

Algunos ejemplos de análisis de costo-beneficio se presentan a continuación

Tabla 2. Ejemplos de análisis costo-beneficio.

LUGAR Y FECHA	OBJETIVO	RESULTADOS
<i>Bermejillo, Dgo. Méx., redalyc 2006</i>	Comparar costos y beneficios económicos y sociales de la captación y almacenamiento de agua de lluvia en techos de tierra y concreto.	Social y ecológicamente se justifica en ambos tipos de techos. TIR > 0 VPN + Financieramente no es atractiva en ambos casos. TIR < 0 y VPN -

Tabla 2. Ejemplos de análisis costo-beneficio.

LUGAR Y FECHA	OBJETIVO	RESULTADOS
<i>Camagüey, Cuba.,redalyc 2013</i>	Analizar la relación costo-beneficio para la zona costera norte en la provincia de Camagüey, Cuba.	Obtuvieron 39 pesos (beneficio) por cada peso de costo ambiental y un valor actual de 3 641 millones de pesos. TIR > 0 y VPN +
<i>México, SCT 2013</i>	Evaluar la conveniencia mediante el costo beneficio simplificado de la construcción del Puente Fresnos-Rio Córdoba y Conexión a la Autopista: Federal No. 57 – México-Querétaro-.	Proyecto rentable con tasa social 12% , TIR > 0 y VAN +

Para la realización de un análisis costo-beneficio de cualquier proyecto, existen diferentes guías que contienen los pasos a seguir, algunos de ellos son:

Guía para Realizar un Buen Análisis Costo-Beneficio-Riesgo para un proyecto de ERP Empresarial (TCA, s/f), que tiene como objetivo el orientar en la toma de decisiones en evaluaciones de proyectos tomando en cuenta los factores de mayor importancia dentro del análisis de costo-beneficio-riesgo.

Orientación sobre la Metodología para realizar Análisis costes-beneficios (CE, 2006), este documento presenta un conjunto de normas de trabajo para análisis costo-beneficio, si bien no pretende ser una guía, si contiene principios generales aplicables para grandes proyectos.

Guía General para la Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Programas y Proyectos de Inversión: Análisis Costo-Beneficio (CEPEP, 2015), esta guía presenta en forma general la elaboración y presentación de los documentos de evaluación, describiendo los tipos de estudios y sus criterios.

Metodología para el Análisis Costo-Beneficio Social y Ambiental para Usos de la Tierra en México (Alianza-mredd, s/f), este manual contiene la metodología a seguir para realizar un análisis costo-beneficio desde la perspectiva para proyectos encaminados a la mitigación de problemas relacionados con el cambio climático.

Guía para la Formulación de Proyectos de Inversión (BMI, s/f), en esta guía se muestra una orientación para organizar y presentar la información relativa al proyecto y sus promotores para permitir el análisis multidisciplinario del proyecto ofreciendo también una metodología para las distintas variables asociadas al análisis costo-beneficio.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, presenta elementos que facilitan la presentación y elaboración de los análisis costo-beneficio de los programas y proyectos de inversión para cumplir con los lineamientos requeridos para los mismos.

1.2. Planteamiento del problema

El crecimiento de la población aunado a la urbanización acelerada que cubre gran superficie del suelo por material impermeable generan mayores tasas de escurrimiento y a pesar de que las lluvias en la ciudad son escasas, con un promedio anual de 250 mm (Granados, 2016), tienen la característica de ser torrenciales.

A lo anterior además se le incluye la falta de un adecuado servicio de drenaje pluvial o bien de nuevas obras de control de inundaciones, razón por la cual la ciudad presenta problemáticas de inundaciones en calles y avenidas principales, generando molestias y riesgos tanto a la infraestructura vial como a los habitantes.

En lo que respecta al área de estudio en el Atlas de Riesgos Naturales y Atlas de Riesgos Antropogénicos (IMIP, 2016) está identificada como área susceptible a inundaciones, asignándole la identificación de Microcuenca Zona J- Blvr. Manuel Gómez Morín y Av. Francisco Villarreal. Ver figura 3

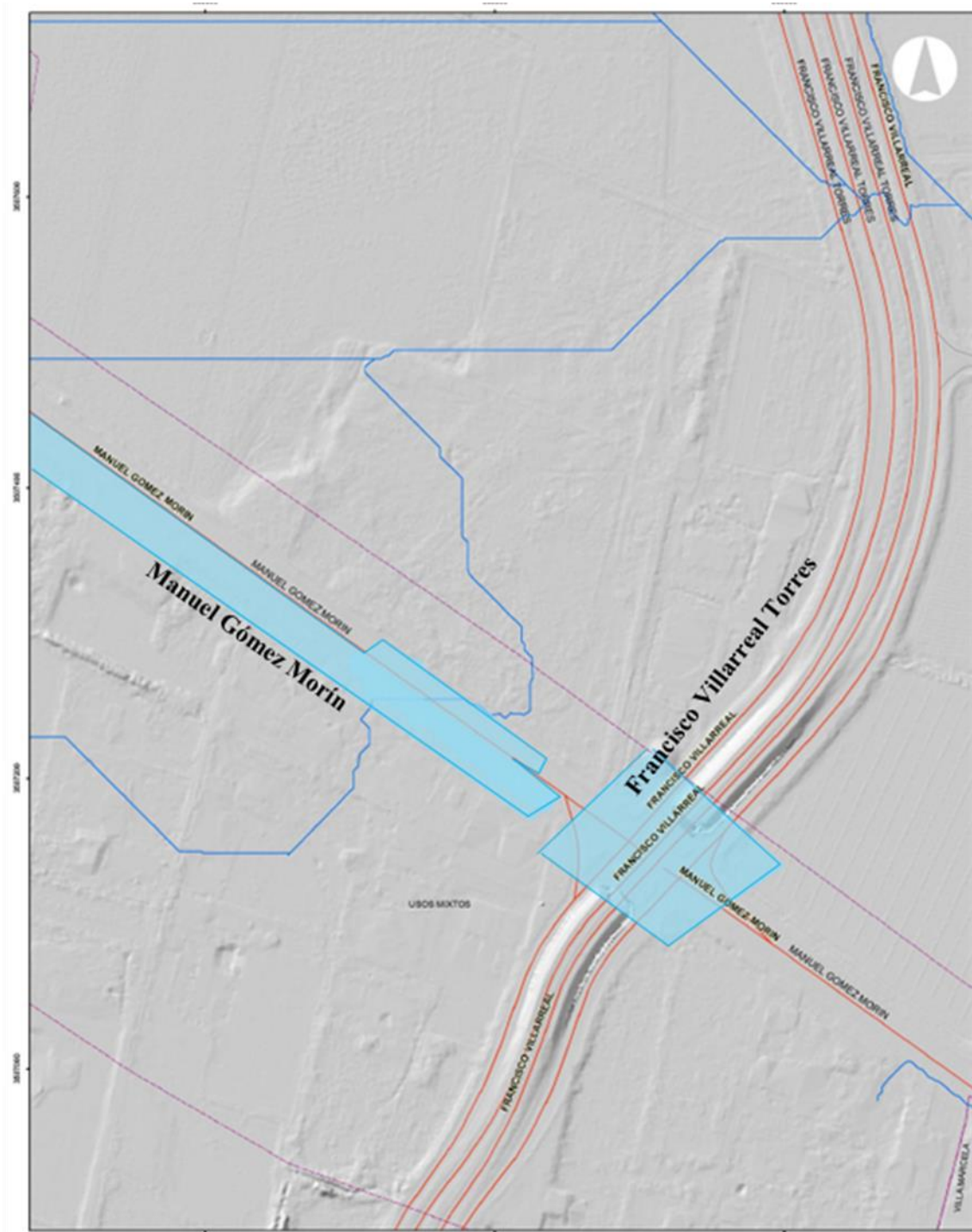


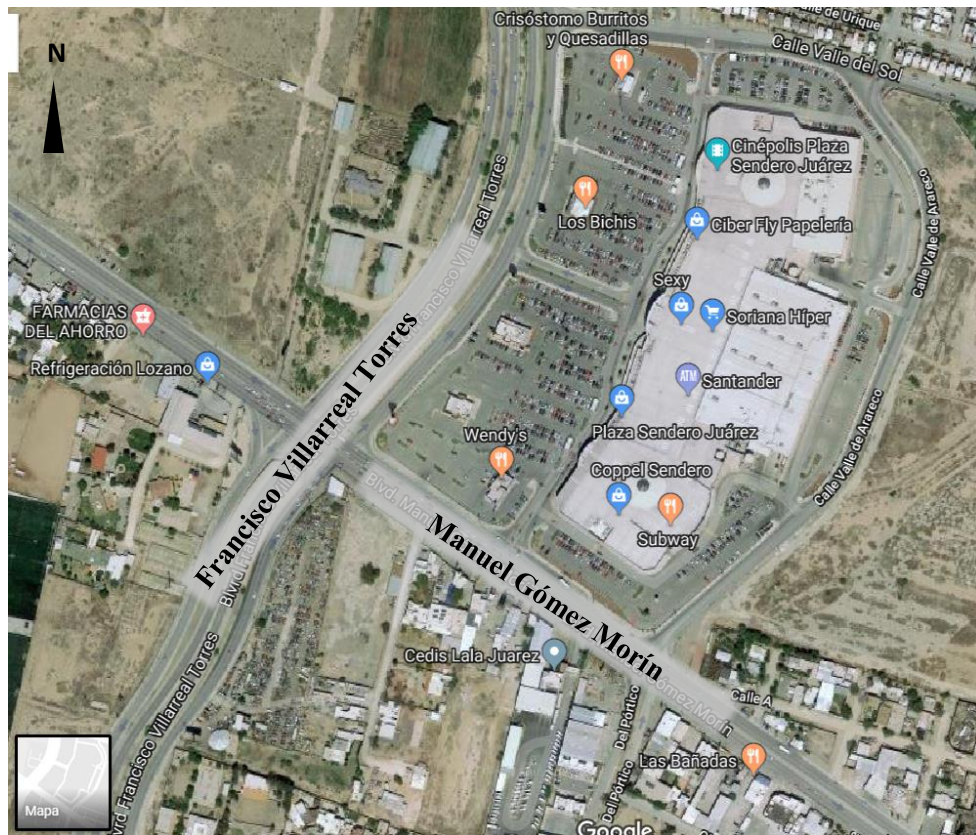
Figura 3. Zona de inundación estimada para la cuenca Zona J. (IMIP, 2016)

Como bien menciona el PDUS 2016, en la ciudad se requiere de nuevas obras de control para evitar inundaciones. Una alternativa sería la utilización de infraestructura verde y debido a que

estas construcciones son relativamente nuevas, y además es necesario contar con los recursos económicos para su realización, por lo que es importante realizar un análisis de costo-beneficio que proporcione información sobre la viabilidad de implementación de estas construcciones y conocer los beneficios que representaría para la sociedad.

1.2.1. Área de estudio

El área de estudio es el cruce de las vialidades Manuel Gómez Morín y Francisco Villarreal Torres, en Ciudad Juárez Chihuahua.



Fuente: <https://www.google.com/maps/>.

Figura 4. Ubicación del área de estudio.

Como se puede observar en la figura el área de estudio se localiza en una zona económicamente activa, siendo una de las vialidades la Manuel Gómez Morín, con un flujo vehicular diario de 48,791 vehículos (IMIP, 2017) y clasificada como una vialidad de transporte público (PDUS, 2016), la vialidad Francisco Villarreal con 70,292 vehículos diarios (IMIP, 2017) siendo una vía de acceso controlado (PDUS, 2016).

La Junta Central de Agua y Saneamiento facilito para esta investigación la cuenca del área de estudio, en donde se aprecian los escurrimientos generados, el área de captación la cual es de 0.118707 km², el área inundable que son 0.002081 km² con volumen para un TR5 de 7011 m³, ver siguiente figura:

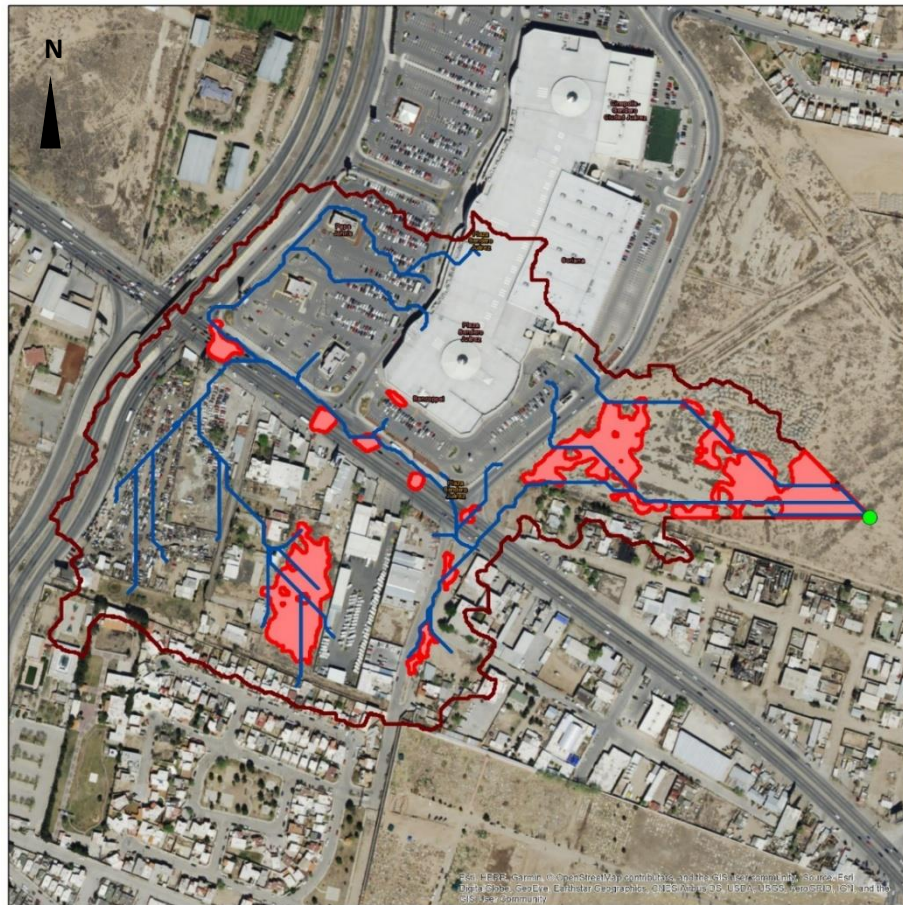


Figura 5 Cuenca del área de estudio. (JCAS, 2018)

Respecto al tipo de suelo y estratigrafía del área del estudio con base a Cossio 2018, se clasifica como una arcilla de baja compresibilidad (CL).

1.2.2. Alcance

Validar la factibilidad, conforme a análisis costo-beneficio para la construcción de infraestructura verde en el cruce de las vialidades Gómez Morín y Francisco Villarreal en Ciudad Juárez, Chihuahua.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Deducir costo – beneficio según metodología de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en el cruce de las vialidades Gómez Morín y Francisco Villarreal de Ciudad Juárez, Chihuahua para la construcción de infraestructura verde.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Proponer infraestructura verde con base al Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos
2. Elaborar el análisis costo – beneficio de construcción de infraestructura verde, según metodología de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público

1.4. Justificación

Además de todos los problemas de inundaciones que suelen desencadenarse en la ciudad, es importante conocer el costo-beneficio que conllevaría el utilizar la infraestructura verde, que para este proyecto de tesis son los jardines de lluvia, para ayudar a mitigar esta problemática.

En un informe emitido por la EPA, 2007, concluye que en 17 estudios que realizaron en proyectos donde se utilizó infraestructura verde, en la mayoría de ellos se obtuvo un ahorro en los costos del 15% al 80%, en cuanto a la clasificación y preparación del sitio para infraestructura de agua pluvial.

Con respecto a la viabilidad de cualquier proyecto constructivo, La Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria (2015), en el Artículo 34, fracción II establece que, para la programación de recursos a programas y proyectos de inversión, se debe presentar a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público un análisis de costo y beneficio donde se muestre que pueden generar un beneficio social neto bajo supuestos razonables.

Por su parte el Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria (2016), en el Artículo 45 plantea que los programas y proyectos de inversión deben contar con un análisis de costo - beneficio, elaborado según los lineamientos que estipula la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, independientemente de cuál sea la fuente de financiamiento.

Capítulo 2. Marco teórico

El presente documento tiene como objetivo el generar el costo beneficio de implementación de infraestructura verde para ayudar a la mitigación de inundaciones en un punto de la ciudad, por lo que es fundamental se desarrollen los conceptos relacionados con el tema, como infraestructura verde, hidrología, permeabilidad en suelos, estratigrafía y costo beneficio.

2.1. Infraestructura verde

El Manual del IMPLAN Hermosillo (2016) define la infraestructura verde como:

Infraestructura poli funcional que utiliza sistemas naturales (o sistemas producto de ingeniería que imitan procesos naturales) para mejorar la calidad ambiental general y proveer servicios ambientales, sociales, económicos y culturales. La Infraestructura Verde puede ser usada como componente de un sistema de manejo de agua pluvial cuando el suelo y la vegetación son usados para infiltrar, evapotranspirar, o aprovechar escorrentías.

Para el manual de Watershed Management Group (2012), la infraestructura verde son aquellas construcciones que usan sistemas vivos y naturales para proporcionar servicios ambientales, tales como contener, limpiar y filtrar agua de lluvia; crear hábitats para vida silvestre; dar sombra, refrescar calles y edificios; así como desacelerar el tránsito.

Dependiendo del alcance de la solución y el área a intervenir, los proyectos de infraestructura verde pueden ser de Micro-escala o Macro-escala, los cuales se definen en los siguientes puntos.

2.1.1. Infraestructura verde a Micro-Escala

La utilización de infraestructura verde a micro-escala se refiere a las técnicas y tecnologías específicas a emplear para conseguir beneficios directos relacionados al manejo de agua pluvial y aumento de cobertura vegetal.

Estas técnicas se clasifican según su funcionamiento en sistemas activos que necesitan insumos externos para su mantenimiento y funcionamiento una vez construidas, como son:

- Cisternas: Son para almacenar escurrimiento pluvial, generalmente de techos, para poder utilizarlo posteriormente.
- Techo Verde: Es un sistema construido en techos, que consiste en capas de vegetación, sistema de riego, capa de sustrato, barrera de suelo, drenaje y membrana impermeable que permite el desarrollo de vegetación utilizando el agua de lluvia.
- Muro Verde: Son sistemas que permiten el desarrollo de vegetación en superficies verticales o inclinadas, soportadas en paredes exteriores o interiores de edificaciones.

Otra clasificación son los sistemas pasivos para los cuales solo son necesarios insumos externos para su mantenimiento, los cuales son:

- Jardín Microcuenca: Son jardines con cavidades conformadas en el terreno en un nivel inferior al de las superficies adyacentes para capturar agua de lluvia.
- Jardín de Lluvia: Tienen la misma definición al jardín microcuenca, con la diferencia que tienen una mayor capacidad de captación de agua pluvial debido a las capas permeables en niveles inferiores.
- Zanja-Bordo: Consiste en una microcuenca lineal o zanja con un bordo en la pendiente debajo de ella. Pueden ser semicirculares y diseñadas para captar y retener volúmenes de aguas pluviales ligeras.
- Drenaje Francés: Es una zanja rellena de rocas que permite la infiltración de agua pluvial a través de sus lados, fondo y extremos. También puede funcionar para coleccionar y conducir agua de un punto a otro infiltrando el agua durante su transporte.
- Presa Filtrante: Son barreras permeables utilizadas para reducir la velocidad del flujo de agua pluvial, para prevenir y/o reparar la erosión, fijar sedimento y mejorar la infiltración de agua.
- Pozo de Infiltración: Son excavaciones de forma de tronco, ya sea piramidal, cilíndrica o cuadrada-rectangular que tienen la función de aumentar y acelerar la infiltración de agua pluvial al subsuelo.
- Pavimento Permeable: Son pavimentos porosos ya sea de concreto asfáltico o hidráulico, que permiten el paso del agua a través de su estructura, ofreciendo al mismo tiempo soporte estructural.

Estas técnicas tienen componentes en común los cuales pueden seleccionarse según las necesidades del área a intervenir, a continuación, se describen cada uno de ellos y las técnicas en las cuales se utilizan, ver siguiente tabla:

Tabla 3. Componentes comunes en Infraestructura Verde.

COMPONENTE	TÉCNICA
Acolchado: Material particulado orgánico o mineral, para conservar la humedad, disminuir el desarrollo de vegetación espontánea y mejorar la estructura y composición del suelo	Jardín microcuenca, jardín de lluvia y en la zanja-bordo
Barrera de suelo: Capa de geo textil o arena con gravilla, para evitar se mezclen los finos con la capa drenante	Jardín de lluvia, drenaje francés y en los techos verdes

Tabla 3. Componentes comunes en Infraestructura Verde.

COMPONENTE	TÉCNICA
<p>Bordo: Conformado por suelo local compactado para darle forma y estabilidad, ayuda a contener y/o conducir el flujo de agua</p>	<p>Jardín microcuenca, jardín de lluvia, zanja-bordo y presas filtrantes.</p>
<p>Capa de sustrato o filtrante: Compuesta por suelo local la cual puede mejorarse con materia orgánica, con espesor mínimo de 30cm., su función es remover contaminantes y se establece la vegetación.</p>	<p>Jardín de lluvia, techos verdes y en muros verdes en los cuales debe ser lo más ligera posible.</p>
<p>Capa drenante: Compuesta por material mineral grueso, como roca, residuos de hierro, cerámica o escombro. Su función es incrementar la capacidad de captación e infiltración de agua, proteger estructuras adyacentes y da mayor estabilidad a las especies arbóreas.</p>	<p>Jardín de lluvia con espesor mínimo es de 40 cm., en el pozo de infiltración como un filtro perimetral de máximo 5 cm, por fuera de los muros con un espesor mínimo de 10 cm y en la base del pozo con profundidad mínima de 30cm, en el drenaje francés y en techos verdes en los cuales puede ser de fibra sintética, polipropeno, mallas plásticas, fibras textiles recicladas o polietileno.</p>
<p>Desborde: En el jardín de lluvia y jardín microcuenca, pueden ser cortes en guarnición por donde se desbordará el agua, debe ser 5 cm por debajo del nivel superior de la guarnición.</p>	<p>En la zanja-bordo, es a modo de filtro de sedimentos a un nivel bajo. En la presa filtrante, se conforma dejando una fracción del bordo de la presa a un nivel más bajo, mínimo 20 cm. En cisterna, consiste de una tubería colocada al mismo nivel o superior que la entrada de agua.</p>
<p>Entradas de agua: Pueden ser cortes en guarnición, cunetas o tubería.</p>	<p>En todas las técnicas presentadas anteriormente.</p>
<p>Filtro de sedimentos</p>	<p>En el jardín microcuenca y jardín de lluvia, se forma con una capa de material mineral particulado en la entrada de agua, para retener sedimentos y contaminantes que la escorrentía transporta. En el pozo de infiltración, consiste en una caja a base de concreto, rellena de material particulado, ubicada en la entrada al pozo de infiltración. En la cisterna se encuentra entre la bajada pluvial y la tubería de conducción, para filtrar el agua que acarrea sedimentos, consiste en una caja metálica de malla.</p>
<p>Franja – filtro</p>	<p>En jardín de lluvia se forma de material mineral mayor a 2 cm., colocado en toda la extensión del jardín del lado de la entrada de agua, funciona para retener sedimentos. En techo verde igual que el anterior, pero con particulado entre 1 y 3 cms., en</p>

Tabla 3. Componentes comunes en Infraestructura Verde.

COMPONENTE	TÉCNICA
	muros verdes puede ser de PVC, poliuretano o algún plástico firme.
Membrana impermeable: Pueden ser geo membranas o plásticos de alta impermeabilidad. Su función es evitar que el suelo adyacente se erosione o afectar a estructuras adyacentes.	Jardín de lluvia, drenaje francés, pozo de infiltración, techos verdes y muros verdes.
Microcuenca: Se forma una depresión en el terreno, su función es captar parte del volumen de agua captada por el sistema.	Jardín microcuenca, jardín de lluvia y zanja – bordo. En el drenaje francés, se conforma una pendiente mínima del 1% continua.
Superficies impermeables en pendiente: Son las superficies adyacentes al sistema; banquetas, calles, pavimento de plazas, con pendiente orientadas hacia la técnica para conducir el volumen de agua hacia ésta.	Jardín microcuenca y en jardín de lluvia.
Tubería perforada: Tubería PVC de 7.5 a 20 cm de diámetro, perforada o ranurada, en parte inferior de la técnica que sirve para coleccionar el agua y conducirla a algún contenedor.	Jardín de lluvia y el drenaje francés.
Vegetación nativa: Si se utilizan arboles es necesario conocer la dimensión de estos en su desarrollo completo para dejar la distancia correcta entre los mismos.	Jardín microcuenca, jardín de lluvia, zanja – bordo, techos verdes y muros verdes.

2.1.2. Infraestructura verde a Macro-Escala

La utilización de infraestructura verde a macro-escala comprende extender las implementaciones de micro-escala para consolidar una red y por otra parte conservar y reforzar los elementos naturales en el paisaje.

Algunos componentes a macro-escala corresponden a:

- Humedales
- Bosques
- Corredores
- Ribereños
- Líneas de Costa

Como se menciona en el primer objetivo del proyecto de tesis, se utilizará la técnica de Jardín de Lluvia clasificada como sistema pasivo y un vaso de captación la cual se desarrollará a más detalle en el capítulo de metodología.

Debido a que la infraestructura verde permite la infiltración de agua es importante conocer el tipo de suelo que se tiene en el área de estudio para esto es necesario conocer la estratigrafía del lugar, la cual se define a continuación.

2.2. Estratigrafía

La estratigrafía es la rama de la geología que estudia, interpreta, identifica y describe la secuencia vertical y horizontal de las rocas estratificadas, también se encarga de la cartografía y correlación de estas unidades de roca, determinando el orden y el momento de los eventos en un tiempo geológico determinado en la historia de la Tierra. (SGM, 2017).

La estratigrafía tiene como objetivos la identificación de materiales, delimitación y ordenación de unidades estratigráficas, levantamiento de secciones estratigráficas, interpretación genética de las unidades, correlación y asignación de tiempo, así como el análisis de cuencas.

Según (Vera, 1994), el estrato es un nivel normalmente tabular compuesto de roca o sedimento, con litología homogénea depositado durante un tiempo. Estos están delimitados por una capa estratificada inferior llamada muro y por una superior llamada techo, a dicha limitación se le conoce como espesor del estrato, el cual es muy variable.

Dentro del estrato existe una subdivisión llamada lámina, la cual puede estar paralela o no al estrato, siendo de un espesor generalmente inferior a un centímetro.

La estratificación es la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas, tanto geométrica como genéticamente. La estratificación es por efecto de las interacciones físicas, químicas y/o biológicas que regulan la sedimentación.

Con el conocimiento de la estratigrafía del área de estudio se conoce el tipo de suelo, con el cual se puede conocer la permeabilidad del mismo, concepto que se define enseguida.

2.3. Permeabilidad en suelos

La permeabilidad se define como la capacidad que tiene un suelo para que pase fluido a través de él. Henry Darcy explicó la relación entre la cantidad de agua que fluye a través de una superficie, el área y el gradiente hidráulico. (SCT, 2002). Ver siguiente figura.

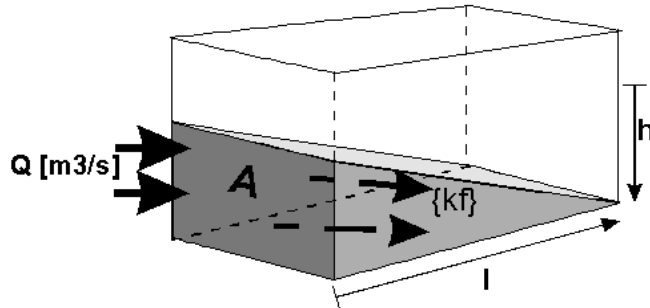


Figura 6. Diagrama de Darcy. (SCT, 2002).

De donde se derivó el coeficiente de permeabilidad que se expresa como sigue:

$$k = \frac{Q}{IA}$$

Donde:

k = Coeficiente de permeabilidad

Q = Caudal

I = Gradiente

A = Sección

Existen dos grupos de procedimientos para determinar la permeabilidad de los suelos (SCT, 2002), los cuales son:

- Directos.- Miden directamente el coeficiente de permeabilidad:
 - Permeámetro de carga constante, método más simple recomendado para limos o arenas medianamente cementadas.
 - Permeámetro de carga variable, se recomienda para suelos finos y gruesos.
 - Prueba directa en los suelos en el lugar.
- Indirectos.- Miden indirectamente el coeficiente de permeabilidad:
 - Cálculo a partir de la curva granulométrica
 - Cálculo a partir de la prueba de consolidación
 - Cálculo con la prueba horizontal de capilaridad
 -

De igual manera existen fuentes bibliográficas en las cuales se puede encontrar valores del coeficiente de permeabilidad que se pueden utilizar para cálculos de infiltración, a continuación, se muestran valores obtenidos por la Secretaria de Comunicaciones y transportes:

Tabla 4. Valores típicos del coeficiente de permeabilidad.

	k		k
Grava	$10^{-1} - 10^{-2}$	Arena limosa	$10^{-5} - 10^{-7}$
Arena gruesa	10^{-3}	Arcilla limosa	$10^{-6} - 10^{-9}$
Arena mediana	$10^{-3} - 10^{-4}$	Arcilla	$< 10^{-9}$
Arena fina	$10^{-4} - 10^{-5}$		

Fuente: SCT, 2002.

Además de conocer las características del suelo del área de estudio es importante conocer la hidrología del mismo para saber su comportamiento así como los escurrimientos, el tiempo de retorno y el tiempo de concentración que se definen a continuación

2.4. Hidrología

La hidrología es la geo ciencia que estudia el ciclo hidrológico global, describiendo las variaciones del movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre, para adquirir conocimientos de los fenómenos hidrológicos para resolver problemas de este campo, conociendo la cantidad, frecuencia y naturaleza del proceso lluvia-escurrimiento y determinar eventos de diseño en diferentes eventos hidrológicos que se registran en redes de medición. (Breña & Jacobo, 2006).

2.4.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es un fenómeno global de circulación del agua entre la superficie terrestre y la atmosfera, utilizando la energía solar y gravitacional, siendo el conjunto de cambios del agua en la naturaleza tanto en sus estados como en su forma. El ciclo hidrológico no tiene un camino único. Ver siguiente figura.



Figura 7. Proceso del ciclo hidrológico. (U.S. Geological Survey, 2017)

Se puede considerar la precipitación como la etapa donde inicia el ciclo hidrológico, que durante su caída se evapora y regresa a la atmósfera y parte se escurre hacia el suelo y se infiltra. El agua que cae directamente al suelo puede caer sobre superficies líquidas, y otra parte correrá por la superficie dando lugar al escurrimiento superficial o escorrentía. (Maderey & Jiménez, 2005), la cual se define como la cantidad de agua pluvial que precipita sobre una zona o cuenca hidrológica, esta circula ya sea sobre o debajo de la superficie terrestre hasta ser drenada por la salida de la cuenca o para llegar a un lago. El escurrimiento inicia cuando la superficie del terreno alcanza una condición de saturación. Primeramente, el flujo se incorporará al drenaje de la cuenca, parte del agua puede percolar más profundo, otra parte permanecerá almacenada temporalmente y otra regresará a la superficie. (Breña y Jacobo, 2006).

Para el análisis del escurrimiento se debe considerar la intensidad de la precipitación, la capacidad de infiltración de la superficie, así como la condición y característica hidráulica del suelo.

Para determinar las escorrentías, se incluye un factor de escurrimiento superficial, el cual depende de la cantidad de agua que fluye en la superficie y de la rugosidad de la misma, así con una mayor rugosidad el flujo será menor y por lo tanto la infiltración será mayor y viceversa. En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de escurrimiento para algunas superficies.

Tabla 5. Coeficientes de escurrimiento de diferentes superficies.

Superficie	Factor de escurrimiento
Techos de losa o metal	0.80-0.95
Pavimento	0.90-0.95
Suelo sin vegetación	0.20-0.75
Suelo con vegetación	0.10-0.60
Pasto	0.05-0.365
Gravas	0.20-0.75

Fuente: IMPLAN, 2016.

2.4.2. Periodo de retorno

El periodo de retorno es el número de años en que un evento puede ser igualado o excedido en promedio y a la larga, también se le conoce como el intervalo de recurrencia. (CONAGUA, 2016)

A continuación, se muestran los periodos de retorno recomendados para Ciudad Juárez

Tabla 6. Precipitación en 24 hr. para diferentes periodos de retorno.

TR	Precipitación en mm
5	54
25	83
100	110
500	140
1000	153
10000	196

Fuente: IMIP, 2005.

2.4.3. Tiempo de concentración

Es el tiempo que una gota de agua recorre desde el punto más lejano de una cuenca a la salida de la misma, transcurrido este tiempo se considera que toda la cuenca aporta a la salida. Debido a que a mayor duración de una tormenta disminuye su intensidad, se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración t_c . Existen varios factores que afectan al tiempo de concentración, como la geometría de la cuenca, su pendiente, el área, el tipo de suelo, así como la vegetación. La siguiente tabla muestra algunas fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

Tabla 7. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

Método y fecha	Formula para t_c min	Observaciones
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar por 0.4
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H=diferencia de nivel entra la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Desarrollada para cuencas pequeñas
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525 \cdot (0.0000276 \cdot i + c) \cdot L^{0.33}}{S^{0.333} \cdot i^{0.667}}$ <p>i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m</p>	El coeficiente de retardo varia de 0.0070 para pavimentos lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies con pasto; además i por L debe ser ≤ 3800
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035 \frac{(1.1 - C) \cdot L^{0.50}}{S^{0.333}}$ <p>C = coeficiente de escorrentía del método racional L = longitud del flujo superficial, m S = pendiente de la superficie, m/m</p>	Se utiliza para problemas de drenaje en aeropuertos y flujo superficial en cuencas urbanas

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, s/f.

Debido a que en el presente documento se está desarrollando un proyecto, es importante definir lo que conlleva el mismo, lo cual se presenta en el siguiente punto.

2.5. Proyecto ejecutivo

En la Ley de obra pública y servicios relacionados con la misma, (2016) define proyecto ejecutivo como el conjunto de planos y documentos que conforman los proyectos arquitectónicos y de ingeniería de una obra, el catálogo de conceptos, descripción e información para llevarla a cabo.

Para SEDESOL, 2005 el proyecto ejecutivo es la elaboración de ingeniería de detalle con la obtención de planos y presupuesto base para la ejecución de obra pública.

Según el manual técnico administrativo de proyectos ejecutivos de León, Gto. 2018, es el elemento más importante en las etapas del proceso de diseño de cualquier proyecto, debido a que contiene a detalle los planos, memorias, cálculos, presupuestos, programas y lineamientos en los que se indica cómo se llevara tanto la construcción, operación, así como los procesos durante la ejecución.

Son tres los elementos esenciales que los conforman: los estudios, proyectos y documentos, en la siguiente figura se desglosa cada elemento.

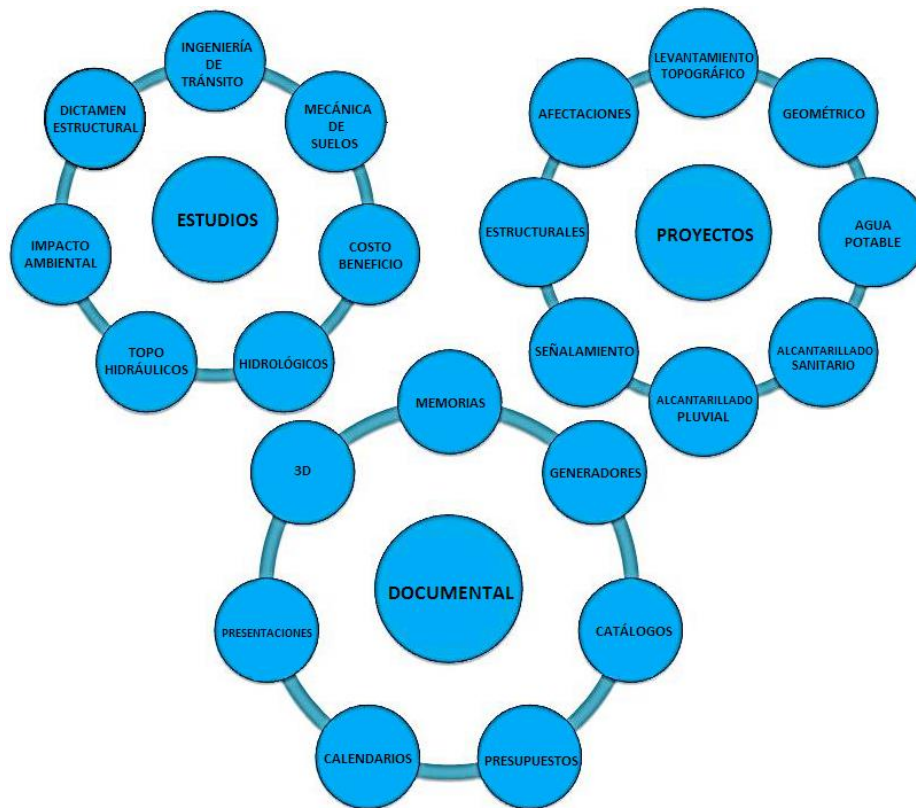


Figura 8. Elementos de un proyecto ejecutivo. (León, Gto., 2018)

Es de suma importancia para cualquier proyecto ya sea público o privado contar con un estudio de viabilidad del mismo, para lo cual se debe realizar un costo-beneficio, el cual se define a continuación.

2.6. Costo - Beneficio

Para Quiroz, 2018 un análisis costo-beneficio: permite estimar la opción que es más adecuada en términos económicos en relación a los beneficios esperados. Este análisis requiere partir de una situación base con infraestructura verde y sin ella, así como incluir todos los costos (capital, operación, mantenimiento) y valorar los beneficios cuantitativa y cualitativamente, que, para el caso de infraestructura verde, se relacionan con mitigación y adaptación al cambio climático.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público define el análisis de costo - beneficio como la evaluación de los programas y proyectos de inversión a que se refiere el artículo 34, fracción II, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, y que considera los costos y beneficios directos e indirectos que los programas y proyectos generan para la sociedad.

Así mismo, nos menciona los tipos de evaluación socioeconómica que son aplicables a los programas y proyectos de inversión, los cuales son:

- Ficha técnica: Consiste en la descripción de la problemática o necesidad a resolver, así como las razones para elegir la solución presentada. Esta técnica se requiere en proyectos con un monto de inversión menor o igual a 50 millones de pesos.

La cual debe contener: Información general del programa o proyecto de inversión, alineación estratégica, análisis de la situación actual, análisis de la situación sin proyecto, justificación de la alternativa, análisis de la situación con proyecto, identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios y calcular los indicadores de rentabilidad Valor Presente Neto, la Tasa de Interna de Retorno y la Tasa de Rentabilidad Inmediata.

- Análisis costo-beneficio simplificado: Consiste en una evaluación socioeconómica a nivel de perfil, en la cual se utiliza información de la dependencia o entidad, experiencia previa y criterio de los evaluadores, se puede utilizar revistas especializadas, libros, artículos, estudios similares y experiencias de otros países o gobiernos, para poder calcular los indicadores de rentabilidad. Se aplica en proyectos con un monto de inversión de entre 50 millones de pesos y 500 millones de pesos.

El cual debe contener: Resumen ejecutivo, situación actual del programa o proyecto, situación sin el proyecto, situación con el programa o proyecto de inversión, evaluación del programa o proyecto de inversión que incluye los indicadores de rentabilidad, conclusiones y recomendaciones, anexos y bibliografía.

- Análisis costo-beneficio: Es una evaluación socioeconómica del proyecto a nivel prefactibilidad para determinar la conveniencia de un proyecto en términos monetarios, incluyendo externalidades, a la ejecución y operación del proyecto. Se aplica en proyectos con un monto de inversión superior a los 500 millones de pesos.

El cual debe incluir: Factibilidad técnica, legal, económica y ambiental, estudios de mercado, resumen ejecutivo, situación actual del programa o proyecto, situación sin el

proyecto, situación con el programa o proyecto de inversión, evaluación del programa o proyecto de inversión que incluye los indicadores de rentabilidad, conclusiones y recomendaciones, anexos y bibliografía.

- Análisis costo-eficiencia simplificado: Consiste en una evaluación socioeconómica a nivel perfil. Se aplica para proyectos con un monto de inversión de entre 50 millones de pesos y 500 millones de pesos.

El cual debe contener: Resumen ejecutivo, situación actual del programa o proyecto, situación sin el proyecto, situación con el programa o proyecto de inversión, evaluación del programa o proyecto de inversión que incluye los indicadores de rentabilidad, conclusiones y recomendaciones, anexos y bibliografía.

Análisis costo-eficiencia: Es una evaluación socioeconómica a nivel prefactibilidad, para la utilización eficiente de los recursos al comparar dos alternativas de solución. Se utiliza en proyectos con un monto de inversión superior a los 50 millones de pesos.

El cual debe contener: Resumen ejecutivo, situación actual del programa o proyecto, situación sin el proyecto, situación con el programa o proyecto de inversión, evaluación del programa o proyecto de inversión, conclusiones y recomendaciones, anexos y bibliografía.

Como se puede observar en cuatro de los cinco diferentes tipos de evaluación que señala la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, deben de calcularse los indicadores de rentabilidad, por lo cual se definen a continuación:

Para Hoz, 2008 los indicadores forman parte de un sistema de control de gestión que permiten obtener información sobre aspectos críticos o de importancia para que las empresas alcancen efectividad en sus operaciones y cumplir sus objetivos de largo plazo.

Estos indicadores ayudan a evaluar la cantidad de utilidad obtenida con respecto a la inversión que las originó, para lo cual existen dos tipos de rentabilidad, la económica también conocida como rendimiento sobre la inversión y la financiera denominada también como el rendimiento sobre el capital.

Con respecto a las evaluaciones socioeconómicas de proyectos los indicadores de rentabilidad necesarios para decidir la conveniencia de realizar los mismos, son: el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

Se dice que un proyecto es rentable si, considerando la tasa de descuento relevante para el proyecto, el valor actual de los beneficios generados por el proyecto es mayor que el valor presente de los costos generados, esto aplica para proyectos privados como sociales, diferenciándose en los beneficios y costos considerados para el cálculo de la rentabilidad. (cepep, 2017).

El VPN de un proyecto es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPN los costos y los beneficios futuros del proyecto son descontados, utilizando la tasa social para compararlo en un punto en el tiempo presente.

Si $VPN > 0$, los beneficios son mayores que los costos, por lo cual el proyecto es rentable.

Si $VPN < 0$, los costos son mayores a los beneficios, el proyecto no es rentable.

La fórmula para VPN es:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Donde:

B_t = los beneficios totales en el año t

C_t = los costos totales en el año t

$B_t - C_t$ = flujo neto en el año t

n = número de años del horizonte de evaluación

r = tasa social de descuento

t = año calendario, donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

El VPN es una función inversa de la tasa social de descuento, por lo tanto, al tener un valor alto, el costo de oportunidad del proyecto será alto también, por lo cual el valor presente de los flujos futuros es menor que cuando la tasa social de descuento tiene un valor más bajo. Ver siguiente figura

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero. Esto es equivalente a encontrar el punto de equilibrio de un proyecto o programa, o sea, el valor presente de los beneficios es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

La TIR se calcula con la siguiente fórmula:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (2)$$

Donde:

B_t = los beneficios totales en el año t

C_t = los costos totales en el año t

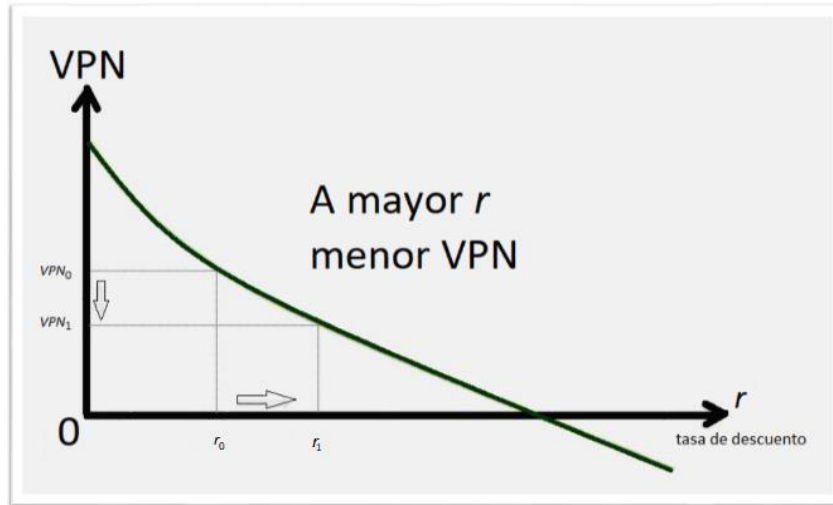


Figura 9. Relación entre VPN y tasa de descuento. (cepep, 2017).

$B_t - C_t =$ flujo neto en el año t

$n =$ número de años del horizonte de evaluación

TIR = Tasa Interna de Retorno

$t =$ año calendario, donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

La TIR es la tasa máxima que soportaría un proyecto para ser rentable, si la tasa es mayor a la TIR el VPN sería negativo y el proyecto deberá ser rechazado, por el contrario, si es menor garantizará una rentabilidad positiva y el proyecto será conveniente realizarlo. Ver siguiente figura:

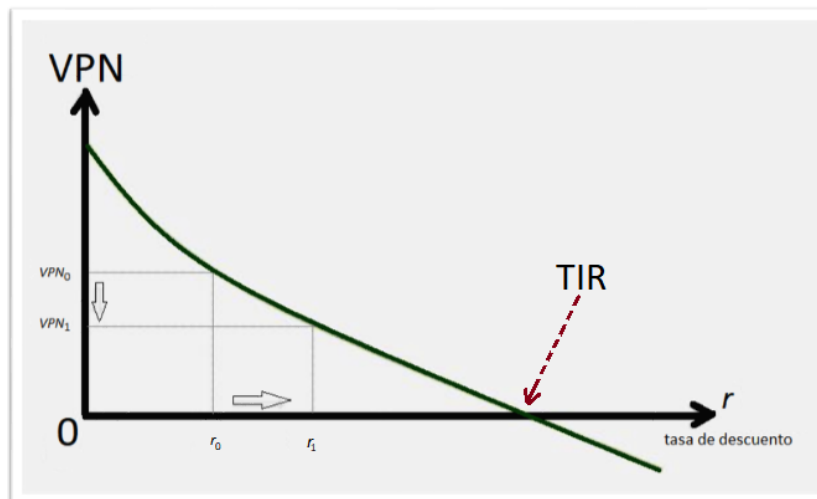


Figura 10. El VPN, Tasa de descuento y Tasa Interna de Retorno. (cepep, 2017).

La TRI permite determinar el momento ideal para la operación de un programa o proyecto con beneficios crecientes. En algunos casos será beneficioso esperar la ejecución del proyecto, aun y si el VPN sea positivo.

La TRI se calcula con la siguiente fórmula:

$$TRI = \frac{(B_{t+1}) - (C_{t+1})}{I_t} \quad (3)$$

Donde:

B_{t+1} = beneficio total en el año t+1

C_{t+1} = costo total en el año t+1

I_t = monto total de inversión valuado al año (inversión acumulada hasta el periodo t)

t = año anterior al primer año de operación

t+1 = primer año de operación

El momento ideal para empezar la operación de un proyecto, es el primer año en que la TRI es igual o mayor a la tasa social de descuento.

El IMTA, (2015) recomienda calcular el daño promedio de dos eventos de probabilidad con un intervalo de probabilidad entre las probabilidades de ambos eventos, mediante la estimación del daño anual esperado (DAE) por inundación para los periodos de retorno que se tenga información de los daños estimados en el proyecto, utilizando la probabilidad de ocurrencia del daño respecto al monto económico de daños, utilizando la siguiente formula:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^k D[i] \times \Delta P_i \quad (4)$$

Donde:

\bar{D} = *Daño Anual Esperado*

$D[i] = \frac{D(P_{i-1}) + D(P_i)}{2}$, $D[i]$ = media del daño de dos eventos de daño $D[P_{i-1}]$ y $D[P_i]$

$\Delta P_i = |P_i - P_{i-1}|$, ΔP_i = intervalo de probabilidades entre las probabilidades de excedencia de ambos eventos

Para efectos del presente proyecto de tesis la técnica para el análisis de costo-beneficio de la construcción de infraestructura verde que se utilizará, será la de análisis de ficha técnica, por ser para programas o proyectos con inversiones de hasta 50 millones de pesos y con la metodología de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la cual se desarrollará a más detalle en el capítulo de metodología.

Capítulo 3. Metodología

Para llevar a buen término cada uno de los objetivos específicos presentados en este documento se muestra la siguiente metodología.

3.1. Diseño de infraestructura verde

En este apartado se muestra la metodología a seguir para el diseño de infraestructura verde que en el presente proyecto se desarrolló un jardín de lluvia basado en el procedimiento presentado en el Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos, IMPLAN, 2016.

Se seleccionaron los componentes que hacen posible el funcionamiento del jardín de lluvia y se elaboraron esquemas en el programa Sketch Up de los mismos, se propusieron plantas que se adaptan mejor a las condiciones del lugar y que garantizan un buen desarrollo con pocos cuidados, utilizando la paleta vegetal donde se especifican 28 variedades de plantas recomendadas para forestación y reforestación del Instituto Municipal de Investigación y Planeación.

Se determinó la precipitación que puede captar un jardín de lluvia de la siguiente manera:

Se calculó el área del jardín utilizando la formula necesaria según la figura geométrica del mismo, en este caso se utilizó la fórmula para un rectángulo.

$$A = a \times l \quad (5)$$

Donde: A = Área de captación, m²

a = ancho del jardín, m

l = largo del jardín, m

Se obtuvo la lámina de precipitación en mm, para un evento de lluvia en 24 horas el área de estudio de la Junta Central de Agua y Saneamiento

Una vez obtenida el área del jardín y la lámina de precipitación, se calculó el volumen de precipitación que recibe el mismo, utilizando la siguiente formula

$$V = A \times h \times f \quad (6)$$

Donde: V = Volumen de precipitación en m³

A = Área de captación, m²

h = Profundidad del jardín, m

f = Factor de conversión

Se calculó el volumen de captación de la microcuenca.

Primero se determinó el volumen que aporta la microcuenca, multiplicando el área que ocupa por la profundidad promedio de la misma.

$$V = A \times p \quad (7)$$

Donde: V = Volumen de precipitación en m³

A = Área de captación, m²

p = profundidad promedio del jardín, m

Como segundo paso, se calculó el volumen de la capa de sustrato y la de filtrante, para realizar esto se consideró el volumen de vacíos para los dos estratos, para este caso:

- Capa de sustrato (tierra) = 5% de volumen de vacíos
- Capa filtrante (roca/grava) = 40% de volumen de vacíos

$$V = A \times p \times \%v \quad (8)$$

Donde: V = Volumen de precipitación en m³

A = Área de captación, m²

p = profundidad de la capa de sustrato/filtrante, m

%v = porcentaje de vacíos

Finalmente, se sumaron los volúmenes de la microcuenca y de las capas de sustrato y filtrante, para obtener la capacidad total del jardín de lluvia.

Como complemento del jardín de lluvia se dimensionó un vaso de captación según para el cual se obtuvo el Tiempo de Retorno del Instituto Municipal de Investigación y Planeación, que para este proyecto se utilizó TR₂₅, el cual está avalado por la Comisión Nacional del Agua.

Enseguida se calculó el volumen de agua multiplicando la superficie del predio o cuenca por la lámina de agua que es de 83 mm obtenida del Plan Sectorial para el Manejo de Agua Pluvial.

Una vez calculado el volumen se multiplicó por el factor de escurrimiento el cual se obtuvo del IMPLAN y dependiendo del tipo de superficie que rodee a la estructura que para este caso se utilizó 0.95 por ser pavimentado. (Tabla 4)

Se propuso la profundidad del vaso de captación que para nuestro proyecto fue de 4 mts., tomando en cuenta el tipo de suelo del área según Cossio, generalmente se hace a la profundidad de arena.

Con los datos anteriores se calcula el área del vaso, dividiendo el volumen del vaso con la profundidad propuesta.

Una vez diseñada la infraestructura verde se procedió a realizar el análisis costo-beneficio de la misma.

3.2. Análisis costo-beneficio del diseño del jardín de lluvia

A continuación, se muestra la metodología realizada para el tipo de evaluación socioeconómica llamado ficha técnica, para la construcción de un jardín de lluvia, tomando como referencia lo señalado en la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (2015) y la Guía de Llenado de Ficha Técnica (BPJ, 2017).

Se presentó la **información general** del proyecto la cual se desarrolló de la siguiente manera:

Se seleccionó el tipo de registro por realizar, dados en el formato de la Secretaría, los cuales son programa o proyecto de inversión, o estudio de pre-inversión. Se especificó el nombre del proyecto, iniciando con el sustantivo del verbo de la acción, el objeto, así como la ubicación del mismo. Se eligió el tipo de proyecto para establecer la categoría a la que pertenece dependiendo del tipo de obra y sector, los cuales están especificados en el mismo formato. Se incluyó el monto total de inversión con impuesto al valor agregado (IVA), monto sin IVA, para obtener este monto se realizó un catálogo de conceptos y se calcularon los precios unitarios en el programa OPUS utilizando un catálogo de costos (cmic, 2014), costos horarios (COMEXI, 2015), precios unitarios ayuntamiento de Chihuahua 2016, así como información obtenida de expertos. Se señaló la fuente de financiamiento la cual puede ser Estatal, Federal, Municipal, Privada, etc., así como el porcentaje e importe que correspondió.

Se presentó el horizonte de evaluación para lo cual se especificó la fecha de inicio y termino del proyecto esto en base a información obtenida de expertos en construcción de jardines, así como la vida útil, la cual se calculó con el programa LIFE-365 utilizando las dimensiones propuestas para los jardines, así como parámetros que provee el programa para realizar la estimación. Se presentó el calendario de inversión en el cual se estableció el recurso total que se espera invertir por año, incluyendo IVA. (Pueden ser varios años o uno). Así mismo se presentó la localización geográfica, señalando el Estado y los municipios colindantes y las coordenadas geográficas decimales obtenidas del Plan de Desarrollo Urbano Sostenible (IMIP, 2016).

Se mostró la **alineación estratégica**, la cual identifica con que programas y proyectos del gobierno se vincula el programa o proyecto presentado, a continuación, se muestra la información contenida:

Se investigó y se presentaron los programas relacionados con los cuales se vincula el proyecto, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2019-2024), Amlópolis (2019-2024), el Plan Estatal de Desarrollo (PED, 2017-2021) y el Plan Municipal de Desarrollo (PMD, 2018-2021), llamados también instrumento de planeación de estos se seleccionaron solo los objetivos o estrategias de

cada uno, que se relacionaron con el proyecto, redactados en infinitivo, así como las líneas de acción contenidas en los mismos.

Se investigó en los planes y programas municipales, los programas o proyectos relacionados o complementarios que se estuvieran ejecutando actualmente, o bien al mismo tiempo que el proyecto propuesto y que se complementaran con los resultados esperados.

Se presentó el **análisis de la situación actual**, el cual contiene los siguientes puntos:

Se describió la problemática existente en el área de estudio adjuntado además fotografías que evidencian la problemática descrita obtenidas de fuentes informativas de la ciudad. Se efectuó el análisis de la oferta que representa la infraestructura existente en cuanto a captación de agua pluvial se refiere, se presentó el análisis de la demanda utilizando información obtenida de la JCAS, 2018. Se realizó un recorrido por el área de estudio para obtener el tiempo de traslado y las condiciones de la misma.

Se identificaron variables relevantes que permitan evaluar y monitorear el impacto y los beneficios del proyecto, a partir de la problemática descrita, mostrando el concepto y la situación actual del mismo, utilizando fuentes de información del Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial, de la SEMARNAT y de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

Se trabajó el **análisis de la situación sin proyecto**, el cual se desarrolló de la siguiente manera:

Se investigaron medidas de optimización las cuales ayudan a mejorar la situación actual y reducen la problemática identificada, es importante señalar que dichas optimizaciones no pueden ser mayor al 10% del monto total de inversión del proyecto o programa propuesto, según la guía de llenado de la ficha técnica que se utilizó.

Se presentaron las **alternativas de solución** de la siguiente manera:

Se investigaron en diferentes fuentes bibliográficas las alternativas de solución, encontrando un proyecto acorde con el proyecto de tesis, en el Atlas de Riesgos Naturales y Atlas de Riesgos Antropogénicos, volumen 3(IMIP, 2016) incluyendo el costo con IVA para la realización del proyecto ejecutivo de la misma, con el cual se estimó el costo total de construcción con IVA, así mismo se justificó la alternativa de solución seleccionada, especificando los ventajas y desventajas entre la alternativa y el proyecto propuesto.

Se presentó el **análisis de la situación con proyecto**, el cual contiene lo siguiente:

Se realizó una descripción detallada del proyecto, mostrando en que consiste y sus principales componentes, se incluyeron imágenes del proyecto para complementar la información. Se describieron los componentes del proyecto con una breve descripción, su costo unitario, cantidad total y su costo total con IVA, obtenidos anteriormente en el programa OPUS y con diversas fuentes de apoyo. Se describieron los aspectos técnicos, ambientales y legales relevantes para la realización del proyecto, se mostró la ubicación del proyecto con sus coordenadas geográficas. Se realizó el análisis de la oferta describiendo la infraestructura con la que se contará y de la demanda con proyecto, se realizó un diagnóstico de la situación con proyecto, haciendo una comparativa

entre la situación actual y la situación con proyecto, con cada beneficio identificado para el proyecto, describiendo como mejora la situación.

Se **identificaron y cuantificaron los costos y beneficios** del proyecto de inversión, con este apartado se identifica la ganancia y utilidad del proyecto, los costos corresponden a la construcción de 13 jardines de lluvia de 20 m² cada uno con un vaso de captación de 2340 m² ubicado en el punto donde se concentran los escurrimientos, su cuantificación corresponde al área construida y su valorización con la utilización del catálogo de conceptos realizado anteriormente, así mismo el mantenimiento de la infraestructura verde siendo su área la cuantificación y su valorización según expertos en el rubro que consta de podas, deshierbe, riego los primeros tres años y limpieza de filtro de sedimentos dos veces al año, se mostró también la periodicidad de cada uno de los costos.

Con respecto a los beneficios que se identificaron para el proyecto, se cuantificaron y valorizaron anualmente en cuanto a:

Desazolve de alcantarillas utilizando el 1% del 30% del volumen que entra al sistema y para el desazolve en calles se tomó en cuenta el factor de escurrimiento para asfalto (0.95), multiplicado por el costo de cada rubro: \$468, \$169 respectivamente.

IMIP, 2004. IMPLAN, 2016

Disminución de tiempo de recorrido utilizando el aforo vehicular y la población económicamente activa (PEA), el porcentaje de la PEA que utiliza el vehículo para ir a trabajar (42.6%), el porcentaje del costo por ausentismo laboral (7.3%) y suponiendo un ocupante por vehículo

IMIP, 2014. IMIP, 2015. COLEF, 2014. Forbes, 2014

Disminución de la concentración de Monóxido de Carbono (CO), el costo total en México multiplicado por el porcentaje que le corresponde (70%) y de estos al costo de contaminación para Cd. Juárez, relacionado con la superficie de infraestructura verde 4,240 m²

COLEF, 2014. SEMARNAT, 2013. SEMARNAT, 2015

Disminución de concentración de partículas menores a 10 micras (PM₁₀), el costo total en México multiplicado por el porcentaje que le corresponde (2%) y de estos al costo de contaminación, para Cd. Juárez, relacionado con la superficie de infraestructura verde 4,240 m²

Ahorro en costos de operación vehicular se multiplico los vehículos por los costos de operación utilizando el valor de 2 para el IMIP, 2015. IMT, 2016 Índice de Irregularidad Internacional (IRI) y superficie plana multiplicado por los 3 km.

Una vez estimados los beneficios del proyecto se realizó el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de los mismos obteniendo primero las cantidades para los periodos de retorno de 50 y 100 años, dividiendo los resultados entre cinco y multiplicándolos por los mismos, después se obtuvo la probabilidad dividiendo 1 entre el periodo de retorno, se obtuvo el promedio de la suma de los daños y se calculó las probabilidades de la probabilidad para después multiplicarla por el promedio de los daños.

Por último para saber si el proyecto es rentable y con los costos y beneficios identificados anteriormente se **calcularon los indicadores de rentabilidad** que son: el valor presente neto (VPN) utilizando la fórmula 1 de la página 33 o bien la fórmula de VNA de Excel, con este valor la diferencia de los beneficios y costos se llevan al año de inicio del proyecto si resulta positivo indica que el proyecto tiene rentabilidad, la tasa interna de retorno (TIR) con la fórmula 2 de la página 34 o bien la fórmula de TIR de Excel con la cual también se determina la rentabilidad del proyecto si es mayor a la tasa social de descuento y la tasa de rendimiento inmediata (TRI) usando la fórmula 3 de la página 35, con la que se determinara el año adecuado para iniciar el proyecto que genere beneficios crecientes, que sería el año en que la TRI es igual o mayor a la tasa social, estos cálculos se realizaron utilizando una tasa social del 10%, acorde a la Secretaria de Hacienda y Crédito Público.

Capítulo 4. Resultados y Discusiones

4.1. Diseño de infraestructura verde

En la siguiente tabla se muestran los componentes descritos en marco teórico a utilizar en el jardín de lluvia los cuales hacen posible su funcionamiento de acuerdo a las recomendaciones del manual del IMPLAN.

Tabla 8. Componentes del jardín de lluvia.

Componente	Medidas	Material
Entrada de agua	60 cm en la base	Corte en guarnición
Microcuenca	40 cm de profundidad	Revestida de piedra bola
Filtro de sedimentos	30 cm de radio	Material mineral particulado mayor a 5 cm
Conducto infiltrante	20 cm de radio	Grava y escombros de concreto
Acolchado	10 cm de espesor	Piedra pómez o tezontle
Capa de sustrato	100 cm	Suelo local
Barrera de suelo	4 mm de grosor	Capa geotextil
Capa drenante	200 cm	Grava y escombros de concreto
Tubería perforada	15 cm de diámetro	Tubo PVC
Salida de agua	60 cm a 10 cm debajo del nivel superior de la guarnición	Cortes en guarniciones
Membrana impermeable	4 mm de grosor	Geomembranas



Debido a la extensión del área a intervenir y que debe permitirse el paso a peatones son necesarios trece jardines con un espacio de dos metros entre cada uno según Plan de Desarrollo Urbano Sostenible, ver siguiente figura:



Figura 11. Acomodo jardines de lluvia

La siguiente tabla muestra la vegetación que se propone para utilizar en los jardines de lluvia tomando en cuenta sus características y principalmente el riego que es necesario para su desarrollo, según la paleta vegetal que contiene 28 especies diferentes del Instituto Municipal de Investigación y Planeación, así como pensando en plantas que no intervengan en la visibilidad de los conductores y que ofrezcan un paisaje estético a la vista.

Tabla 9. Vegetación a utilizar en jardín de lluvia.

Nombre	Descripción
<p>Dalea frutescens o Engorda cabras</p> 	<p>De crecimiento rápido, color púrpura, ramificado denso de entre 60 – 120 cm de altura, requiere riego mensual y es ideal para jardines, glorietas, parques y escuelas</p>
<p>Agave americana o Maguey</p> 	<p>De crecimiento lento, hojas en forma de roseta con altura máxima de 2 m, requiere poco riego y son ideales para jardines</p>

Fuente: Dirección de parques y jardines IMIP,2018

Las siguientes figuras muestran los componentes para los trece jardines, arreglo de la vegetación, así como sus dimensiones, los cuales cubrirán el área total a intervenir.



Figura 12. Isométrico I del jardín de lluvia.

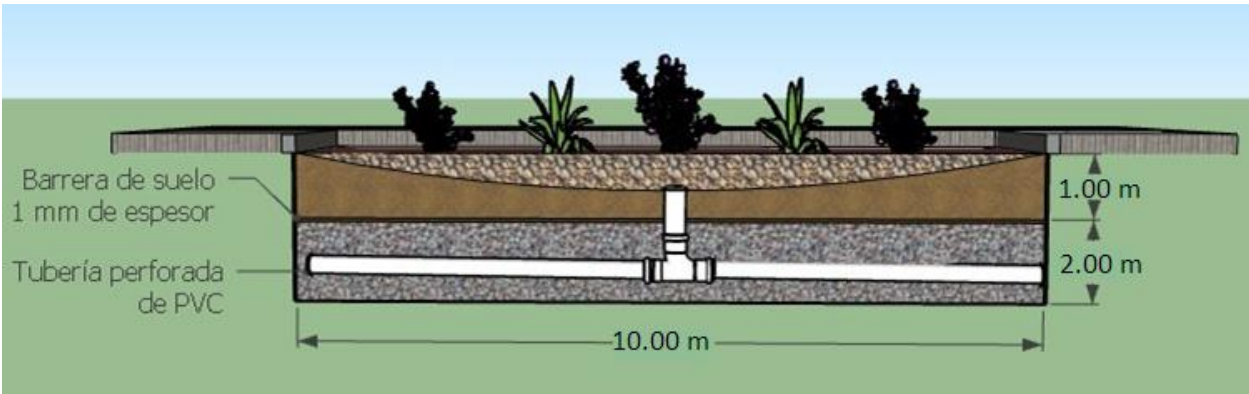


Figura 13. Isométrico II del jardín de lluvia.

A continuación, se muestran la capacidad de captación de agua del jardín de lluvia, tomando en cuenta solo el volumen precipitado en el área del mismo según recomendaciones del IMPLAN, que multiplicado por los trece jardines de lluvia que se proponen da un total de 313.3 m³, que representan el 73% del volumen para el mes de julio, lo que indica que los jardines propuestos si mitigaran el problema de acumulación de agua en el área de estudio.

Tabla 10. Resultados cálculo jardín de lluvia.

Área de Jardín (m ²)	Lámina de precipitación (mm)	Volumen precipitación (m ³)	Volumen captación microcuenca (m ³)	Volumen capas (m ³)		Capacidad total jardín (m ³)
				Sustrato 5%	Filtrante 40%	
20.00	42.00	0.84	8.00	0.10	16.00	24.10

Debido a que los jardines de lluvia captan un porcentaje del volumen de la cuenca, se complementó con un vaso de captación ubicado en la parte donde los escurrimientos de la cuenca se concentran, lo que ayudara a disminuir considerablemente la problemática de acumulación de agua, la siguiente tabla muestra las dimensiones del mismo para las cuales se utilizó del Instituto Municipal de Investigación y Planeación un TR₂₅ = 83 mm, el factor de escurrimiento el cual se obtuvo del IMPLAN y dependiendo del tipo de superficie que rodee a la estructura que para este caso se utilizó 0.95 por ser pavimentado. (Tabla 4), la profundidad del vaso de captación que para nuestro proyecto fue de 4 mts., tomando en cuenta el tipo de suelo del área según Cossio, 2018.

Tabla 11. Dimensiones del vaso de captación.

Lado (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
44	2340.01	9360.05
54		

Debido a la poca información que existe en cuanto a datos de funcionamiento de la infraestructura verde se recomienda para próximas investigaciones al respecto cubrir este punto, tomando como referencia esta investigación y las realizadas mencionadas en los antecedentes.

4.2. Costo-beneficio de construcción de infraestructura verde

A continuación, se muestran los resultados de la ficha técnica del costo - beneficio de la construcción de los jardines de lluvia, la siguiente información se entrega a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público utilizando el formato que presenta para tal efecto, el cual se encuentra en la sección de anexo A.

Con respecto a la **información general del proyecto** se clasifica como un Programa o Proyecto de Inversión, debido a que la otra opción que se presenta es estudios de pre inversión, el nombre con el que se presenta el proyecto es “Construcción de infraestructura verde en las vialidades Gómez Morín y Fco. Villarreal en Ciudad Juárez Chihuahua”, que corresponde al tipo de infraestructura económica, con un monto total de inversión con IVA de \$3, 749,541.10 millones de pesos y sin IVA de \$3,232.363.02 millones de pesos, con fuente municipal de financiamiento a un solo año de inversión para el mismo, con fecha de inicio y termino de febrero del 2020 a mayo del 2020 y con 56 años de operación, así mismo se muestra la localización geográfica del proyecto, ver siguiente figura:

I. Información general del PPI

El presente documento está destinado a registrar:

PPI Estudios de Preinversión para PPI *

Construcción de infraestructura verde en las vialidades Gómez Morín y Fco. Villarreal en

Nombre del PPI: Ciudad Juárez Chihuahua

Unidad Responsable:

Tipo de PPI: Infraestructura económica
 Infraestructura social

Subclasificación de PPI: Jardín de lluvia

- Infraestructura gubernamental
- Inmuebles
- Adquisiciones
- Mantenimiento
- Otros Programas
- Otros Proyectos

Monto total de inversión	
Monto de inversión: (con IVA, para registro)	\$ 3,749,541.10
Monto de inversión: (sin IVA, para evaluación)	\$ 3,232,363.02
Monto para estudios: (en caso que aplique)	\$ -

Fuentes de financiamiento:		
Origen	%	Monto (incluye IVA)
Municipal	100	\$ 3,749,541.10

*En caso de que se pretenda registrar estudios de preinversión se deberá incluir el Numeral VIII (Estudios de Pre-inversión) como parte de la Ficha Técnica

Horizonte de evaluación	
Fecha de Inicio de Ejecución:	Feb-20
Fecha de Término de Ejecución:	mayo-20
Número de Años de Operación:	56

Calendario de Inversión	
Año	Monto (incluye IVA)
2020	\$ 3,749,541.10
Total	\$ 3,749,541.10

Localización Geográfica

El proyecto se llevará a cabo en la avenida Gómez Morín esq. avenida Francisco Villarreal del municipio Ciudad Juárez, Chihuahua el cual colinda al norte con los Estados Unidos de América, al este con los Estados Unidos de América, al sur con los municipios de Guadalupe, Ahumada y Ascensión y al oeste con el municipio de Ascensión. Las coordenadas del municipio son: Latitud norte 31°44' y Longitud oeste 106°29' (PDUS,2016)



Figura 14. Ficha técnica, sección I: Información general del proyecto.

De la **alineación estratégica** se relacionan dos objetivos/estrategias del Plan Nacional de Desarrollo actual, uno de ellos se refiere a propiciar un desarrollo incluyente del sistema financiero, y como línea de acción el facilitar el financiamiento transparente al desarrollo de infraestructura como se puede observar este objetivo se puede relacionar con el objetivo de este trabajo de investigación con respecto al financiamiento.

El segundo objetivo que se relaciona con el tema de tesis refiere promover mejorar el cambio climático para mejorar la calidad de vida de la población teniendo como línea de acción el promover la inversión pública y fomentar la transferencia de otras fuentes de financiamiento para invertir en medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.

El actual gobierno presento un documento llamado Amlópolis en el cual se encontró un objetivo relacionado con el proyecto y refiere a armonizar el desarrollo urbano en las distintas regiones del país.

Del Plan Estatal de Desarrollo se encontró un objetivo/estrategia relacionada con el proyecto de tesis que comenta el mejorar la seguridad en municipios con inundaciones, con línea de acción en gestionar recursos financieros para proyectos de infraestructura pluvial.

Del Plan Municipal de Desarrollo se relacionan tres objetivos/estrategias con el proyecto de tesis, uno de ellos refiere a promover el cuidado de los recursos naturales y los ecosistemas, con línea de acción en elaborar 30 diseños tipo de proyectos incluyentes con esquemas de sustentabilidad.

Otro objetivo comenta el mejorar la imagen del municipio a través del rescate, mantenimiento y construcción de espacios públicos, con línea de acción en incorporar infraestructura verde.

Como último objetivo relacionado con el proyecto, este refiere a establecer una planeación urbana responsable integral con armonía y sostenible, con línea de acción en elaborar proyecto ejecutivo de “Calles Completas”.

Como se puede observar el presente proyecto está perfectamente alineado y contribuye a la consecución de los objetivos y estrategias de cada Plan de Desarrollo del país, siendo el Municipal el más enfocado a la infraestructura verde, lo que representa un buen argumento para la realización y sobre todo para contar con el financiamiento del mismo.

De los programas o proyectos complementarios o relacionados con la presente investigación se identificó un proyecto de construcción de un vaso de captación y obras complementarias en el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial en cual tiene como relación la contención y desalojo de escurrimiento en la vialidad Manuel Gómez Morín, ver siguiente figura:

II. Alineación Estratégica		
Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción
Plan Nacional de Desarrollo (2019-2024)	Propiciar un desarrollo incluyente del sistema financiero priorizando la atención al rezago de la población no atendida y la asignación más eficiente de los recursos a las actividades con mayor beneficio económico, social y ambiental.	Facilitar el financiamiento transparente al desarrollo de infraestructura estratégica, resiliente, accesible y sostenible, que propicie el bienestar de la población y la sostenibilidad del territorio.
	Fomentar un desarrollo económico que promueva la reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y la adaptación al cambio climático para mejorar la calidad de vida de la población.	Promover la inversión pública y fomentar la transferencia de otras fuentes de financiamiento para invertir en medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.
Amlópolis (2019-2024)	Armonizar el desarrollo urbano en las distintas regiones del país bajo el principio de ciudades compactas, conectadas, sustentables, seguras e inclusivas, que privilegien el bienestar social, económico y ambiental	Armonizar y simplificar los distintos marcos legales, sistemas de planeación, gestión y evaluación en materia de suelo, vivienda, asentamientos humanos, desarrollo urbano y ordenamiento territorial; y gestionar la armonización con aquellos relativos al ambiente y recursos naturales, comunicaciones y transportes, energía e industria
Plan Estatal de Desarrollo (2017-2021)	Mejorar la seguridad de la población en municipios vulnerables por riesgo de inundación.	Gestionar los recursos financieros de los tres niveles de gobierno, fuentes internacionales y del sector privado para la ejecución de proyectos de infraestructura pluvial.
Plan Municipal de Desarrollo (2018-2021)	Promover el cuidado, la protección y la conservación de los recursos naturales y los ecosistemas	Elaborar 30 "Diseños Tipo" de proyectos incluyentes con esquemas de sustentabilidad y nueva arquitectura urbana desértica aplicables para los parques, camellones y áreas verdes de nuestra ciudad que sean susceptibles a este esquema
	Mejorar la imagen del municipio a través del rescate, mantenimiento y construcción de espacios públicos	Incorporar infraestructura verde en parques y espacios públicos, así como realizar talleres demostrativos
	Establecer una planeación urbana responsable, integral armónica y sostenible	Elaborar proyecto ejecutivo de "Calles Completas"
Programas o proyectos complementarios o relacionados		
Proyecto	Relación	
Construcción de un vaso de captación y obras complementarias (propuesto, alcance: anteproyecto PSMAP)	Contención y desalojo de escurrimientos en la vialidad Manuel Gómez Morín	

Figura 15. Ficha técnica, sección II: Alineación estratégica y programas relacionados.

Con respecto al **análisis de la situación actual** en el área de estudio se presenta la problemática de acumulación de agua especialmente durante la temporada de lluvia en la ciudad, lo que deriva en problemas de caos vial como es lenta movilidad, averías en automóviles así como el deterioro de la infraestructura vial, todo esto provoca que los usuarios incurran en costos elevados durante su recorrido reflejándose en la tardanza para llegar a su destino, lo que a su vez genera tensión, enojo y desesperación aumentando la probabilidad de ocurrencia de accidentes. Aunado a esta problemática se suma la falta ocasional de iluminación en el sector debido a arbotantes que han sido dañados durante accidentes viales.

En cuanto a la infraestructura existente en cuanto a captación de agua pluvial se refiere, el área de estudio no cuenta con esta infraestructura, esto representa el **análisis de la oferta**.

Con respecto al **análisis de la demanda** a través de la Junta Central de Agua y Saneamiento se obtuvo que para el mes de julio en la zona de estudio se precipitan 423 m^3 de agua

Tanto el análisis de la oferta como el de la demanda que se muestran en la vialidad Manuel Gómez Morín debido a que se propone que la infraestructura verde este localizada en esta vialidad esto tomando en cuenta los espacios que existen en la misma.

En cuanto a las variables relevantes que se identificaron para evaluar y monitorear el impacto y los beneficios del proyecto a partir de la problemática descrita son: el aforo vehicular diario obtenido del Instituto Municipal de Investigación y Planeación de 48,791, el volumen precipitado de 423 m^3 para el mes de julio por ser el mes en que más llueve, obtenido de la Junta Central de Agua y Saneamiento, el costo hora-hombre en México de 123 pesos según Organización para la Cooperación del Desarrollo Económico, el azolve producido por las lluvias según el Plan de Manejo de Agua Pluvial en atarjeas para este proyecto de 1.27 m^3 y en las calles de 4.02 m^3 ; se obtuvo el promedio de Monóxido de Carbono de 0.4 ppm para los meses de julio del 2005 al 2013 según la SEMARNAT y de Partículas Menores de 10 micras de 330 mg/m^3 promedio de los meses de julio del 2012 al 2015, ver figura 16.

Con estas variables se pretende obtener resultados favorables para el financiamiento del proyecto, sin embargo, cabe destacar que tomando en cuenta esta investigación en un futuro se puede analizar nuevamente esta información y actualizar los resultados debido a que se recomienda continuar con el monitoreo de las mismas, así como la posible identificación de otras variables que ayuden a tal efecto.

III. Análisis de la Situación Actual

Descripción de la problemática

La problemática se presenta especialmente durante la temporada de lluvia en la ciudad, lo que ocasiona acumulación de agua derivando en problemas de caos vial como es lenta movilidad, averías en automóviles así como deterioro de la infraestructura vial, lo anterior provoca que los usuarios incurran en un costo mas elevado durante su recorrido reflejandose en la tardanza para llegar a su destino lo que también genera tensión, enojo y desesperación aumentando la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

Aunado a la problemática antes descrita, se suma la problemática de falta ocasional de iluminación en el sector debido a arbotantes que han sido dañados durante accidentes viales.



Análisis de la oferta

La infraestructura existente en cuanto a captación de agua pluvial es nula tanto en la vialidad Manuel Gómez Morín como en la vialidad Francisco Villarreal.

Análisis de la demanda

El volumen precipitado en la zona de estudio para el mes de julio es de 423 m³ (UCAS, 2018)

Variables Relevantes	
Concepto	Situación Actual
Aforo Vehicular diario	48,791.00
Volumen precipitado (julio)	423 m ³
Costo hora-hombre en México (OCDE, 2018)	123 pesos
Tiempo recorrido	6 min
Azolve en atarjeas (PSMAP, 2004)	1.27 m ³
Azolve calles (PSMAP, 2004)	4.02 m ³
CO (julio 2005 al 2013) (SEMARNAT, 2015)	Prom. 0.4 ppm
PM ₁₀ (julio 2012 al 2015) (SEMARNAT, 2015)	Prom. 30 mg/m ³

Figura 16. Ficha técnica. Sección III: Análisis de la situación actual.

Con respecto al **análisis de la situación sin proyecto**, para el presente proyecto de investigación este apartado es similar al de la situación actual, debido a que no se encontraron medidas de optimización para la problemática de acumulación de agua, que contemplen una inversión menor al 10% del monto que se está presentando para el proyecto de inversión, esto según la guía para llenado de ficha técnica, que para el caso de esta investigación es de \$3,232,363.02 millones de pesos sin IVA, lo cual el 10% son \$323.26.30 mil pesos. Por las razones escritas se presenta el análisis de la oferta o infraestructura existente como nula y la demanda en 423 m³ según la Junta Central de Agua y Saneamiento, ver siguiente figura:

IV. Análisis de la Situación Sin Proyecto	
Posibles medidas de optimización	
Medida	Descripción
Ninguna	No existe medida de optimización para la problemática presentada que sea menor al 10% del monto de inversión señalado
Análisis de la oferta sin proyecto* (considerando medidas de optimización)	Análisis de la demanda sin proyecto* (considerando medidas de optimización)
Dado que no se cuenta con medida de optimización la oferta continua como se presentó en la sección de situación actual, la cual en cuanto a infraestructura para captación de agua pluvial es nula.	Como no se cuenta con medida de optimización la demanda se presenta igual que la sección de situación actual, que son 423 m ³ de volumen precipitado en el área de estudio.

*Se deberá realizar la estimación de los bienes y servicios relacionados con el PPI, proyectado a lo largo del horizonte de evaluación, considerando las optimizaciones identificadas.

Figura 17. Ficha técnica. Sección IV: Análisis de la situación sin proyecto.

De la información encontrada en diferentes fuentes bibliográficas se encontró **una alternativa de solución** acorde al proyecto de construcción de infraestructura verde presentado en esta investigación la cual tiene como objetivo el contener los escurrimientos en vasos de captación y conducirlos por medio de tuberías al cauce del Dren Interceptor el cual se ubica a un costado del Blvr. Juan Pablo II que representarían aproximadamente 2.2 km de longitud, tal alternativa se encuentra descrita en el Atlas de Riesgos Naturales y Atlas de Riesgos Antropogénicos, volumen III (IMIP, 2016), además incluye el costo para la realización del proyecto ejecutivo, pero no para la construcción del mismo, sin embargo, el costo se elevará al contemplar la conducción por tuberías.

La siguiente figura muestra en el recuadro azul la ubicación aproximada del vaso de captación propuesto por el IMIP y los recuadros verdes representan la ubicación de la infraestructura verde propuesta en este proyecto de tesis.



Con esta información entre las dos alternativas, en cuanto a ahorros en tiempo de recorrido, costos de operación vehicular, condiciones de la infraestructura vial, disminución de monóxido de carbono y particular menores a 10 micras se puede decir que ayudarían de igual forma debido a que los dos proyectos disminuirán el acumulamiento de agua, sin embargo el proyecto de infraestructura verde presentado en esta investigación difiere en cuanto a costo de construcción con respecto a la alternativa presentada por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación, además de estar más alineada a los objetivos del Plan Municipal de Desarrollo en cuanto a proyectos con esquemas de sustentabilidad, haciéndola justificable para tal solución.

Como se indica en la guía de llenado de ficha técnica la siguiente figura muestra solo la información encontrada de la alternativa deseada.

V. Alternativas de Solución	
Descripción de las alternativas de solución desechadas	Costo total (incluye IVA)
Contener los escurrimientos principales en vasos de captación para conducirlos por medio de tuberías al cauce del Dren Interceptor, el costo que se presenta es para realizar el proyecto ejecutivo. (Atlas IMIP,2016)	\$ 540,000.00
Del costo de construcción del vaso de captación, el Mtro. Marrufo comentó que el valor del proyecto ejecutivo representa del 3% al 8% del costo total de la construcción de un proyecto (A. Marrufo, comunicación personal, 04 de noviembre del 2019).	\$ 18,000,000.00
Justificación de la alternativa de solución seleccionada*	
El proyecto presentará ahorros significativos en tiempo de recorrido despues de un evento de lluvia y costos de operación vehicular, lo que ayudará a mantener en mejores condiciones la infraestructura vial, también se observa un menor costo de construcción (\$3,749,541.10 pesos) con respecto a la alternativa. Además se mejorara la calidad de aire debido a la disminución de monóxido de carbono y partículas menores a 10 micras.	

Figura 18. Ficha técnica. Sección V: Alternativas de solución.

En cuanto al **análisis de la situación con proyecto**, se muestra la descripción general del proyecto de inversión que es la construcción de los jardines de lluvia, sus dimensiones y ubicación, ver siguiente figura:

VI. Análisis de la Situación con Proyecto									
Descripción General									
<p>El proyecto consiste en la construcción de infraestructura verde clasificada como jardín de lluvia para la mitigación de acumulación de agua en el Blvr. Gómez Morin intersección con el Blvr. Francisco Villarreal. Se requieren de trece jardines separados por banqueta de dos metros para cubrir el area total, los cuales se ubicarán en el Blvd. Gómez Morín, cubriendo un total de 160 mts lineales de banqueta. Las dimensiones de los jardines son 10 mts de largo por 2 mts de ancho y 3 mts de profundidad de los cuales un metro corresponden al sustrato donde crecerá la vegetación y 2 mts de grava para la infiltración.</p>									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Paleta vegetal propuesta para utilizar en el jardín de lluvia</th> </tr> <tr> <th>Nombre</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Dalea frutescens o Engorda cabras </td> <td>De crecimiento rápido, color purpura, ramificado denso de entre 60 – 120 cm de altura, requiere riego mensual y es ideal para jardines, glorietas, parques y escuelas</td> </tr> <tr> <td> Agave americana o Maguey </td> <td>De crecimiento lento, hojas en forma de roseta con altura máxima de 2 m, requiere poco riego y son ideales para jardines</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Dirección de parques y jardines IMIP,2018</p>	Paleta vegetal propuesta para utilizar en el jardín de lluvia		Nombre	Descripción	Dalea frutescens o Engorda cabras 	De crecimiento rápido, color purpura, ramificado denso de entre 60 – 120 cm de altura, requiere riego mensual y es ideal para jardines, glorietas, parques y escuelas	Agave americana o Maguey 	De crecimiento lento, hojas en forma de roseta con altura máxima de 2 m, requiere poco riego y son ideales para jardines
Paleta vegetal propuesta para utilizar en el jardín de lluvia									
Nombre	Descripción								
Dalea frutescens o Engorda cabras 	De crecimiento rápido, color purpura, ramificado denso de entre 60 – 120 cm de altura, requiere riego mensual y es ideal para jardines, glorietas, parques y escuelas								
Agave americana o Maguey 	De crecimiento lento, hojas en forma de roseta con altura máxima de 2 m, requiere poco riego y son ideales para jardines								

Figura 19. Ficha técnica. Sección VI: Análisis de la situación con proyecto, descripción general.

En esta sección también se muestra la descripción de los componentes del proyecto incluyendo IVA empezando por los preliminares con un total de \$611,141.368 pesos, excavaciones y terracerías con monto de \$428,708.81 pesos, albañilería con monto de \$293,546.07 pesos, jardinería con monto de \$70,925.76 pesos, limpieza fina y gruesa con un total de \$53,942.78 pesos, pavimentos con monto de \$181,019.42 pesos y vaso de captación con un total de \$2,110,256.88 pesos, dando un total de construcción de la infraestructura verde de \$3,749,541.11 pesos el cual se calculó en el programa opus y con diversas fuentes de apoyo, los cuales se desglosan a continuación:

Descripción de los componentes del proyecto				
Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Monto total (incluye IVA)
CATALOGO JARDÍN DE LLUVIA				\$ 3,749,541.11
PRELIMINARES				\$ 611,141.38
	Marcado del área a intervenir, incluye: mano	\$ 12.46	163.80	\$ 2,367.50
	Demolición de banqueta de concreto simple	\$ 87.87	881.40	\$ 89,840.40
	Corte de guarnición de concreto simple a	\$ 64.81	156.00	\$ 11,728.02
	Acarreo de cascajo producto de las	\$ 97.24	3,120.00	\$ 351,931.01
	Demolición de carpeta asfáltica. Incluye: Mano	\$ 68.97	1,781.00	\$ 142,489.26
	Retiro con recuperación de poste cuadrado	\$ 305.38	5.00	\$ 1,771.20
	Reubicación de poste de madera. Ejecutado	\$ 3,164.94	3.00	\$ 11,013.99
EXCAVACIONES Y TERRACERÍAS				\$ 428,708.81
	Excavación de material tipo B por medios	\$ 152.51	780.00	\$ 137,991.05
	Afine, nivelación y compactación del fondo	\$ 32.12	287.95	\$ 10,728.79
	Instalación de membrana impermeable de 4	\$ 94.41	633.36	\$ 69,362.80
	Conformación de capa drenante de 200 cm	\$ 159.17	520.00	\$ 96,011.34
	Suministro e instalación de tubería de PVC	\$ 269.89	182.00	\$ 56,979.18
	Suministro e instalación de conexión tipo tee	\$ 81.37	13.00	\$ 1,227.06
	Instalación de barrera de suelo, capa de geo	\$ 19.02	273.00	\$ 6,023.25
	Conformación e instalación de conducto	\$ 117.95	13.00	\$ 1,778.69
	Conformación de capa de sustrato de 100	\$ 48.92	260.00	\$ 14,754.27
	Conformación de microcuenca 40 cm de	\$ 138.99	208.00	\$ 33,535.51
	Conformación de filtro de sedimentos de 30	\$ 116.74	2.34	\$ 316.88
ALBAÑILERÍA				\$ 293,546.07
	Construcción de guarnición de 15x20 cm,	\$ 257.64	182.00	\$ 54,392.96
	Construcción de banqueta de 10 cm de	\$ 304.98	676.00	\$ 239,153.12
JARDINERÍA				\$ 70,925.76
	Plantación de vegetación, incluye: mano de	\$ 231.15	78.00	\$ 20,914.45
	Conformación de cajete para cada planta con	\$ 165.82	260.00	\$ 50,011.31
LIMPIEZA				\$ 53,942.78
	Limpieza gruesa durante la obra incluye:	\$ 6.92	3,360.00	\$ 26,971.39
	Limpieza fina para entrega de obra, incluye:	\$ 6.92	3,360.00	\$ 26,971.39
PAVIMENTOS				\$ 181,019.42
	Carpeta de concreto asfáltico mezclado en	\$ 87.62	1,781.00	\$ 181,019.42

Descripción de los componentes del proyecto				
Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Monto total (incluye IVA)
VASO DE CAPTACIÓN				\$ 2,110,256.88
	Trazo y nivelación topográfica para vaso de	\$ 5.11	2,340.00	\$ 13,870.58
	Excavación mecánica en material tipo B para	\$ 78.91	11,232.00	\$ 1,028,127.86
	Perfilado y compactación de excavación en	\$ 55.38	940.80	\$ 60,437.74
	Revestimiento de taludes del vaso de	\$ 127.23	940.80	\$ 138,849.66
	Elaboración de rampa pluvial de concreto	\$ 592.82	51.00	\$ 35,071.23
	Dentellón de concreto f'c=200 kg/cm ² , de	\$ 139.32	103.00	\$ 16,645.95
	Lavadero de concreto f'c=200 kg/cm ² , 12 cm	\$ 2,093.24	1.00	\$ 2,428.16
	Construcción de escalinata de acceso a vaso	\$ 8,082.53	2.00	\$ 18,751.47
	Vertedor de concreto f'c=200 kg/cm ² ,	\$ 9,204.95	2.00	\$ 21,355.48
	Plantilla de concreto f'c=200 kg/cm ² , 10 cm	\$ 437.62	900.00	\$ 456,875.28
	Fabricación de guarnición dentada de	\$ 535.57	22.00	\$ 13,667.75
	Protección a base de gaviones de 1.00 x 2.70	\$ 2,677.76	74.00	\$ 229,858.92
	Suministro y colocación de malla ciclónica	\$ 314.05	204.00	\$ 74,316.79

Figura 20. Ficha técnica. Sección VI: Análisis de la situación con proyecto, descripción de los componentes del proyecto.

Como se puede observar el componente más costoso es el vaso de captación, debido a que a pesar de que los taludes serán revestidos con pasto el movimiento de tierras es lo que eleva el precio de construcción.

Además, se muestran los aspectos técnicos de construcción, ambientales que para este caso por ser un área ya impactada no se requerirá del estudio de impacto ambiental, se incluyen los aspectos legales relevantes para la realización del proyecto los cuales son importantes para la correcta implementación de la infraestructura verde, también se muestra el plano de localización de los trece jardines en la banqueta de la vialidad, ver siguiente figura:

Aspectos técnicos más relevantes	Plano de la localización del proyecto
<p>En el proyecto se construirán 13 jardines de lluvia de 10 mts de largo, 2 mts de ancho y 3 metros de profundidad de los cuales un metro será de suelo local con materia orgánica, 2 mts de grava con escombros de concreto, con entradas de agua de 60 cm, microcuenca de 40 cm de profundidad, 10 cm de piedra pómez o tezontle para acolchado, capa de geo textil como barrera de suelo así como membrana impermeable, se contempla demolición y construcción de banqueta de concreto y guarniciones con $f'y = 150 \text{ kg/cm}^2$ de 10 cm de espesor. Carpeta asfáltica de 5 cm de espesor</p>	<p>Coordenadas Geográficas: Latitud: 31.691826 Longitud: -106.382346</p> 
<p>Aspectos ambientales más relevantes</p>	
<p>No se requiere de Estudio de Impacto Ambiental debido a que es un área en operación ya impactado. Se puede tramitar la exención del mismo en apego al Art. 6° del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.</p>	
<p>Aspectos legales más relevantes</p>	
<p>En virtud de que la construcción se realizará en un área que se encuentra en operación se cuenta con el derecho de vía. Se debe consultar la Guía de Acciones Legales para la Implementación de Infraestructura Verde municipal</p>	

Figura 21. Ficha técnica. Sección VI: Análisis de la situación con proyecto, aspectos técnicos, ambientales y legales más relevantes.

A continuación, se muestra el análisis de la oferta en el supuesto que se construya la infraestructura verde describiendo lo que se mejorará con el proyecto, con respecto al análisis de la demanda con proyecto será la misma por tratarse de volumen precipitado en el área de estudio.

En el diagnóstico de la situación con proyecto se describe el cumplimiento de mitigación de la problemática descrita tomando en cuenta las variables relevantes y se muestra una tabla comparativa entre situación sin proyecto y con proyecto, en cuanto al volumen captado, el tiempo de recorrido, el azolve en atarjeas y calles, monóxido de carbono y partículas menores a 10 micras.

En términos generales, se visualizan beneficios en cada parámetro comparado con la construcción del proyecto de infraestructura verde, en un rango de porcentaje que se considera favorable para la sociedad.

Análisis de la oferta con proyecto	Análisis de la demanda con proyecto		
<p>Al llevar a cabo el proyecto se contará con: 260 m² de área verde que captará 313.3 m³ en un evento de lluvia los cuales representan el 73% del volumen para el mes de julio.</p> <p>Se disminuirá el tiempo de desalojo del agua acumulada</p> <p>Se mejorará la movilidad vial así como el deterioro a vehículos y a la infraestructura vial</p> <p>Se disminuirá la concentración de CO y PM₁₀</p>	<p>La demanda será el mismo volumen de agua, por tratarse de volumen precipitado en el área de estudio durante la vida útil del proyecto.</p>		
Diagnóstico de la situación con proyecto			
<p>La construcción de infraestructura verde en el Blvr. Gómez Morín cumple con el propósito de mitigar la acumulación de agua en esa vialidad, logrando hacer más seguro y eficiente el movimiento vehicular cuando se presente un evento de lluvia, evitando daño a la infraestructura y ambientalmente a una menor concentración de monóxido de carbono y partículas menores a 10 micras, beneficiando la salud de la población y ayudando a la actividad</p>			
Concepto	Situación Sin Proyecto	Situación Con Proyecto	Mejora (%)
Volumen captado	0 m ³	313.3 m ³	73
Tiempo recorrido (evento de lluvia)	9 min	6 min	150
Azolve en atarjeas (PSMAP, 2004)	1.27 m ³	0.93 m ³	-17
Azolve en calles (PSMAP, 2004)	4.02 m ³	2.93 m ³	-18
CO (julio 05 al 13)	Prom. 0.4 ppm	0.38 ppm	-5
PM ₁₀ (julio 12 al 15)	Prom. 30 mg/m ³	1.35 mg/m ³	-4.5

Figura 22. Ficha técnica. Sección VI: Análisis de la situación con proyecto, análisis de la oferta y demanda.

Para la evaluación de la rentabilidad del proyecto los costos totales incluyen la inversión inicial para su construcción los cuales se calcularon en el programa opus y costos en este caso de mantenimiento que incluye: mantenimiento rutinario de jardines como podas, deshierbe, riego los primeros tres años en temporadas secas, limpieza de filtro de sedimentos; dos veces al año,

limpieza, mano de obra y herramienta, con esto se garantiza el buen funcionamiento de la infraestructura durante la vida útil de la misma, los cuales se muestran en la siguiente figura:

VII. Identificación y cuantificación de costos y beneficios				
Identificación de costos				
Tipo de Costo*	Descripción	Cuantificación**	Valoración**	Periodicidad
Inversión	Construcción infraestructura verde	4240 m ²	\$3,232,363.02	Una sola vez
Mantenimiento	Conservación infraestructura verde	2600 m ²	\$297,020.64	anual

Figura 23. Ficha técnica. Sección VII: Identificación de costos.

Los beneficios considerados uno de ellos es directamente generado con respecto a la captación de volumen de agua en un evento de lluvia que se verá reflejado en la disminución del tiempo de desalojo de agua acumulada y en la reducción en costos por desazolve de calles y alcantarillas y que beneficiara también a los usuarios de la vialidad Gómez Morín, esto permitirá a su vez la disminución en costo de traslado reflejándose en el costo de operación vehicular, costo hora hombre y disminución del estrés que representan un beneficio cualitativo que ayudaran a la calidad de vida en la zona de influencia en la cual también se beneficiara con la disminución de la contaminación en cuanto a CO y PM₁₀, los resultados se muestran a continuación:

Identificación de Beneficios				
Beneficio	Descripción	Cuantificación**	Valoración**	Periodicidad
Captación volumen en un evento de lluvia	Disminución del tiempo de desalojo de agua acumulada, se refleja en reducción en costos en desazolve de calles y alcantarillas.	87.63 m ³	\$ 11,189.62	anual
Ahorro tiempo de recorrido	Permite una disminución en costo de traslado que se verá reflejado en el costo de hora hombre y disminución de estrés.	3 km	\$ 263,735.65	anual
Disminución de la concentración de CO	La disminución de monóxido de carbono se logra al agilizar la movilidad vehicular, lo que se vera reflejado en la salud de la población. (Enfermedades del corazón, daños al cerebro)	0.02 ppm	\$ 39,134.58	anual
Disminución de la concentración de PM ₁₀	La disminución de PM ₁₀ se logra al agilizar la movilidad vehicular, lo que se vera reflejado en la salud de la población. (enfermedades respiratorias)	30 mg/m ³	\$ 22,362.62	anual
Ahorro en costos de operación vehicular	Disminución en desgaste del vehículo, combustible , lubricantes, refacciones y mano de obra de mantenimiento.	3 km	\$ 674,818.94	anual

* Se refiere a costos de inversión, operación o mantenimiento.

TOTAL \$ 1,011,241.41

Figura 24. Ficha técnica. Sección VII: Identificación de beneficios.

Con la valoración anterior de los beneficios se muestra a continuación los daños anuales esperados de los mismos, con esto se está considerando todas las posibles probabilidades de ocurrencia de los daños durante el proyecto, mostrando los totales que representan los daños evitados por año que para el TR5 es un total de \$1, 011,241.41 pesos para TR25 un total de \$10, 112,414.13 pesos y para el TR100 \$20, 224,828.26 pesos y un daño anual esperado total de \$1, 557,311.78, ver siguiente figura

Beneficio	TR 5	TR 50	TR 100
Beneficio por evitar desazolve en calles	\$ 3,930.94	\$ 39,309.40	\$ 78,618.80
Beneficio por evitar desazolve en alcantarillado	\$ 7,258.68	\$ 72,586.80	\$ 145,173.60
Disminución estrés	\$ 112,570.14	\$ 1,125,701.40	\$ 2,251,402.80
Beneficio por evitar tiempos muertos en la población	\$ 151,165.51	\$ 1,511,655.13	\$ 3,023,310.26
Disminución CO	\$ 39,134.58	\$ 391,345.80	\$ 782,691.60
Disminución PM10	\$ 22,362.62	\$ 223,626.20	\$ 447,252.40
Ahorro costos vehicular	\$ 674,818.94	\$ 6,748,189.40	\$13,496,378.80
Total	\$ 1,011,241.41	\$ 10,112,414.13	\$20,224,828.26

Periodo de retorno (años)	P=1/Tr	Suma de daños evitados	(d2+d1)/2	P1-p2	Daño anual esperado en (\$) (p1-p2) x (d2+d1)/2
0					
5	0.2	\$1,011,241.41	\$505,620.71	0.8	\$404,496.57
50	0.02	\$10,112,414.13	\$5,561,827.77	0.18	\$1,001,129.00
100	0.01	\$20,224,828.26	\$15,168,621.19	0.01	\$151,686.21
Beneficio total					\$1,557,311.78

Figura 25. Probabilidad de ocurrencia de los beneficios identificados

Con los costos que son el total de la inversión sin IVA de \$3,232,363.02 pesos y de mantenimiento \$297,020.64 pesos, los beneficios obtenidos tomando en cuenta la probabilidad de los mismos de \$1,557,311.78 pesos presentados en el punto anterior se calcularon los indicadores de rentabilidad que son el valor presente neto (VPN) la tasa interna de retorno (TIR) y la tasa de retorno inmediata (TRI) del proyecto utilizando como se señaló en la metodología una tasa de descuento social de 10% de acuerdo a la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, con horizonte de evaluación a 30 años que se consideran suficientes para conocer si el proyecto es rentable o no.

En la siguiente figura se observa el año del proyecto, los costos y beneficios, la resta de los beneficios totales menos los costos totales y el valor presente anuales con esto se presenta el resultado del VPN del proyecto el cual es positivo lo que indica que tiene una rentabilidad lo que significa que ofrece beneficios a la sociedad, este cálculo se realizó con la fórmula:

$$VPN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Año No.	Año	Costo	Beneficio	Bt - Ct	VP
0	2020	\$ 3,232,363.02		-\$ 3,232,363.02	-\$ 3,232,363.02
1	2021	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 1,145,719.22
2	2022	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 1,041,562.93
3	2023	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 946,875.39
4	2024	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 860,795.81
5	2025	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 782,541.64
6	2026	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 711,401.49
7	2027	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 646,728.63
8	2028	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 587,935.12
9	2029	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 534,486.47
10	2030	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 485,896.79
11	2031	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 441,724.36
12	2032	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 401,567.60
13	2033	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 365,061.45
14	2034	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 331,874.05
15	2035	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 301,703.68
16	2036	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 274,276.07
17	2037	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 249,341.88
18	2038	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 226,674.44
19	2039	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 206,067.67
20	2040	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 187,334.25
21	2041	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 170,303.86
22	2042	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 154,821.69
23	2043	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 140,746.99
24	2044	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 127,951.81
25	2045	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 116,319.83
26	2046	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 105,745.30
27	2047	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 96,132.09
28	2048	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 87,392.81
29	2049	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 79,448.01
30	2050	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	\$ 72,225.46
VPN					\$ 8,648,293.76

Figura 26. Ficha técnica. Indicadores de rentabilidad, Valor Presente Neto.

La siguiente figura muestra el resultado de la Tasa Interna de Retorno utilizando la fórmula TIR de Excel y aplicándola a todos los flujos anuales (Bt – Ct), la cual es la tasa máxima que soportará el proyecto para ser rentable que para este caso es del 38.99%, como se observa es mayor a la tasa social de descuento utilizada por la SHCP 10%, lo que justifica la utilización de recursos para este proyecto ya que se tiene un rendimiento superior al mínimo establecido.

Año No.	Año	Costo	Beneficio	Bt - Ct
0	2020	\$ 3,232,363.02		-\$ 3,232,363.02
1	2021	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
2	2022	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
3	2023	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
4	2024	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
5	2025	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
6	2026	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
7	2027	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
8	2028	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
9	2029	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
10	2030	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
11	2031	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
12	2032	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
13	2033	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
14	2034	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
15	2035	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
16	2036	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
17	2037	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
18	2038	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
19	2039	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
20	2040	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
21	2041	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
22	2042	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
23	2043	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
24	2044	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
25	2045	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
26	2046	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
27	2047	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
28	2048	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
29	2049	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
30	2050	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14
TIR =				38.99%

Figura 27. Ficha técnica. Indicadores de rentabilidad, Tasa Interna de Retorno.

A continuación se presenta el resultado de la Tasa de Retorno Inmediata (TRI) que indica el año óptimo para iniciar el proyecto para que genere beneficios crecientes, para este caso es el primer año debido a que el resultado es mayor a la tasa social de descuento (10%), para este cálculo se usó la fórmula:

$$TRI = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_0}$$

Año No.	Año	Costo	Beneficio	Bt - Ct	TRI
0	2020	\$ 3,232,363.02		-\$ 3,232,363.02	
1	2021	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
2	2022	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
3	2023	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
4	2024	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
5	2025	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
6	2026	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
7	2027	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
8	2028	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
9	2029	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
10	2030	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
11	2031	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
12	2032	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
13	2033	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
14	2034	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
15	2035	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
16	2036	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
17	2037	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
18	2038	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
19	2039	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
20	2040	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
21	2041	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
22	2042	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
23	2043	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
24	2044	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
25	2045	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
26	2046	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
27	2047	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
28	2048	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
29	2049	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%
30	2050	\$ 297,020.64	\$ 1,557,311.78	\$ 1,260,291.14	38.99%

Figura 28. Ficha técnica. Indicadores de rentabilidad, Tasa de Retorno Inmediata.

Estos resultados son de vital importancia para decidir si se llevara a cabo o no el proyecto y debido a que este tipo de proyectos son financiados ya sea con recursos federales, estatales o municipales, hace que la parte del beneficio social tenga mayor peso a la hora de decidir.

Por lo tanto, los resultados de esta aplicación del análisis costo beneficio ficha técnica sugiere que el proyecto sería beneficioso para la zona de estudio.

Capítulo 5. Conclusiones

El proyecto es rentable por tratarse de un proyecto que genera beneficios sociales al mejorar el tiempo de traslado que por consecuencia ayuda a bajar los niveles de estrés en la población, contar con áreas verdes que mejorarán la vista de la zona y beneficios económicos al mitigar el acumulación de agua en la zona evitando el desazolve de calles y atarjeas, averías en automóviles, así como gastos por contaminación.

Los indicadores de rentabilidad dan sustento a lo anterior expuesto, debido a que al traer al presente los valores futuros dan como resultado un Valor Presente Neto positivo de \$8, 648,293.76 pesos, una Tasa Interna de Retorno de 38.99% que es mayor a la tasa social de descuento (10%) lo que demuestra un rendimiento superior y los resultados de la Tasa de Retorno Inmediata de 38.99% indica que el proyecto genera beneficios crecientes desde el primer año.

Además de la decisión de construir la infraestructura verde lo importante es la aplicación del análisis costo beneficio en sí, debido a que es una herramienta sumamente útil para valorar el impacto social de un proyecto, que provee de elementos que los administradores pueden considerar al momento de tomar la decisión de realizar el proyecto de inversión independientemente del tema que se trate, por muy pequeño o grande que sea, o bien o mal justificado en cuanto a indicadores económicos se trabajaron en él, ya que puede tener otras consecuencias socialmente hablando.

Uno de los problemas al realizar los beneficios es que no existe información de valores o factores de conversión de ellos en cuanto a Ciudad Juárez Chihuahua se refiere, por lo que hay que tener en cuenta que los resultados de este análisis están sujetos a una correcta aplicación del mismo, por lo que es imprescindible objetividad a la hora de valorar los beneficios.

Al ser la población el beneficiario del proyecto, el análisis costo beneficio no solo consiste en identificar los pros o contras que afectan al analista, sino también en determinar los efectos que benefician o perjudican con independencia de quienes son los beneficiarios o perjudicados.

Otro problema que se identifica es que al tener en cuenta impactos que pueden ser difíciles de cuantificar, puede conducir a pensar que el análisis no es muy útil o bien que se está perdiendo esfuerzo o tiempo dedicado al mismo, sin embargo el fundamentar la elección de proyectos de inversión disponibles para un beneficio a futuro, justifica la labor de inversión en investigación para obtener parámetros ya sean nacionales y/o extranjeros en cuanto a valores de tiempo, impacto sobre el medio ambiente o cualquier otro impacto que se pretenda evaluar.

5.1. Trabajo futuro

Una propuesta que serviría de mucha ayuda para la continuación de este tipo de análisis en cuanto a infraestructura verde se refiere, sería el de la creación de datos en valores económicos de los impactos ambientales y sociales de los mismos localmente, así como los beneficios no cuantificables.

También sería interesante la posibilidad de verificar los procedimientos de valoración de los beneficios en una línea de tiempo con la infraestructura en funcionamiento lo que ayudaría a comprobar lo que se está previendo en el proyecto, lo cual mejorara los resultados del costo beneficio.

Anexo A. Formato de Ficha Técnica

I. Información general del PPI																													
El presente documento está destinado a registrar: <input type="checkbox"/> PPI <input type="checkbox"/> Estudios de Preinversión para PPI *																													
Nombre del PPI:																													
Unidad Responsable:																													
Tipo de PPI: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Infraestructura económica <input type="checkbox"/> Infraestructura social <input type="checkbox"/> Infraestructura gubernamental <input type="checkbox"/> Inmuebles <input type="checkbox"/> Adquisiciones <input type="checkbox"/> Mantenimiento <input type="checkbox"/> Otros Programas <input type="checkbox"/> Otros Proyectos 	Subclasificación de PPI: 																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d3d3d3;">Monto total de inversión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">Monto de inversión: (con IVA, para registro)</td> <td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>Monto de inversión: (sin IVA, para evaluación)</td> <td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>Monto para estudios: (en caso que aplique)</td> <td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Monto total de inversión		Monto de inversión: (con IVA, para registro)		Monto de inversión: (sin IVA, para evaluación)		Monto para estudios: (en caso que aplique)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #d3d3d3;">Fuentes de financiamiento:</th> </tr> <tr> <th style="width: 40%;">Origen</th> <th style="width: 20%;">%</th> <th style="width: 40%;">Monto (incluye IVA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">*En caso de que se pretenda registrar estudios de preinversión se deberá incluir el Numeral VIII (Estudios de Pre-inversión) como parte de la Ficha Técnica</p>	Fuentes de financiamiento:			Origen	%	Monto (incluye IVA)														
Monto total de inversión																													
Monto de inversión: (con IVA, para registro)																													
Monto de inversión: (sin IVA, para evaluación)																													
Monto para estudios: (en caso que aplique)																													
Fuentes de financiamiento:																													
Origen	%	Monto (incluye IVA)																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d3d3d3;">Horizonte de evaluación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">Fecha de Inicio de Ejecución:</td> <td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>Fecha de Término de Ejecución:</td> <td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>Número de Años de Operación:</td> <td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Horizonte de evaluación		Fecha de Inicio de Ejecución:		Fecha de Término de Ejecución:		Número de Años de Operación:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d3d3d3;">Calendario de Inversión</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">Año</th> <th style="width: 80%;">Monto (incluye IVA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f0ff; height: 20px;"></td><td></td></tr> <tr> <td style="text-align: right;">Total</td> <td style="text-align: right;">\$ -</td> </tr> </tbody> </table>	Calendario de Inversión		Año	Monto (incluye IVA)															Total	\$ -
Horizonte de evaluación																													
Fecha de Inicio de Ejecución:																													
Fecha de Término de Ejecución:																													
Número de Años de Operación:																													
Calendario de Inversión																													
Año	Monto (incluye IVA)																												
Total	\$ -																												
Localización Geográfica																													
	Mapa de ubicación (en caso que aplique)																												

II. Alineación Estratégica		
Programa(s) Relacionado(s)	Objetivo(s) /Estrategia(s)	Líneas de Acción

Programas o proyectos complementarios o relacionados	
Proyecto	Relación

III. Análisis de la Situación Actual

Descripción de la problemática

Fotografías (en caso que aplique)

Análisis de la oferta	Análisis de la demanda

Variables Relevantes	
Concepto	Situación Actual

¹Para facilitar la elaboración de la ficha técnica, la Unidad de Inversiones de la SHCP pone a disposición de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal el presente formato, de conformidad con el numeral 23 de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión

IV. Análisis de la Situación Sin Proyecto	
Posibles medidas de optimización	
Medida	Descripción
Análisis de la oferta sin proyecto* (considerando medidas de optimización)	Análisis de la demanda sin proyecto* (considerando medidas de optimización)

* Se deberá realizar la estimación de los bienes y servicios relacionados con el PPI, proyectado a lo largo del horizonte de evaluación, considerando las optimizaciones identificadas.

V. Alternativas de Solución	
Descripción de las alternativas de solución desechadas	Costo total (incluye IVA)
	\$ -
	\$ -
	\$ -
Justificación de la alternativa de solución seleccionada*	

* Se deberán cuantificar sus costos y describir los criterios técnicos y económicos de selección utilizados para determinar esta alternativa

VI. Análisis de la Situación con Proyecto				
Descripción General				
Descripción de los componentes del proyecto				
Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Monto total (incluye IVA)
		\$ -	\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -	\$ -
		\$ -	\$ -	\$ -
Aspectos técnicos más relevantes		Plano de la localización del proyecto		
Aspectos ambientales más relevantes				
Aspectos legales más relevantes		Análisis de la oferta con proyecto		
		Análisis de la demanda con proyecto		
Diagnóstico de la situación con proyecto				

VII. Identificación y cuantificación de costos y beneficios

Identificación de costos

Tipo de Costo*	Descripción y Temporalidad	Cuantificación**	Valoración**	Periodicidad

Identificación de Beneficios

Beneficio	Descripción	Cuantificación**	Valoración**	Periodicidad

* Se refiere a costos de inversión, operación o mantenimiento.

** Justificar en caso de difícil cuantificación y/o valoración.

Referencias bibliográficas

Alianza Méxicoredd, s/f. “*Metodología para el Análisis Costo-Beneficio Social y Ambiental para usos de la Tierra en México*”. Disponible en: <http://www.ecopoliticas.com/downloads/manual.pdf>

AMLOPOLIS, 2019-2024. Disponible en: <https://anuvac.org.mx/amlopolis.pdf>

Ayuntamiento de Chihuahua, 2016. “*Análisis Detallado de Precios Unitarios*”. Disponible en: [http://www.municipiochihuahua.gob.mx/TransparenciaArchivos/4to%20Trimestre%202018/Obras%20Publicas/2016/262-2016/3.-%20Proceso%20de%20Licitaci%C3%B3n/262-2016%20-%20AN%C3%81LISIS%20DE%20PRECIOS%20UNITARIOS%20\(E-5\).pdf](http://www.municipiochihuahua.gob.mx/TransparenciaArchivos/4to%20Trimestre%202018/Obras%20Publicas/2016/262-2016/3.-%20Proceso%20de%20Licitaci%C3%B3n/262-2016%20-%20AN%C3%81LISIS%20DE%20PRECIOS%20UNITARIOS%20(E-5).pdf)

Banco Multisectorial de Inversiones, s/f. “*Guía para la Formulación de Proyectos de Inversión*”. Disponible en: <http://www.ceppia.com.co/Herramientas/EVALUACION-DE-PROYECTOS/Guia-formulacion-proyectos.PDF>

BPJ, 2017. “*Guía de Llenado de la Ficha Técnica*”. Banco de Proyectos Jalisco, versión 1.2.

Breña, A. & Jacobo M. 2006. “*Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*”. Disponible en: http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, (2016). “*Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas*”. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/56_130116.pdf

Cantó, M., 2014. “*La Planificación y Gestión de la Infraestructura Verde en la Comunidad Valenciana*”. Revista Aragonesa de Administración Pública.

C.E., 2006. “*Orientación sobre la Metodología para Realizar Análisis Costes-Beneficios*”. Comisión Europea. Disponible en: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/2007/working/wd4_cost_es.pdf acceso: 11/18/18

cepep, 2015. “*Guía General para la Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Programas y Proyectos de Inversión: Análisis Costo-Beneficio*”. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos Disponible en: https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/Guia_General_FIN_AL.pdf acceso: 11/18/18

cepep, 2017. “*Indicadores de Rentabilidad*”. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, Boletín núm. V. Disponible en: https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/boletines/indicadores_rentabilidad.pdf

cmic, (2014), “*Catálogo de Costos Directos 2014*”: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. Disponible en: https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/cmhc-catalogo-de-costos-directos-2014-vivienda_91401/

COLEF, 2014. “*Cuando las Áreas Verdes se Transforman en Paisaje Urbano*”. Colegio de la Frontera Norte. Disponible en: https://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1014/580/1/Cuando%20las%20C3%A1reas%20verdes%20-Interiores_lectura.pdf

COMEXI, 2015. “*Costos Horarios Actualizados*”. Comercializadora Mexicana Integral. Disponible en: http://www.comexi.com.mx/costos/Costos_Agosto_2015.pdf

Comisión Europea, 2016. “*Orientación sobre la Metodología para Realizar Análisis Costes-Beneficios*”. Disponible en: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/2007/working/wd4_cost_es.pdf acceso: 11/18/18

Cossio, 2018. “*Proyección Numérica de la Estratigrafía de Ciudad Juárez, Chihuahua*”. Acervo Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

CNA, 2016. “*Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*”. Comisión Nacional del Agua. Disponible en: <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>

EPA, 2007. “*Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices*”. Environmental Protection Agency Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/2008_01_02_nps_lid_costs07uments_reducingstormwatercosts-2.pdf

Feria, J. y Santiago, J., 2017. “*Naturaleza y Ciudad. Perspectivas para la Ordenación de la Infraestructura Verde en los Planes Territoriales Metropolitanos de España*”. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. Disponible en: <https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2447/2297>

Forbes, 2014. “*Ausentismo laboral golpea a empresas mexicanas*”. Forbes México. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/ausentismo-laboral-golpea-empresas-mexicanas/>

Granados, A., 2016. “*Desarrollo del Estudio de las Oportunidades de Manejo de Escorrentías en los Municipios Fronterizos para Inducir Proyectos de Infraestructura Verde, Caso de Estudio del Arroyo Tapioca en Ciudad Juárez, Chihuahua*”. Ingeniería Granados y Asociados, S.C.

GS, 2017. “*A Guide for Practitioners*”. Urban Green Infrastructure Planning. Disponible en: <https://www.e-pages.dk/ku/1340/html5/>

Hoz Suarez, Betty De La; Ferrer, María Alejandra; Hoz Suárez, Aminta De La, (2008). “*Indicadores de Rentabilidad: Herramientas para la Toma de Decisiones Financieras en Hoteles*”

de Categoría Media Ubicados en Maracaibo”. Revista de Ciencias Sociales (Ve), vol. XIV, núm. 1, pp. 88-109. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/280/28011673008.pdf>

IMIP, 2009. “Estudio, Estrategias y Propuestas para el Control y Manejo de Agua Pluvial en las Zonas Sur y Oriente de Ciudad Juárez, Chihuahua”. Instituto Municipal de Investigación y Planeación. Disponible en: <http://www.imip.org.mx/Beta/pdu2016/Anexos/EstudiodeControlPluvialZonaSurCiudadJuarez/002.pdf>

IMIP, 2004. “Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial”. Instituto Municipal de Investigación y Planeación. Disponible en: <http://www.juarez.gob.mx/2015cf/transparencia/pages.php?pagina=68>

IMIP, 2015. “Plan Regulatorio para el Transporte de Carga de Ciudad Juárez”. Instituto Municipal de Investigación y Planeación. Disponible en: <https://www.imip.org.mx/Beta/pdu2016/Anexos/PlanRegulatoriodeTransporteCarga/PlanRegulatorioTransportedeCarga.pdf>

IMIP, 2016. “Atlas de Riesgos Naturales y Atlas de Riesgos Antropogénicos”. Instituto Municipal de Investigación y Planeación. Volumen 3. Disponible en: <http://www.imip.org.mx/atlasderiesgos/docs/VOLUMEN3.pdf>

IMIP, 2016. “Plan de Desarrollo Urbano Sostenible”, Instituto Municipal de Investigación y Planeación. Disponible en: <http://www.imip.org.mx/Beta/pdu2016/>

IMIP, 2017. “Sistema de Monitoreo de Aforos de Tránsito (SIMATRA)”. Instituto Municipal de Investigación y Planeación. Disponible en: <http://www.imip.org.mx/Coordinaciones/Movilidad>

IMPLAN, 2016. “Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos”. Instituto Municipal de Planeación, Hermosillo. Disponible en: <http://www.implanhermosillo.gob.mx/lineamientos-y-manuales/>

IMT, 2016. “Costos de Operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2016”. Instituto Mexicano del Transporte”. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt471.pdf>

IMTA, 2015. “Estimación de Daños Económicos en Zonas Urbanas Inundables, con Base en el Área Geoestadística Básica para Obtención del Daño Anual Esperado”. Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua”. Disponible en: <https://www.imta.gob.mx/images/pdf/articulos/estimacion-de-danos-en-zonas-urbanas-inundables.pdf>

JCAS, 2018. “Proyecto Zonas Inundables Ciudad Juárez”. Junta Central de Agua y Saneamiento.

Jiménez, (2014). “Estructura Temporal de Tasa Social de Descuento Decreciente”. Disponible en: http://economia.uc.cl/wp-content/uploads/2015/07/tesis_jimenez_2014.pdf

León, Gto., (2018). “Manual Técnico Administrativo de Proyectos Ejecutivos”. Dirección General de Obra Pública, León Guanajuato. Disponible en: <https://www.leon.gob.mx>obrapublica>

Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, (2015). Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPRH_301215.pdf acceso: 16/11/18.

Maderoy L y Jiménez A. 2005. “*Principios de Hidrogeografía. Estudio del Ciclo Hidrológico*”. Disponible en: http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_text_uni/G_S_XXI_Principios_de_hidrogeograf%C3%ADa_portada.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú. (s/f). “*Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*”. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf

UNDRR, 2018. “*Economic Losses, Poverty & Disasters*”. UN Office for Disaster Risk Reduction. Disponible en: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/61119>

PED, (2017-2021). “*Plan Estatal de Desarrollo*”. Disponible en: <http://www.chihuahua.gob.mx/planestatal/PLAN%20ESTATAL%20DE%20DESARROLLO.pdf>

PMD, (2018-2021). “*Plan Municipal de Desarrollo*”. Disponible en: http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/anexo/anexo_03-2019_acuerdo_024_pmd_juarez.pdf

PND, (2019-2024). “*Plan Nacional de Desarrollo*”. Disponible en: <https://www.gob.mx/cenace/acciones-y-programas/plan-nacional-de-desarrollo-2019-2024-195029>

Presidencia Municipal de León, Gto. 2018. “*Manual Técnico Administrativo de Proyectos Ejecutivos*”.

Quiroz D., 2018. “*Implementación de Infraestructura Verde como Estrategia para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Ciudades Mexicanas, Hoja de Ruta*”. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/394115/Hoja_de_ruta_IV_Infraestructura_Verde.pdf acceso: 11/11/18

Redalyc, 2006. “*Análisis del Beneficio-Costo en la Captación Agua de Lluvia en el Casi-Uruza-UACH, México*”. Disponible en: <https://www.redalyc.org/busquedaArticuloFiltros.oa?q=costo%20beneficio%20durango%20mexico>

Redalyc, 2013. “*Análisis Costo-Beneficio para la Zona Costera Norte en la Provincia de Camagüey, Cuba*”. Disponible en: <https://www.redalyc.org/busquedaArticuloFiltros.oa?q=costo-beneficio%20camaguey%20cuba>

Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, 2016. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LFPRH_300316.pdf acceso:16/11/18

Ruiz Torres, J., Trejo Calzada, R., Pedroza Sandoval, A., Vargas Trujillo, A., 2006. “*Análisis del beneficio-costo en la captación agua de lluvia en el cais-uruza-uach, México*”. Revista Chapingo

Serie Zonas Áridas [en línea], V [Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2018] Disponible en: <<http://agricola-www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545070009>> ISSN

SCT, 2002. “*La Permeabilidad de los suelos en los Problemas de Transporte de contaminantes. Aplicación en la Infraestructura del Transporte*”. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt195.pdf>

SCT, 2013. “*Estudio Costo Beneficio para el Proyecto: Puente Fresnos – Río Córdoba (segunda etapa) y Conexión a la Autopista: México - Querétaro*”. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Disponible en: https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2014/8/3/89b69782f7daf2ebe43d793a38f729b2.pdf

SEMARNAT, 2013. “*Inventario Nacional de Emisiones de México 2008*”. Semarnat. México <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap5.html>

SEMARNAT, 2015. “*Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Chihuahua, 2016-2025*”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249574/ProAire_Chihuahua.pdf

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2015. “*Análisis Costo Beneficio Simplificado y Análisis Costo Eficiencia Simplificado 2015 de Proyectos de Desarrollo Regional 2015*”. Disponible en <https://www.gob.mx/shcp/documentos/analisis-costo-beneficio-simplificado-y-analisis-costo-eficiencia-simplificado-2015-de-proyectos-de-desarrollo-regional-2015>

Secretaria de Desarrollo Social, 2005. “*Manual de Procedimiento para la Elaboración de Proyectos de Ingeniería*”. Disponible en: <http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/01/man-proc-elab-proy-ing-hist.pdf>

SEMARNAT, 2015. “*Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del aire en el Estado de Chihuahua (2016-2025)*”. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249574/ProAire_Chihuahua.pdf

Servicio Geológico Mexicano, 2017. “*Estratigrafía, Introducción*”. Disponible en: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Estratigrafia/Introduccion-estratigrafia.html>

Texas A&M Transportation Institute, 2015. “*Estudio Integral y Plan Regulatorio para el Transporte de Carga*”. Disponible en: <http://www.imip.org.mx/Beta/pdu2016/Anexos/PlanRegulatoriodeTransporteCarga/PlanRegulatorioTransportedeCarga.pdf>

TCA, (s/f). “*Guía Realizar un buen Análisis Costo-Beneficio-Riesgo para un Proyecto de ERP Empresarial*”. TCA Software Solutions. Disponible en: https://www.tcass.com/pdf/Como_analizar_un_buen_analisis_Costo_Beneficio_Riesgo.pdf

UNEP, 2014. “*Green Infrastructure, Guide for Water Management*”. United Nations Environment Programme. Disponible en:

<https://www.unenvironment.org/resources/publications/green-infrastructure-guide-water-management>

U.S. Geological Survey, 2017. “*U.S. Geological Survey*”. Disponible en: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html#streamflow>

Vera T. Juan A. (1994). “*Estratigrafía, Principios y Métodos*”. Editorial Rueda. Madrid. Disponible en: http://www.academia.edu/10105640/ESTRATIGRAFIA_PRINCIPIOS_Y_METODOS

WMG, 2012. “*Infraestructura Verde para Comunidades del Desierto Sonorense*”. Watershed Management Group. Disponible en: <http://www.watershedmg.org/green-streets>

Zequeira Álvarez, María Elena, Figueredo Castellanos, Ernesto, Pelegrín Mesa, Arístides, Hernández Santoyo, Alain, Varona Reyes, Silvina Beatriz, Análisis Costo - Beneficio para la Zona Costera Norte en la Provincia de Camagüey, Cuba. Revista Tecnología e Sociedade [en línea] 2013, 9 (Julio-Diciembre) : [Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496650338002> ISSN 1809-0044