

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. JUÁREZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN UN PARQUE DE
FRACCIONAMIENTO A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS DE TOMA DE DECISIONES**

TESIS

QUE PRESENTA

CRISTINA QUINTERO ÁVILA

COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO(A) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

CD. JUÁREZ, CHIH.

MAYO DE 2019

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.1.	Antecedentes del Problema.....	7
2.2.	Definición del Problema	7
2.3.	Objetivos	8
2.4.	Preguntas de Investigación	8
2.5.	Justificación	9
2.6.	Variables	10
3.	MARCO TEÓRICO	11
3.1.	Uso de Agua en Jardines Urbanos	11
3.1.1.	Importancia del Agua.....	13
3.1.2.	Uso de Agua Potable para Riego Urbano en el Desierto	13
3.1.3.	Importancia de Áreas Verdes.....	14
3.1.1.	Agua para Riego Parques y Jardines.....	16
3.2.	Plan de Desarrollo Urbano.....	16
3.2.1.	Legislación.....	16
3.2.2.	Programar.....	17
3.3.	Alternativas a Usos de Agua Potable.....	19
3.3.1.	Agua Tratada.....	19
3.3.2.	Cosecha de Agua.....	20
3.3.3.	Sistemas de Riego por Goteo.....	22
3.4.	Toma de Decisiones	24
3.4.1.	Arboles de Decisión	24
3.4.2.	Toma de Decisiones por Multi-Criterio	26

3.4.3. Matriz de Preferencias	27
4. METODOLOGÍA	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS	1
6. RESULTADOS.....	2
7. CONCLUSIONES	4
REFERENCIAS.....	5

1. INTRODUCCIÓN

Ciudad Juárez se localiza en la región fronteriza en el norte del país, en el estado de Chihuahua. Las características de aridez de esta región, asociadas a un gran crecimiento poblacional, hacen que el agua sea un factor limitante para el desarrollo. El agua es una parte esencial de cualquier economía y sociedad, por lo tanto su manejo sustentable es una condición necesaria para la economía.

Los parques, jardines y zonas verdes dentro de nuestra ciudad no son sólo un recurso estético para adornar las calles: las zonas verdes de la ciudad aportan también grandes beneficios. Mejoran nuestra calidad de vida y embellecen la ciudad, ya que son lugares placenteros y relajantes. Introducir zonas verdes en nuestra ciudad, trasmite paz, aísla de los ruidos y los atenúa aliviando el estrés de la circulación de vehículos.

El agua es un recurso importante cual es vital para la vida de cada especie: es casi imposible que se pueda dar vida sin agua. En la actualidad, en muchos lugares llega a escasear este líquido vital, motivo por el cual debemos de usarlo correctamente y así proporcionar muchos beneficios a nuestra sociedad. Por lo tanto, debemos de administrar correctamente el agua que usamos diariamente en nuestros domicilios y parques. Las funciones ambientales de los parques urbanos se proponen hoy como un asunto principal; como un objetivo de la gestión urbana.

El propósito de este estudio es establecer una metodología para la selección de alternativas al riego por medio de agua potable de parques urbanos, determinar la alternativa al riego por medio de agua potable de parques urbanos más viable/aceptable por los residentes.

Principales herramientas para la toma de decisiones

Árbol de decisión, bajo este concepto se conoce al diagrama de causa-efecto de decisiones en forma de árbol. Busca proyectar posibles resultados bajo las distintas posibilidades disponibles.

Los cinco ¿por qué? Esta herramienta para la toma de decisiones se basa en cuestionar la posible solución no una, sino cinco veces. Con esto se busca llegar a un buen fundamento desarrollado que ampare la decisión en cuestión.

Tormenta de ideas, es una práctica que busca plasmar la mayor cantidad de ideas o soluciones posibles sin importar su eficacia. Luego estas ideas deben pasar por un proceso de análisis y filtrado para obtener los mejores resultados y tomar la mejor decisión.

Consenso, esta herramienta permite que todos los miembros del equipo participen activamente de la toma de decisiones. Cada uno elegirá una solución y la apoyará. Al final, la decisión más aceptada será la que predomine ante las demás.

El siguiente trabajo se enfoca en la toma de decisiones para la administración de los recursos hídricos destinados al riego de parques y jardines urbanos, que actualmente utiliza agua potable en su gran mayoría y concretamente, se quiere encontrar la manera de cambiar el agua potable por otras alternativas.

El agua es un recurso abundante, su carencia se debe a razones exclusivamente económicas. Hoy en día, la optimización de la reutilización de los recursos del agua debería tener un apoyo importante en los procesos sociales.

El uso del agua se caracteriza por sus propias economías de escala, especialmente en su almacenamiento, su transporte y distribución. Se dan las condiciones de un control natural clásico la administración del agua es un proceso que busca solucionar conflictos entre varios usuarios la sociedad en conjunto quienes dependen de un recurso compartido (Jouravlev, 2004).

Toma de decisiones para la administración de los recursos hídricos para parques.

Debido a la creciente escasez de agua, la necesidad de proteger el medio ambiente se ha promovido aumentar el potencial aprovechable de los recursos hídricos, así como su manejo de mejor calidad para otros usos.

La ingeniería industrial se define por ser la rama de la ingeniería que se ocupa de mejorar recursos humanos, económicos, técnicos y de la materia prima, ayudando a un principal beneficio y corregir los inconvenientes que se presenten.

Los modelos existentes en la ingeniería industrial son transformados, ya que dependen del argumento a tratar, entre ellos uno es toma de decisiones. El propósito primordial de un ingeniero industrial es investigar el recurso más efectivo, en todo ámbito, a una dificultad. Así mismo, la solución localizada debe ir de la mano con la conducta experta.

Algunos beneficios de la toma de decisiones son: aumentar la habilidad para demostrar la efectividad de decisiones tomadas en el pasado mediante referencia a registros basados en los hechos, son

decisiones basadas en la información y el conocimiento, aumentar la capacidad para revisar, afrontar y cambiar opiniones y decisiones, aseguran que los datos e información, son suficientemente precisos y fiables, hacen que los datos sean accesibles para cualquiera que los necesite, tomar decisiones y realizar acciones basadas en el análisis de los hechos equilibradas con la experiencia y la intuición, la calidad consistente en la toma de decisiones ahorra tiempo y dinero.

En esta ciudad algunas especies de plantas no son endémicas de la región y por lo tanto es difícil que esas especies sobrevivan o que consumen demasiada agua para sobrevivir.

Los parques y jardines son un refugio para animales que necesitan espacios para vivir o madrigueras donde reproducirse. Reducen la contaminación, mejora la gestión de aguas en la ciudad, disminuyen los efectos de calentamiento global y disminuyen la temperatura. Además, la presencia del color verde en nuestro entorno urbano favorece nuestra conexión con la naturaleza y, en consecuencia, mejora nuestro bienestar humano.

Según la página “Agua” (agua.org.mx) (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2019) de Ciudad Juárez, el riego desmedido de aproximadamente 800 escuelas y mil parques ubicados en diferentes fraccionamientos privados de esta frontera, genera un consumo de un 35% de agua de la ciudad. Esta página también señala que la región fronteriza de esta ciudad, enfrenta serios problemas de desabasto de agua. Ciudad Juárez, se encuentra en el Desierto de Chihuahua, muy cerca de Samalayuca, donde se ubican los mantos freáticos más productivos de agua potable, pero se comparte con Estados Unidos, con la ciudad de El Paso, Texas y en la temporada de verano, se extrae más agua de la que se recarga en el subsuelo (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2019).

El propósito de este trabajo es la evaluación, a través de herramientas de Toma de Decisiones, de diferentes opciones para el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos destinados a regar parques y jardines en fraccionamientos de la ciudad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, se expone el planteamiento del problema. Primero se describen los antecedentes del problema, donde se plantearán las preguntas de investigación, la hipótesis, los objetivos y la justificación.

2.1. Antecedentes del Problema

En Ciudad Juárez se ha incrementado la construcción de fraccionamientos los cuales ofrecen como una ventaja la presencia de un parque centralizado común para todos sus residentes. Estos parques requieren de riego, típicamente, con agua potable, lo cual implica el consumo de un recurso vital y escaso en el desierto de Chihuahua. La falta de conciencia que hay en la comunidad por una conveniente administración del agua ya sea por los usos de la ciudadanía, la infraestructura disponible de esta ciudad, la falta de recursos financieros para realizar obras y una mejor supervisión por parte de la autoridad correspondiente para cuidar y utilizar el recurso, es lo que ha causado un uso del vital líquido en sitios donde no es necesario que sea potable, como ejemplo el riego de parques y jardines con plantas de decoración en Ciudad Juárez. La Junta Municipal de Agua y Saneamiento está considerando como plan (que no está legislado porque la ciudad no está preparada) racionar el agua y muy probablemente ya no se permita el riego con agua potable de los parques. Por lo tanto, se tendrán que evaluar diferentes opciones para el riego de estos parques.

2.2. Definición del Problema

Dado que se prohibirá el riego de parques de fraccionamientos con agua potable se necesitará utilizar alternativas para su riego. Esta selección de alternativas implica la evaluación de diferentes opciones cada una con determinadas limitaciones de espacio, necesidades y/o posibilidades de construcción o confección, capacidad de transporte, vegetación y costos, que cumpla con la tipología territorial (es decir, el tipo de suelo y su flora endémica) y que cumpla con los requerimientos de espacios

públicos tales como ambientales, de aspecto social, de recreación, y entretenimiento. Dado el gran número de criterios de evaluación, este trabajo propone utilizar herramientas de Toma de Decisiones para seleccionar de entre varias opciones la que mejor cumpla con las restricciones antes mencionadas. Se propone la captación de agua de lluvia como fuente alterna de abastecimiento.

2.3. Objetivos

El objetivo de este trabajo de investigación se centra en la aplicación de una metodología de toma de decisión por multicriterio .

Reducir el consumo de agua potable en el riego de un parque de fraccionamiento a través del uso de técnicas y herramientas de toma de decisiones.

Evaluar diferentes estrategias de reducción de consumo de agua potable en el riego de un parque de fraccionamiento a través de herramientas de toma de decisiones.

2.4. Preguntas de Investigación

¿Cómo se podrá reducir el consumo de agua potable en el riego de un parque de fraccionamiento usando técnicas y herramientas de toma de decisiones?

¿La cosecha de agua de lluvia es la reducción de consumo de agua potable en el riego de un parque de fraccionamiento es la más adecuada según las herramientas de toma de decisiones?

Hipótesis

1. Las herramientas de toma de decisiones (árbol de decisiones, tormenta de ideas, consenso, los cinco ¿por qué?) permiten reducir el consumo de agua potable en el riego de un parque de fraccionamiento
2. Las técnicas y herramientas de toma de decisiones encuentran la estrategia más viable de la cosecha de agua de lluvia para la reducción del consumo de agua potable en un parque de fraccionamiento.

2.5. Justificación

La falta de agua puede llegar a afectar de muchas maneras tales como destruir toda clase de cultivos destruir poblaciones humanas o de otros seres vivos ocasionando pérdida de la biodiversidad de especies animales y vegetales que significan un factor sumamente importante para el equilibrio del medioambiente. Cada acción que limite el desperdicio de este valioso recurso, puede ayudar a que, en muchas partes del mundo, localmente se incremente el acceso a ella con más regularidad.

Los parques verdes de los fraccionamientos son grandes consumidores de agua, pero estos son de gran importancia ya que proporcionan varios beneficios a la comunidad. Además de ser un importante factor en el ámbito ecológico, generando oxígeno y disminuyendo el calor producido por los rayos del sol reflejados en las calles y banquetas.

Los parques verdes se pueden regar con estrategias modernas para ahorrar agua. A continuación, se mencionan algunas de ellas: uso eficiente del agua, sistemas de riego, cosecha de agua, en los parques podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, elegir plantas de la zona pensando en las necesidades hídricas, crear un jardín eficiente que consuma menos agua, darle el mantenimiento adecuado al área verde.

Un buen sistema de riego es aquel que proporciona una cobertura completamente uniforme en el sistema radicular, sin provocar que parte del agua se pierda por filtración en el terreno ni que se genere un exceso de agua.

Dado el gran número de criterios de evaluación, este trabajo propone utilizar herramientas de Toma de Decisiones para seleccionar de entre varias opciones la que mejor cumpla con las restricciones antes mencionadas.

Las estrategias de Toma de Decisiones permiten evaluar diferentes alternativas de una manera sistemática, lógica, estructurada, racional para determinar la que mejor convenga con los criterios o necesidades de selección.

Las alternativas optadas a través de las herramientas de toma de decisiones, son seleccionadas en base a la información y el conocimiento, para lograr una efectiva toma de decisiones se requiere de una

selección racional, para lo que primero se debe aclarar el objetivo que se quiere alcanzar, se debe de tener en cuenta varias alternativas, evaluando sus ventajas, limitaciones y adoptando la que se considere más apropiada para lograr el objetivo propuesto.

La Toma de Decisiones es el proceso de análisis entre diversas alternativas, y tiene diferentes beneficios como:

- Las decisiones basadas en la información y el conocimiento.
- Aumenta la capacidad para afrontar, cambiar opiniones y decisiones.
- Aseguran que los datos e información sean precisos y fiables.
- Hacen que los datos sean accesibles para cualquiera que los necesite.
- Se proporciona la mejor decisión.
- Predisponen actos efectivos, buscan nuevos medios y encuentran los recursos.

2.6. Variables

La escasez de agua que cada año se va sumando a este cambio climático, nos lleva a estudiar los diferentes sistemas de abastecimiento alternativos que se basen en el almacenamiento de aguas pluviales para su uso donde no requiera de agua potable, con el fin de conocer los resultados obtenidos, sus ventajas y desventajas.

Para ello en esta revisión se tomaron como información algunas publicaciones académicas, contemplando aquellas publicaciones similares, donde se establecieron un sistema de captación y en otros casos la potabilización de dicha agua pluvial, con la finalidad de que este estudio de los sistemas a usar proporcione un ahorro de agua potable.

La presente investigación busca considerar estudios donde aprovechar el agua pluvial en el riego de parques y jardines (que actualmente se riegan con agua potable), lo cual nos permitiría un ahorro de esta agua, y con ello apoyar a una gestión más sostenible del recurso agua, dándole valor al agua pluvial y además con beneficios económicos para los residentes del fraccionamiento.

3. MARCO TEÓRICO

Este capítulo se centrará en examinar la literatura principal sobre la administración de recursos hídricos de parques urbanos en climas desérticos. Esta revisión se realizó tomando en cuenta la importancia del agua, la importancia de áreas verdes, la legislación pertinente, la aceptación alternativas al uso de agua potable tales como agua tratada, cosecha y uso del agua de lluvia, riego por goteo y la eliminación definitiva de jardines, entre otras.

Existen características principales al menos dos posibles formas de actuar, llamadas alternativas o acciones, excluyentes entre sí, de manera que la actuación según una de ellas impide cualquiera de las restantes. Mediante un proceso de decisión se elige una alternativa, que es la que se lleva a cabo. La elección de una alternativa ha de realizarse de modo que cumpla un fin definitivo. Esta selección de alternativas implica la evaluación de diferentes opciones cada una con determinadas limitaciones de espacio, necesidades y/o posibilidades de construcción o confección, capacidad de transporte, vegetación y costos, que cumpla con la tipología territorial (es decir, el tipo de suelo y su flora endémica) y que cumpla con los requerimientos de espacios públicos tales como ambientales, de aspecto social, de recreación, y entretenimiento.

3.1. Uso de Agua en Jardines Urbanos

En los fraccionamientos (espacios residenciales), la tipología del jardín y la eficiencia del riego se convierten en un factor importante del consumo de agua dependiendo las circunstancias.

El uso eficaz del agua incluye mejoras tecnológicas y cambios culturales, dependiendo de las opciones disponibles para el riego de jardines y sitios verdes del fraccionamiento, con los cuales se intenta provocar una concientización dentro de la planeación de fraccionamientos y así reducir el consumo y gasto de agua potable en estos (Vanoye, 2016).

El incremento urbano debido a nuevos fraccionamientos, puede incrementar el consumo de agua potable debido al mayor uso externo dado el tipo de suelo y su flora endémica (es decir, su tipología geográfica), sin embargo, se conocen poco los rasgos de estos usos exteriores (Pujol, 2003).

(Águila, 2013) Menciona que una de las características de las zonas de clima árido y semiárido es la baja disponibilidad de agua. Los componentes que inciden en esta alta evaporación son la radiación solar, la presión de vapor del aire, gran cambio de temperaturas y la velocidad del viento. Las tierras de estas zonas son variables en profundidad, textura y fertilidad, siendo normal los suelos con perfil poco avanzado.

Ante la escasez de agua en la zona árida del norte de México, se requiere encontrar cultivos que, combinados con tecnologías de ahorro de agua, hagan un uso eficiente de este recurso, esto quiere decir que el cultivo no demanda altos volúmenes de agua, sino microclimas apropiados para su desarrollo y un manejo cuidadoso (Castillo, 2003).

Según (Villagra, 2011) la variedad de las zonas áridas depende de la interacción entre las limitaciones ambientales que presentan cada región en particular y el complejo de ajustes desarrollado por los organismos que les permiten mantener el balance de agua y energía dentro de límites posibles.

Plantar un árbol es una inversión a largo plazo que origina bienes ecológicos en forma de servicios ambientales. Su sombra abastece espacios para aminorar el calor, para el descanso y el entretenimiento social, ayuda a disminuir el polvo, el ruido, los vientos fuertes y mejora el paisaje urbano. La solicitud de estos servicios ambientales que generan las áreas verdes, en particular los árboles, son más valiosos en las ciudades de climas secos, pero compiten por el agua potable para el consumo humano y otros usos. Esto se puede resolver plantando especies endémicas o de bajos requerimientos hídricos para reforestar las ciudades (Navarro, 2016).

Menciona (Navarro, 2016) que existe la tendencia de llenar zonas verdes con especies exóticas o introducidas, es decir, enverdecer y establecer jardines típicos de zonas templadas y tropicales. Según la valoración de varios estudios, algunas de las especies de flora que se hallan en las áreas verdes de las ciudades son introducidas Y el problema con éstas radica en que no se adaptan al clima caluroso y seco del desierto. Sin embargo, con las plantas nativas esto ocurre en forma natural, gracias a sus mecanismos de supervivencia que les ha permitido existir y reproducirse. Así pues, con éstas se podría crear un ecosistema urbano en armonía con el entorno y sostenible, con exigencias mínimas de agua y poco mantenimiento.

3.1.1. Importancia del Agua

Además de ser esencial para el buen funcionamiento del cuerpo humano, el agua promueve la vida de diversas maneras. Sin el agua no podríamos plantar, criar ganados, lavar los alimentos o mantener un buen aseo. El agua se vuelve un elemento importante para la existencia de la vida (Mujeriego, 1990).

Actualmente las sociedades modernas son grandes consumidores de agua. Requerimos agua no solo para nuestro suministro, sino también para el aseo, riego y otras acciones. Al ser alta la demanda, el recurso se escasea en casi todas las sociedades y climas, incluso hasta el punto en que más de la mitad de la humanidad se priva directamente de ella, limitando no solo sus bienes de desarrollo sino también sus posibilidades de supervivencia (Pou, 2006).

La disminución del recurso y de los ecosistemas que genera, el derroche, el incremento de la población, así como la falta de equidad en el acceso al agua, son algunos de los problemas que intervienen en contra de las posibilidades de un progreso razonable en un país (Carrascal, 2004).

Según (Palacio Castañeda, 2010), uno de los primeros componentes que afectan al recurso hídrico son:

a) El aumento de la población, en especial en zonas con escasez de agua. b) Grandes cambios demográficos de tal modo que la población se desplaza de ambientes rurales a urbanos. c) Grandes demandas de seguridad alimentaria y de bienestar socioeconómico. d) Mayor capacidad entre beneficiarios y usos. e) La inestabilidad existente entre el volumen de agua dulce aprovechable y la demanda de esta

Actualmente atravesamos por la llamada crisis mundial del agua, a causa de que la mayor parte de los recursos hídricos del mundo se encuentran sometidos a altos niveles de contaminación en distintos estados, a los efectos de sobreexplotación de los recursos naturales y la constante degradación medioambiental (Moreno, 2008).

3.1.2. Uso de Agua Potable para Riego Urbano en el Desierto

La comprensión de las necesidades hídricas en los jardines y el ahorro del agua ayudan a la conservación de este recurso. Por este motivo es importante identificar las variedades de plantas existentes y reunir especies apropiadas según el clima y tipo de uso del área verde para realizar un correcto riego.

Dado el desarrollo social se ha transformado el uso del recurso agua destinándolo no solo al uso doméstico y agrícola. Además, se ha ganado terreno en lo legislativo, donde algunos países han desarrollado un amplio marco legal. Inclusive a nivel mundial se han establecido organizaciones para promoverlos (Hugues D. R., 2019).

(Angel, 2015) Afirma que en todos los países los gobiernos asumen la obligación de asegurar el abasto de agua a cada una de sus entidades. Enfatizando que con el crecimiento de la población se aumenta también la demanda de este escaso recurso, se vuelve necesario identificar fuentes adicionales alternas para el abastecimiento de agua, que permitan cubrir los requerimientos, con una cultura de desarrollo sostenible sobre el agua.

Alemania y México participan en el interés por lograr una gestión eficaz del agua en las zonas urbanas. Prueba de ello, son los diferentes convenios de investigación que existen entre ambos países. A través de la investigación se puede observar que el potencial de desarrollo de esta relación tiene un futuro prometedor en relación a la investigación y gestión del agua y en específico, en lo referente al agua de lluvia (Nolasco, 2016).

3.1.3. Importancia de Áreas Verdes

Los parques son importantes ya que son necesarias por varios servicios ambientales y sociales que se presentan dentro del ambiente urbano (Argañaraz, 2010). nos menciona que a los servicios sociales, los espacios verdes urbanos simbolizan las áreas preferidas para el entretenimiento, recreación y ejercicio de sus habitantes, asimismo del realce del perfil urbano, haciendo de ella una ciudad más atractiva. El rol de la superficie como regulador del balance de agua se encuentra ampliamente modificado en ambientes urbanos a causa del pavimento y las construcciones, que interceptan con el proceso de infiltración. En este contenido, las áreas verdes obtienen importancia al ejercer como focos de filtración de agua, la comparación de las capacidades de captación de agua con las curvas de intensidad-duración-recurrencia de las lluvias muestran que los suelos de parque aportan ciertamente a la medida del control de agua

De acuerdo con (Garvin, 2010). expresa a través de proyectos de parques en Estados Unidos, el valor de organizar áreas verdes adaptables a las actividades entretenidas que logran evolucionar con el

transcurso de tiempo. Percibidas así, las áreas verdes son elementos eficientes con una fuerte conexión social (Krauel, 2008).

La investigación de ciertos sistemas de áreas verdes y parques públicos de Curitiba (Brasil), Ciudad de México (México), Madrid (España), Nueva York (Estados Unidos de América) y Santiago (Chile) evidencia complicaciones frecuentes como la falta de espacio verde, la inseguridad y los peligros de supresión social. También se agrega la falta de valor económico de los bienes que entregan dichos sistemas naturales como recreación y conservación. En total, son factores importantes en la asignación de regiones destinados a este uso con respecto a otros. Es por eso que, se plantea desarrollar una tipología de áreas verdes conveniente a las necesidades de cada ciudad o región metropolitana. Con ella se proveerá la realización de inventarios que evalúen indicadores sociales, económicos y ambientales; asimismo de incorporar nuevas tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica y medios informativos de Internet que apoyen la diligencia. En la organización de parques en específico, es muy significativo la colaboración ciudadana como estrategia principal para solucionar las situaciones difíciles que se exponen en las grandes ciudades (Xolocotzi, Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos, 2010).

La zona en la que habitamos, puede convertirse en un área muy diferente al que inicialmente existía años atrás, ya que la urbanización es un proceso que convierte el entorno de modo drástica y a veces a un ritmo muy rápido, de modo que es complicado que logremos concebir a la ciudad como un ecosistema en sí mismo; Pero, la ciudad forma el centro de toda una red de interacciones, tan diversas que es capaz de llegar a la región, creando en ella su huella ecológica (Ivette, 2010).

Las áreas verdes de las ciudades y especialmente los parques urbanos simbolizan sistemas ambientales que desempeñan un doble rol, social y ecológico, en el que es viable evaluar las situaciones de sustentabilidad ambiental urbana. Al paso del tiempo las ciudades han estado sujetas a procesos de desarrollo y mejora. Tales cambios han impuesto dinámicas internas exclusivas a la organización urbana.

Los espacios verdes urbanos consiguen ser asociadas en áreas abiertas o públicas, zonas recreativas y de entretenimiento (como los parques), y lugares de acceso particular o exclusivo, que varias veces están acompañados de residencias donde las áreas verdes son indicadoras de un estatus social. La función primordial es alcanzar espacios apropiados para actividades entretenidas y sociales y revisten gran importancia para el ambiente físico, la biodiversidad y la calidad del aire. Hoy, las áreas verdes urbanas realizan un papel significativo en la calidad ambiental de las ciudades, y su gestión adecuada ofrece muchas posibilidades para la corrección y evitar problemas resultantes (Garcia, 2006).

3.1.1. Agua para Riego Parques y Jardines

Ciertos fundamentos de la jardinería son preservar los recursos naturales (agua, suelo), fomentar la biodiversidad, atender la demanda ciudadana de áreas verdes más próximas a la naturaleza. Existen aspectos positivos como: aprobación teórica, general y pública del beneficio ambiental de las áreas verdes urbanas, incremento valioso de zonas verdes, aumentos significativos de la biomasa vegetal, automatización de sistemas de riego, experiencias de cambios de zonas verdes urbanas con vegetación adaptada, por mencionar algunas (Falcon, 2008).

3.2. Plan de Desarrollo Urbano

México enfrenta un serio problema de suministro de agua potable en las ciudades debido a que la demanda de agua a causa del aumento demográfico y de sus correspondientes actividades, es mayor que la oferta, y agregando a esto la deficiente gestión de recursos hídricos, resulta en la sobreexplotación de los acuíferos.

La disponibilidad del agua para el uso humano, tanto en calidad como en cantidad, requiere esencialmente del manejo sustentable de los ecosistemas. La viabilidad del manejo sustentable de los ecosistemas implica un debate científico-político extenso y cooperativo de la sociedad, para superar el conflicto entre crecimiento económico sostenido y conservación de los recursos naturales (Salas-Plata Mendoza, 2006).

3.2.1. Legislación

El trámite determinado para que los pueblos administren las aguas para uso doméstico depende de las leyes federales y estatales en materia de aguas (Escamilla, 2012).

En el acuerdo No. 079 del Reglamento de Ecología y Protección ambiental del municipio de Juárez, Chih. Se establece en el artículo 191 sobre la prevención y control de la contaminación del agua sección IX, “El agua tratada es una opción viable para el riego de áreas verdes a cargo del municipio” lo que debiera aplicarse también a parques y jardines urbanos en fraccionamientos residenciales (Gobierno_del_Estado_Libre_y_Soberano_de_Chihuahua, 2015).

Existen Normas Oficiales Mexicanas como la NOM-003-ECOL-1997 en donde se especifican niveles máximos permisibles de contaminantes para dos tipos de aguas de reúso, el primero referente a servicios públicos con contacto directo, estos son destinados a donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico sin que esto repercuta directamente a la salud, un ejemplo donde pudieran ser utilizados es el riego de parques y áreas verdes urbanas. El segundo tipo de reúso es el que da servicios al público con contacto indirecto u ocasional, que es el que se destina a actividades donde el público esté expuesto indirectamente o en contacto físico incidental y en donde su acceso esté restringido por barreras físicas o personal de vigilancia (Secretaría_del_Medio_Ambiente, 1998).

(Salas-Plata Mendoza, 2006) Menciona que algunas ciudades mexicanas el mandato constitucional de que las aguas son propiedad del público, ha sido perdido. El cambio climático y las sequías afectan directamente la disponibilidad de este recurso que no sólo es fundamental para la biodiversidad, sino que es esencial para la sustentabilidad de la vida.

En el momento actual de crisis ecológica son necesarios nuevos procesos de recuperación de parques que mejoren la sostenibilidad integral de las ciudades, tanto a nivel ambiental como relacional. Los parques son instrumentos que responden a este requerimiento, pues proporcionan una mayor calidad de vida a los ciudadanos (Alonso, 2011).

Varios autores hablan de la importancia de que la legislación incluya la protección del medio ambiente. Por ejemplo, (Martinez, 1998) menciona que la naturaleza de la conformación urbana viene dirigida en la actualidad por la consideración del entorno ambiental, entendido no solo como objeto sobre el que recae la actuación del hombre y que, consecuentemente determina dicha actuación, si no así mismo como propósito a obtener, es decir, como final que debe tender siempre la acción de los poderes públicos en esta materia para conseguir una mayor calidad de vida de los ciudadanos por lo tanto se entiende que la protección del medio ambiente también protege la calidad de vida tanto de los humanos como de la fauna y flora regional.

3.2.2. Programar

Continuamente, los jardines, reservas naturales, plazas, parques públicos, y demás sitios verdes de las ciudades forman los únicos espacios libres y gratuitos para los ciudadanos. Como estos espacios son

estratégicos para optimizar la calidad de vida se debería de organizar, ampliar su desarrollo y mejora para fomentar sus bienes (Bertonatti, 2015).

Según (Ortas, 2013) las planificaciones futuras de las ciudades tendrán en cuenta, cada vez más, las zonas verdes. Las futuras generaciones serán cada vez más exigentes y demandantes en el número de áreas verdes del entorno de su hogar, solicitarán una ciudad más sostenible. Por eso los responsables de la gestión municipal deberán trabajar más pensando en la ciudad del futuro y construir planes estratégicos, donde se planifiquen las zonas verdes, tanto en cantidad como en tipología.

La existencia de las áreas abiertas de uso público es cada vez más diferente y es de mayor importancia. La elevación de la cualificación de las áreas abiertas de uso público apoya a promover zonas acondicionadas bien creadas, agradables y de alto valor medioambiental, beneficiando el desarrollo de ciudades sustentables. (González, 2012).

Es definido por varios que el área pública, como parte de la distribución urbana de una localidad; envuelve muchas vertientes y enfoques al ser abordado, el área pública está en lo propio de lo urbano, comenzando en la antigüedad hasta nuestros días es el área del encuentro y el cambio, engrandece las prácticas urbanas y anima la colaboración de los habitantes y su interés por las cuestiones comunitarias (Lugo, 2014).

Los espacios libres despoblados son percibidos como oportunidades de construcción. Esta escasez de espacios dificulta el problema de las áreas verdes, que deberían iniciar desde la educación de que los espacios naturales y urbanos son inseparables.

La falta de criterios exactos sobre calidad ambiental junto con la planificación de áreas verdes, dificulta la valoración funcional del gran número de beneficios que brinda la naturaleza en la ciudad. En muchas ocasiones, se trata de apreciaciones, no siempre estimadas, pero que pueden contribuir ciertamente a la sostenibilidad y a la calidad de vida en las ciudades (Campaña).

Se pretende que los impactos conseguidos permitirán extraer juicios para la toma de decisiones, a partir del interés por hacer de las ciudades zonas más aptas y dar un paso más en el rumbo hacia la sostenibilidad (Campaña).

En la organización del territorio la toma de decisiones se apoya en muchas variables de diferente índole, ya sean estas físicas, legales o divisiones del espacio a partir de constructos cuyos términos no

cuentan con la definición transparente y que, por tanto, requieren de un estudio determinado (Montequin, 2017).

3.3. Alternativas a Usos de Agua Potable

(Arcila, 2015) relata en su artículo que la escasez de agua potable en países en vía de crecimiento simboliza un problema cada día más grande a nivel mundial, por lo que es preciso buscar opciones que ofrezcan la posibilidad de optimizar la calidad del agua para el consumo humano que sea de simple acceso y obtención para las localidades marginales.

Existe una necesidad importante de fomentar metodologías innovadoras, más eficientes y económicas para el proceso de aguas residuales (Ruiz, 2015).

3.3.1. Agua Tratada

(Lorenzo, 2009) Señala que el uso conveniente de aguas tratadas forma una vía opcional importante para riego, lo que pudiera ayudar al aumento de las cosechas y el progreso de las tierras. Menciona que se utilizan principalmente en el riego de cultivos no destinados al consumo humano directo, como pasto y otros cultivos. Existen reglas que normalizan la calidad de las aguas residuales para su reúso en la agricultura, pero varios países no tienen implementadas normas oportunas y en otros se utilizan sin ningún tipo de procedimiento. Además, reconoce que existen otras tecnologías disponibles y la necesidad de estudiar métodos diferentes.

El reúso del agua en el cultivo es una habilidad popular en el país de México. Ante la notable escasez del recurso en ciertas zonas del país, el reúso del agua se programa como una alternativa de abastecimiento. Se propone que para el reúso de aguas residuales tratadas se solicita una demanda de agua, la reserva de aguas residuales tratadas y los usuarios potenciales de estas, así como la capacidad de tratar el agua para lograr la calidad requerida para diferentes usos (Escalante, 2003).

El uso de agua tratada o recicladas empleadas en el riego de áreas verdes urbanas, enfriamiento de maquinarias industriales como calderas, generación de energía, fuentes de riego para la agricultura, etc.,

se ha visto desarrollado debido a la falta del recurso hídrico que existe en muchos lugares del planeta. Esta parece ser una alternativa factible, sobre todo en áreas semiáridas donde el recurso es escaso (Dery et al., 2019).

La utilización de un sistema de riego para jardines con agua tratada originario de aguas grises es una práctica que se ha vuelto popular en algunos países de clima árido en donde se estima que regularmente el consumo de agua para estos fines es de aproximadamente 40% del total de las actividades que requieren del líquido en la temporada de verano. Un estudio realizado en Omán, con un terreno que abarca desiertos, probó un sistema de tratamiento de aguas grises casero en donde el costo de la instalación se recuperaba en un periodo de 2 años, posteriormente se reportaron ahorros en el uso del recurso hídrico. Solo habría que tomar en cuenta que el sistema requería mantenimiento regularmente, sobre todo en la parte superior de los filtros. Parece ser que la utilización de este tipo de agua en zonas áridas del planeta ya no es una opción que pueda descartarse, sobre todo si se toma en cuenta el desperdicio o el mal manejo del recurso (Al-Ismaili et al., 2017).

3.3.2. Cosecha de Agua

La cosecha de agua de lluvia además de ser una forma razonable para aprovechar una fuente natural y que ayuda a reducir la cantidad de agua consumida de otras fuentes puede traducirse en bienes económicos, medioambientales y sociales.

La importancia del agua de lluvia cosechada obtenida a partir de una cisterna, el precio diminuto de la inversión, instalación, sustento, la función de aguas captadas de sistemas de climatización o de lluvia, el uso de energía cero y la protección del suelo y el medio ambiente, hacen que esta tecnología sea atractiva, una alternativa de abastecimiento hídrico (Casadevall, 2016).

Una solución parcial al problema de la falta de agua es el aprovechamiento de la precipitación natural por medio la cosecha de lluvia, con el propósito de usarla para fines donde no se requiera agua dulce o potable. Dicho sistema de cosecha de lluvia debe de no solo ahorrar agua, sino también, proporcionar una ventaja económica.

Los modelos urbanos de agua en la sociedad están bajo una escasez frecuente y creciente de agua, incremento de la demanda, el envejecimiento de la construcción, la inconstancia y el conflicto dada por el

cambio climático. La cosecha de agua de lluvia simboliza una alternativa competente para ampliar la resistencia y la potencia de sistemas de suministro de agua (Lopes, 2016).

Por otro lado, la lluvia es un fenómeno natural que se presenta cada año con distintas intensidades y distribución de acuerdo con la ubicación geográfica. Sin embargo, la mayoría de la lluvia que ocurre en las ciudades es canalizada fuera de la ciudad por drenaje pluvial, desaprovechando así su uso dentro de la ciudad, o es conducida a través del drenaje municipal, el cual contiene desechos humanos y otros contaminantes que entorpecen la utilización de esa agua. El crecimiento de la población implica tanto un incremento en la demanda de agua potable (tratada fisicoquímicamente para la ingestión humana) como en la mancha urbana caracterizada por edificios y calles (áreas impermeables que no permiten la infiltración natural de agua al subsuelo) que, irónicamente, aumentan la posibilidad de inundaciones especialmente en desiertos como el de Chihuahua donde las lluvias de verano tienden a ser infrecuentes pero intensas debido a tormentas orográficas (por convección) [Soyza, Killingbeck y Whitford, 2004].

Existen sistemas de recolección de agua de lluvia (cosecha de lluvia), con el fin de proporcionar un suministro adicional de agua aprovechable y que también reducen la posibilidad e intensidad de inundaciones. La captación de agua de lluvia es la recolección, transporte y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie de manera natural o hecha por el hombre. Las superficies que captan el agua en las ciudades pueden ser techos de casas edificios, techos de comercios, explanadas, etc. El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin. El agua de lluvia es gratis, la única inversión que hay que hacer es en la captación y el tratamiento, pero su pago se cumple en un corto tiempo. Con este método se paga anualmente mucho menos en cuentas de agua. El agua de lluvia es superior para el riego de las plantas de los hogares. Los sistemas presentan un fácil mantenimiento.

La captación de agua de lluvia a baja escala se muestra como una alternativa razonable para áreas áridas y semiáridas. El estado de Chihuahua, en el norte de México, muestra más de la mitad de su región como un ecosistema árido o semiárido. Las metodologías contienen la captación del agua que baja a las azoteas de viviendas y construcciones para su posterior almacenamiento en depósitos, ya sea sobre el suelo, almacenes en el subsuelo (cisternas), y jardines pluviales. El agua acumulada en un depósito se podrá aprovechar por gravedad, en tanto que el agua en un tanque necesitará de bombeo (Gutiérrez, 2014).

(Sample, 2014) Establece que los sistemas de cosecha de lluvia se reciclan y se reúsan para complacer la demanda. De la misma manera, la cosecha de agua de lluvia provee un beneficio agregado.

(Bejarano, 2014) Valoró la oportunidad de utilizar un sistema de cosecha de agua pluvial y aprovechar las aguas grises en residencias unifamiliares de nivel medio, con la intención de calcular las eficiencias potenciales de ahorro de agua potable.

Las tecnologías para el uso del agua de lluvia que se han ejecutado en otros tiempos y partes del planeta. La necesidad de referir a este tipo de materiales en épocas donde cada vez solicitan del ahorro de los recursos es la motivación principal. Se estima que el desarrollo tecnológico no solo se muestra en las técnicas disponibles, sino también en la función que se le ha dado a esta técnica, que cada vez es más significativa e importantes (Hugues, 2019).

3.3.3. Sistemas de Riego por Goteo

El riego por goteo abastece agua de modo lenta y semejante a baja presión a través de mangueras de plástico instaladas dentro o junto la zona radicular de la flora. Es una opción a los sistemas de riego por carriles o canales. (Juan, 1979) Menciona que el riego por goteo es una práctica para el cuidado del agua de riego, que se está propagando de manera acelerada por todo el mundo, está percibiendo un rápido proceso de mejora. Se trata de trasladar el agua al campo mediante tuberías de plástico, de diámetro pequeño, que se sitúan a lo largo de las hileras de plantas o vegetación para entregarla de manera pausada, pero frecuente al sistema radicular, por medio de dispositivos adecuados llamados goteros o emisores.

Según (Shock, 2013), el riego por goteo logra disminuir el uso de agua. Un sistema de riego por goteo debidamente planteado pierde muy poca agua porque hay escaso escurrimiento, vaporización en superficie sucia. Con el riego por goteo hay bajo contacto del agua con el follaje, los frutos y los tallos. Por consiguiente, las circunstancias son menos propicias para la expansión de enfermedades en las plantas. Con un buen programa de riego que cubre las necesidades de las plantas, es posible aumentar el provecho y la calidad de la cosecha.

El riego por goteo es una técnica que data de los años 60's en los Estados Unidos de América, sin embargo, esta no fue difundida y empleada sino hasta los años 80's. Esta técnica demostró su efectividad en cosechas en más o mejor medida que la del riego tradicional ya que con la técnica de goteo se solicitó de menor cantidad de agua. Hay información disponible en cuanto al diseño, instalación y administración de sistemas de goteo sobre la superficie. Una cantidad significativa de información se encuentra disponible para determinar las ventajas y desventajas de este método de riego en comparación con los de otro tipo.

Ésta parece ser la alternativa ideal para bajar los costos y consumos del agua y evitar la evaporación del recurso para mejorar la eficiencia de riego en cosechas y áreas verdes (Camp, 1998).

Su uso es muy efectivo en el aprovechamiento del agua; por tal razón, se está propagando más ampliamente en cultivos de gran medida productivos y en zonas donde hay limitada disponibilidad de agua, se aprovecha con éxito en superficies arenosas, y en general, provoca más alto rendimiento, más igualdad y anticipación en más cosechas y alta calidad de los frutos (Juan, 1979).

Los sistemas de riego por goteo según (Juan, 1979), son convenientes para los campos de manera anormal o donde la topografía o estructura del suelo no es semejante. Hay que considerar estos componentes al plantear el sistema de riego. Los sistemas de riego por goteo asimismo son una buena elección en que hay altas tasas de infiltración, formación de charcos o exceso de escurrimiento en algunas partes del campo.

Es conveniente el riego por goteo si el agua es insuficiente y porque es valiosa. Con menos evaporación, infiltración, y con superior uniformidad de aplicación, no es preciso emplear un exceso de agua a algunas áreas del campo para afirmar que otras absorban suficiente agua (Shock, 2013).

Un incremento en el provecho y calidad es permitido mediante la programación específica del riego, por lo que es permitido con el sistema por goteo. Se han observado aumentos en beneficio y calidad de los cultivos (Shock, 2013).

Los suministros de agua en el mundo a causa del calentamiento global serán cada vez más insuficientes y la demanda del recurso hídrico en la agricultura se verá incrementada a causa del aumento de la población. El sistema de riego por goteo puede suministrar una manera más eficiente de utilizar el agua para riego. Para ello habrá que tomar en cuenta algunas consideraciones técnicas para su aplicación, estas incluyen el problema de descubrir como almacenar el recurso por lo que será necesario localizar un lugar físico para colocar pozos o cisternas y con ello los costos que generaran los insumos para lograrlo (Friedlander, Tal, & Lazarovitch, 2013).

En una región habitualmente de desierto, el riego por goteo surge como una opción para optimizar la producción física en parques y jardines. Este método muestra ventajas, que obtienen un carácter relevante en la zona: permite regar una mayor zona con alta eficiencia cuando el recurso del agua es insuficiente facilita el riego de suelos con mayores pendientes (Lavin, 1984)

3.4. Toma de Decisiones

La toma de decisiones puede aparecer en cualquier contexto de la vida cotidiana, el proceso, en sí, consiente en solucionar los diferentes retos a los que se debe enfrentar una persona. Cualquier toma de decisiones debería incluir un amplio conocimiento del problema que se desea solucionar.

El método que sugiere (Ponce, 2013) es que, para alcanzar mayores niveles de triunfo en la toma de decisiones valiosas y subsecuentemente mayor validez organizativa, los equipos de alta orientación deben beneficiar la razón de las leyes estratégicas, investigando y examinando información para la generación de opciones.

El objetivo principal de un ingeniero industrial es buscar la solución más práctica, en todo lugar, a un problema. Al mismo tiempo, la solución encontrada debe ir de la mano con la ética profesional, es decir, que la responsabilidad ambiental, la salud y la seguridad de las personas, sean prioridad.

Según (Flores-Xolocotzi, 2007), la planificación completa de parques y otras áreas verdes requiere de la definición de indicadores y de la elaboración y aplicación de características que las clasifique en categorías y subcategorías. Se sugiere que la clasificación sea conforme a la ciudad o debida a las características sociales, ambientales y económicas de cada urbe. Sería factible realizar inventarios precisos que comprendan al menos:

1. El proceso de un sistema de información geográfica con superficies, tipos de áreas verdes urbanas y su localización.
2. Las funciones sociales y ambientales que representa cada tipo de área verde.
3. Describir las actividades de manejo que se practican en cada área y la forma en que deben aplicarse cortas, podas, siembra de árboles.

3.4.1. Árbol de Decisión

Un árbol de decisión es una manera clara y ordenada de representar todos los eventos que logran salir a partir de una decisión tomada en un período. Componen uno de los métodos del aprendizaje inductivo controlado más utilizados, nos apoyan empleando la medida más “oportuna”, desde un

panorama probabilístico, frente a posibles decisiones. Estos árboles aprueban inspeccionar los efectos y especificar visualmente cómo corre el modelo. Una de sus principales virtudes, es la sencillez de los modelos obtenidos dado un conjunto de ejemplos de entrenamiento, se construye una partición del espacio de entrada y se asigna a cada región un determinado modelo. Luego, dado un nuevo dato, a partir de los valores de las variables de entrada se determina una región y el predictor del modelo construido le asigna un valor a la variable de salida.

Los logros observados ayudan a investigar subgrupos concretos y recomendaciones que tal vez no hallaríamos con estadísticos más usuales. Los árboles de decisión son un proceso estadístico para la división, la predicción, la limitación de información y el filtrado de variables, la identificación de interacciones y la asociación de categorías. La función árboles de decisión crea árboles de clasificación y de decisión para identificar grupos, descubrir las relaciones entre grupos y predecir eventos futuros.

Según (Trujillano, 2008) un árbol de decisión es una manera de representar la idea obtenida en el proceso de aprendizaje inductivo. Puede considerarse como la distribución resultante de la partición de dos elementos del espacio de representación a partir del conjunto de investigaciones utilizadas. Cada registro está formado por el conjunto de valores de las variables predictoras y el valor de la variable resultado que pertenece a cada caso. Esta partición se crea en una organización escalonada del área de representación que se puede crear mediante una estructura tipo árbol. Cada nodo interior contiene una pregunta sobre una variable predictora concreta y cada nodo hoja se refiere a un resultado (o clasificación).

El método de clasificación que menciona (García, 1998). Demuestra que basado en árboles de decisión, ha sido utilizado con éxito en la enseñanza automática. Los árboles de decisión reconstruyen a partir de un conjunto de modelos. La característica de un árbol construido depende de tanto la precisión de la clasificación y el tamaño del árbol. El método usa una muestra de datos llamada generalmente conjunto de ensayo para formar un árbol de decisión. Si el árbol no clasifica correctamente todos los objetos, una selección de las anomalías es agregada a los subconjuntos de ejercicio y el proceso continuo hasta que el subconjunto correcto de decisión se encuentra. La salida imprevista es un árbol en el cual cada hoja lleva un nombre de clase, y cada nodo interior especifica una propiedad con una correspondiente rama a cada posible valor de este atributo

3.4.2. Toma de Decisiones por Multi-Criterio

(Cladera, 2018) Nos menciona que la toma de decisiones para la tarea del ambiente de una localidad encabeza la investigación existente con respecto a los usos de bienes y servicios de un entorno dado, lamentablemente a pesar de que muchos bienes y servicios climáticos son considerados y usados por la sociedad, estos no se venden en tiendas o mercados y es por eso que no ofrecen información correcta para la toma de decisiones de tarea ambiental por parte de la sociedad en general.

Dado el gran número de criterios de evaluación, este trabajo propone utilizar herramientas de Toma de Decisiones para seleccionar de entre varias opciones la que mejor cumpla con las restricciones.

La Evaluación Multicriterio comprende un conjunto de técnicas que aprueban evaluar varias opciones de elección a la luz de múltiples criterios y prioridades.

El siguiente trabajo se enfoca en la aplicación de una metodología de toma de decisión para la administración de los recursos hídricos en un parque de fraccionamiento con el fin de reducir el consumo de agua potable en el riego del parque. Se requiere de encontrar la manera de cambiar el sistema de riego con agua potable por otra alternativa más viable/aceptable para los residentes de un fraccionamiento residencial donde se realizó este estudio. Aquí se evalúan, a través de herramientas de toma de decisiones, diferentes estrategias de reducción de consumo de agua potable para el riego.

La toma de decisiones puede aparecer en cualquier contexto de la vida cotidiana. El proceso, en sí, consiente en solucionar los diferentes retos a los que se debe enfrentar una persona. Cualquier toma de decisiones debería incluir un amplio conocimiento del problema que se desea solucionar.

Las alternativas, en base a la información y el conocimiento que se tenga sobre ellas, se evalúan en relación con los criterios de selección. Para lograr una efectiva toma de decisiones se debe de primero aclarar el objetivo que se quiere alcanzar, y luego tomar en cuenta las distintas alternativas, evaluando sus ventajas, limitaciones y finalmente adoptar la que se considere más apropiada para lograr el objetivo propuesto. Dado el gran número de criterios de evaluación, este trabajo propone utilizar herramientas de Toma de Decisiones para seleccionar de entre varias opciones la que mejor cumpla con las restricciones.

Para considerar simultáneamente toda la información de diversos criterios en la evaluación de los escenarios, se hace necesario el uso de algún método de decisión multicriterio que la agregue de forma conveniente y obtenga un ranking que permita ordenarlos, de una forma más razonable que la ordenación

en base solamente a su probabilidad de aparición. Se propone el uso del método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*).

A grandes rasgos, permite evaluar, utilizando términos lingüísticos, una serie de opciones en base a un conjunto de criterios, a cada uno los cuales del mismo modo se les puede dar un peso lingüístico que los pondere según su importancia. El resultado es una ordenación de las alternativas según su bondad general (Villacorta).

El método de decisión multicriterio Topis, es una técnica para ordenar preferencias por similitud a la solución ideal. Con este método es deseable que una alternativa determinada se ubique a la, Menor distancia respecto de una alternativa ideal que representa lo mejor (ideal positivo o simplemente ideal). Mayor distancia respecto de una alternativa Anti-ideal que representa lo peor (ideal negativo o anti-ideal).

La idea principal de Topsis es que la mejor solución, es la que tenga la distancia más corta a la solución ideal y la distancia más lejos a la idea anti –ideal (Izhizaka, 2013).

Es decir, este método lo que hace es definir la solución ideal como aquella que está más cerca de la solución ideal positiva y más lejos de la solución ideal negativa donde la solución ideal negativa está compuesta por todos los peores valores.

Luego en la gráfica cada observación tendrá un mejor rendimiento, cuanto más cerca este de la solución ideal positiva y más se aleje de la solución ideal negativa.

Después para determinar el grado de similitud relativa calculamos la distancia euclídea entre la solución ideal positiva y solución ideal negativa para cada observación. Finalmente calculamos la cercanía relativa a la solución ideal positiva. Cuanto más el valor de C_i se acerque a 1 pues más cerca estará de la solución ideal.

3.4.3. Matriz de Preferencias

Una matriz de preferencia es una tabla que permite calificar una o diferentes opciones de acuerdo a varios criterios, es decir que se dispone de diferentes factores a considerar.

Tabla 1. Tabla matriz de preferencia.

	<i>Costo de Instalación</i>	<i>Costo de Mantenimiento</i>	<i>Cantidad de Vegetación</i>	<i>Espacio</i>	<i>Uso de Agua Potable</i>	<i>Estética</i>
<i>Reemplazo por zacate artificial</i>	5	1	1	5	5	5
<i>Reemplazo de vegetación</i>	2	2	3	5	4	3
<i>Riego por agua tratada</i>	3	3	5	4	3	2
<i>Parque hundido</i>	3	2	3	3	2	2
<i>Riego por goteo</i>	4	3	5	4	3	4

En esta Tabla se muestra las diferentes alternativas de riego más viable/aceptable por los residentes, muestra los posibles métodos, los costos de instalación, los costos de mantenimiento, la vegetación, el espacio del parque, el espacio de estacionamiento la temperatura y otros factores.

4. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta una encuesta que se realizó con el apoyo de los habitantes del Fraccionamiento Quinta Esmeralda con el objetivo de conocer las preferencias de los residentes con respecto al riego del parque.

Es una encuesta general específica con el objetivo de conocer la percepción, hábitos de uso y satisfacción que se tiene en el parque del fraccionamiento de este estudio, por medio de un estudio recolectado en línea. El perfil de los participantes fueron usuarios del parque interesados en el tema.

La información recaudada es con fines académicos para la Toma de Decisiones Multicriterio de este trabajo.

Los cuestionarios fueron aplicados a los residentes del fraccionamiento en el cual se hizo el estudio considerando que ellos visitan estos parques. El cuestionario es anónimo y los resultados serán tratados con total confidencialidad y solo a los fines de la presente investigación. Teniendo en cuenta que todas las repuestas son válidas porque es lo que piensan.



Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
 División de Estudios de Posgrado e Investigación
 Maestría en Ingeniería Industrial

1. ¿Cómo considera que está el parque de su fraccionamiento?
2. ¿Observa usted algunos de los siguientes problemas en el parque? Marque todas las que apliquen.

Seco	Mucha Basura Inorgánica (humana)	Demasiados Árboles	Demasiado Zacate	Poco estacionamiento perimetral
Desperdicio de agua	Mucha Basura Orgánica (hojas)	Pocos Árboles	Poco Zacate	Poco espacio para reuniones
Muchos Insectos	Muchas Heces de Animales	Mucho lodo	Mal Olor	Poco espacio para Jugar (futbol)

¿Otro? Por favor menciónelo: _____

3. ¿Cuántos miembros de la familia asisten a los parques del fraccionamiento y que tan seguido?

Cantidad	Personas	Diario	Semanal	Mensual	Ocasionalmente	Casi Nunca
	Adulto mayor					

	Adulto				
	Jóvenes				
	Niños				
	Mascotas				

4. ¿Qué disfruta más del Parque? Marque por lo menos 3 opciones según su importancia siendo “1” lo que más le importa.

Opciones	Nivel	Opciones	Nivel	Opciones	Nivel
La vista		Relajación		Estacionamiento Perimetral	
Aislar ruido (silencio)		Mejora en calidad de vida		Espacio para convivir	
Clima más fresco		Aire más puro y ambiente saludable		Espacio para ejercitar	

¿Otro? Por favor menciónelo: _____ Nivel _____

5. ¿Sabía usted que los parques del fraccionamiento actualmente se riegan con agua potable?

Si

No

6. ¿Piensa que el riego de los parques con agua potable es un problema?

No _____

Si _____ ¿Por qué? Marque su importancia siendo “1” el mayor problema.

	Agotamiento del Recurso natural
	Desperdicio de Agua Potable
	Desperdicio de Dinero
	Perdida de Vegetación por ahorro de agua
	Demasiada Vegetación
	Desperdicio de Espacio

¿Otro? Por favor menciónelo: _____ Nivel _____

7. Marque con una X su mejor opción:

a) Prefiero pagar un precio alto ahora por una solución permanente	
b) Prefiero pagar poco constantemente por una solución estable	

a) Prefiero ahorrar dinero	
b) Prefiero conservar el medio ambiente	

INFORMACIÓN ADICIONAL

Actualmente hay personas en labores de mantenimiento, limpieza y jardinería, ya que el parque es un importante centro de actividades. Se desea evitar el deterioro de este buscando fomentar la participación de vecinos y trabajando de manera colaborativa.

El remplazo por zacate artificial resiste un uso intensivo y no requiere riego ni recorte, pero los espacios son menos frescos y se pierde la sombra que ofrecían los árboles.

El remplazo por vegetación endémica apropiada para un desierto consiste en paulatinamente ir quitando los árboles actuales y reemplazarlos por unos de la región que consumen menos agua, pero en general proporcionan un poco menos sombra y refresca un poco menos.

El riego por agua de línea morada consiste en utilizar el agua previamente tratada, pero no apta para consumo humano, la cual tiene menor costo, pero puede tener un poco de olor.

Un parque hundido aprovecha el agua de lluvia, reduce encharcamientos, pero no reemplaza completamente el uso de agua de riego, puede reducir el espacio de estacionamiento y reducir el espacio abierto del parque para eventos grandes (juego de fútbol). También puede en ocasiones tener olor y atraer insectos en los periodos de lluvia.

El riego por goteo consiste en instalar equipo de distribución para regar en las zonas áridas solo la vegetación deseada pues permite la utilización óptima de agua, pero el equipo puede ser costoso y requerir mantenimiento frecuente.

8. En base a la información anterior ¿cuál de las estas opciones le parece mejor?

Nivel	MÉTODOS
	Remplazo por zacate artificial
	Remplazo por vegetación endémica apropiada para un desierto
	Riego por agua tratada
	Parque hundido (Cosecha de agua de lluvia)
	Riego por goteo

¿Por qué?

a) Prefiero pagar por cada vez que use el parque	
b) Prefiero hace un solo pago al principio del mes por el uso ilimitado del parque	

a) Cuando compro un artículo pienso en el ahorro	
--	--

b) Cuando compro un artículo pienso en el costo de su mantenimiento	
---	--

9. ¿Para usted es importante medir los costos y beneficios de riego y el mantenimiento socio ambiental del parque de su fraccionamiento? **Si / No**

10. ¿Estaría dispuesto a pagar para que en el parque del fraccionamiento haya un espacio con más calidad y que tenga un buen mantenimiento? **Si / No**

Actualmente un parque es un importante centro de actividades. Se desea evitar el deterioro de este buscando fomentar la participación de vecinos y trabajando de manera colaborativa. Se llevó a cabo una encuesta con el objetivo de conocer las preferencias de los residentes con respecto al riego del parque. La encuesta se aplicó a 60 familias habitantes del Fraccionamiento Quinta Esmeralda contestando una persona por familia. Se hizo el estudio considerando las siguientes bondades y limitaciones de las distintas alternativas identificadas y propuestas.

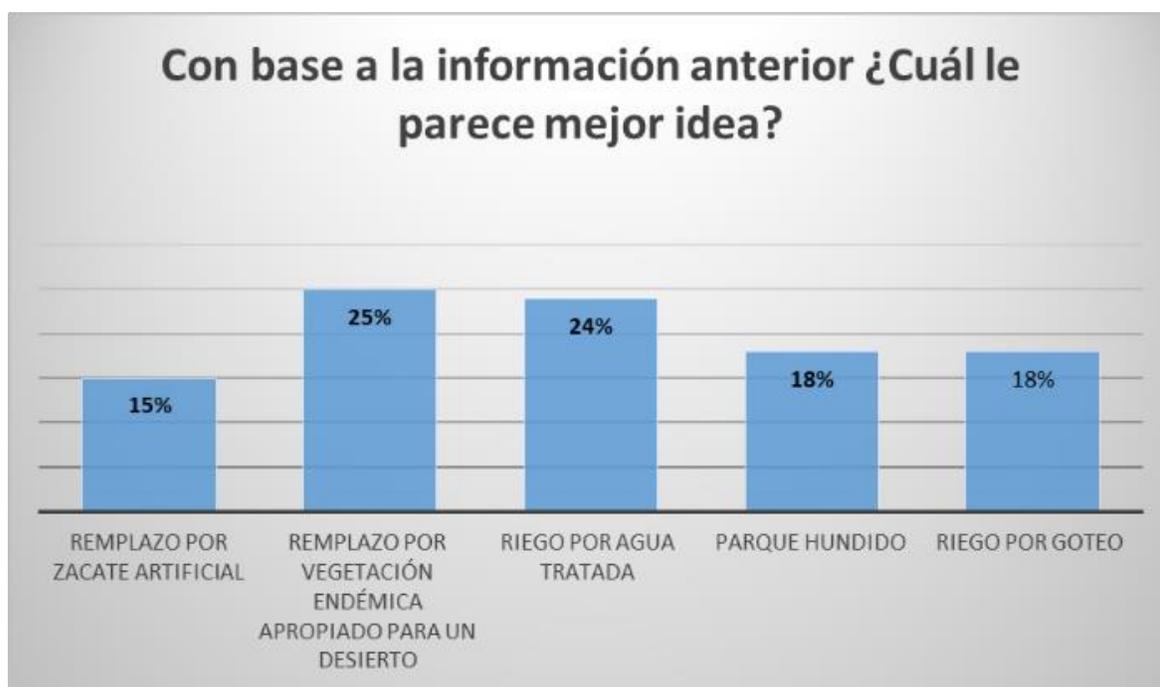


Figura 1. Gráfica de la selección de mejor alternativa correspondiente a una encuesta que contestaron los residentes del fraccionamiento.

Se les pregunto a los habitantes del fraccionamiento con base en la información arriba mencionada cual método les parece mejor, estas fueron sus repuestas: el 25 % de la población encuestada cree que el reemplazo por vegetación endémica apropiado para un desierto es la mejor opción , el 24% opina que riego

por agua tratada , el 18% de los habitantes les parece mejor opción el riego por goteo y el parque hundido (cosecha de agua de lluvia),finalmente el 15% de la población prefiere el remplazo por zacate artificial.

El método elegido para realizar este proyecto es la Toma de Decisiones Multicriterio TOPSIS. Es un método de análisis de decisión de criterios múltiples. Este método se usa con frecuencia porque su lógica es racional y entendible, el proceso es sencillo y estructurado en un algoritmo, permitiendo la búsqueda de las mejores alternativas para cada criterio con una fórmula matemática sencilla en el que en el proceso de cálculo se tienen en cuenta los valores de los pesos de cada criterio, así como si el criterio es un coste o una ganancia (Ceballos, 2013).

TOPSIS es una técnica para el ordenamiento de preferencia por similitud con la solución ideal. La idea principal de TOPSIS es que la mejor solución, es la que tenga la distancia más corta a la solución ideal y la distancia más lejos a la idea anti –ideal (Izhizaka, 2013).

Se desea seleccionar la mejor opción de riego según los habitantes del fraccionamiento residencial, Estos son los posibles métodos de riego que se exponen.

- Remplazo por zacate artificial
- Remplazo de vegetación
- Riego por agua tratada
- Parque hundido
- Riego por goteo

Para ello utilizaremos cuatro criterios (costo de instalación, costo de mantenimiento, costo de vegetación, espacio, uso de agua potable, estética). La siguiente tabla presenta los valores individuales para cada combinación de criterio/alternativa.

Utilizando el análisis del método TOPSIS se proporciona la jerarquía que permite seleccionar el mejor método de riego. Es decir, este método lo que hace es definir la solución ideal como aquella que está más cerca de la solución ideal positiva y más lejos de la solución ideal negativa donde la solución ideal negativa está compuesta por todos los peores valores.

Los pasos utilizados en el desarrollo del método TOPSIS.

Paso 0. Identificar tipo de variables y ajustar valores cuantitativos a cualitativos.

Tabla 1. Datos de la combinación de criterios.

	Costo de Instalación	Costo de Mantenimiento	Cantidad de Vegetación	Espacio del Parque	Espacio de Estacionamiento	Estética
Reemplazo por zacate artificial	Muy Caro	Muy Bajo	Perdida Completa			No es Fresco
Reemplazo de vegetación	Medio	Bajo	Reemplazo Paulatino			Menos Fresco
Riego por agua tratada	Muy Bajo	Bajo				Muy Poco Olor
Parque hundido	Caro	Muy Bajo		Poca Perdida	Poca Perdida	Olor Medio Ocasional
Riego por goteo	Medio	Medio		Muy Poca Perdida	No Afecta	Menos Fresco

Utilizando el análisis del método Topsis se proporciona la jerarquía que permite seleccionar el mejor método de riego.

Identificamos los tipos de variables y ajustamos los valores cuantitativos a cualitativos. Primeramente es preciso convertir los términos lingüísticos a valores numéricos, la escala a utilizar es:

Altamente desacuerdo	=1
En desacuerdo	=2
Regular	=3
De Acuerdo	=4
Totalmente de acuerdo	=5

Tabla 2. Datos de valores cuantitativos a cualitativos.

CRITERIO	Costo de Instalación	Costo de Mantenimiento	Cantidad de Vegetación	Espacio	Uso de agua potable	Estética
1	5	1	1	5	5	5
2	2	2	3	5	4	3
3	3	3	5	4	3	2
4	3	2	3	3	2	2
5	4	3	5	4	3	4

Paso 1. Obtener la matriz de decisión normalizada, mediante

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i^n = 1 x_{ij}^2}}$$

Ec. (1)

Tabla 3. Datos de los valores normalizados de decisión final

Wj						
CRITERIO	Costo de Instalación	Costo de Mantenimiento	Cantidad de Vegetación	Espacio	Uso de agua potable	Estetica
1	0.62994079	0.19245009	0.12038585	0.52414242	0.62994079	0.65653216
2	0.25197632	0.38490018	0.36115756	0.52414242	0.50395263	0.3939193
3	0.37796447	0.57735027	0.60192927	0.41931393	0.37796447	0.26261287
4	0.37796447	0.38490018	0.36115756	0.31448545	0.25197632	0.26261287
5	0.50395263	0.57735027	0.60192927	0.41931393	0.37796447	0.52522573

Paso 2. Obtener la matriz de decisión normalizada y ponderada, mediante:

$(w_j) (\bar{x}_{ij})$

Tabla 4. Datos de los valores normalizados y ponderado

Wj						
CRITERIO	Costo de Instalación	Costo de Mantenimiento	Cantidad de Vegetación	Espacio	Uso de agua potable	Estetica
1	0.10331029	0.03652703	0.01684198	0.09329735	0.11427126	0.09637892
2	0.04132412	0.07305405	0.05052594	0.09329735	0.09141701	0.05782735
3	0.06198617	0.10958108	0.0842099	0.07463788	0.06856276	0.03855157
4	0.06198617	0.07305405	0.05052594	0.05597841	0.0457085	0.03855157
5	0.08264823	0.10958108	0.0842099	0.07463788	0.06856276	0.07710314

Esto consiste en dividir el valor inicial de cada criterio entre la suma de cada columna. Cada observación tendrá un mejor rendimiento, cuanto más cerca este de la solución ideal positiva y más se aleje de la solución ideal negativa.

Ponderación: En la encuesta realizada a los habitantes se hicieron preguntas y se asociaron con cada criterio, se agruparon cada pregunta a cada criterio (las respuestas tenían una distribución semejante). Muy de acuerdo vale 5 multiplicados por todos los que estaban muy de acuerdo. Muy en desacuerdo vale 1 por todas las personas que no contestaron. Se hizo un promedio por cada agrupación de preguntas semejantes que miden el mismo criterio, (eso por cada criterio) por último los resultados de todos se convirtieron en porcentaje.

Paso 3. Calcular los valores ideales utilizando v_j^+ para el mejor y v_j^- para el peor, esto para cada uno de los criterios.

Para criterios directos:

Mejor valor = **Max** (x_{ij})

Peor valor = **Min** (x_{ij})

Para criterios inversos:

Mejor valor = **Min** (x_{ij})

Peor valor = **Max** (x_{ij})

Tabla 5. Datos de los valores ideales.

	INVERSO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO
CRITERIO	Apariencia	Agua	Vegetación	Función
1	0.06044847	0.21594431	0.08370053	0.084523355
2	0.2176145	0.17668171	0.17856113	0.23069904
3	0.0513812	0.02650226	0.04017625	0.050714013
4	0.06246342	0.02944695	0.09374459	0.049719621
5	0.00604485	0.00687096	0.01227608	0.002983177

0.00604485	0.00604485	0.21594431	0.17856113	0.23069904
0.2176145	0.2176145	0.00687096	0.01227608	0.002983177

Paso 4. Calcular la distancia euclidiana de cada alternativa con respecto a los valores $v_j^+ + v_j^-$ obtenidos previamente, utilizados.

$$S_i^+ = \left(\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^+) \right)^{1/2} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$S_i^- = \left(\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2 \right)^{1/2} \quad \text{Ec. (3)}$$

Tabla 6. Datos de los valores ideales.

	INVERSO	DIRECTO	DIRECTO	DIRECTO		
CRITERIO	Apariencia	Agua	Vegetación	Función		
1	0.06044847	0.21594431	0.08370053	0.084523355	0.23466364	0.24170576
2	0.2176145	0.17668171	0.17856113	0.23069904	0.0392626	0.39128333
3	0.0513812	0.02650226	0.04017625	0.050714013	0.33921495	0.07414463
4	0.06246342	0.02944695	0.09374459	0.049719621	0.3143255	0.11186664
5	0.00604485	0.00687096	0.01227608	0.002983177	0.40985195	7.2048E-18

0.2176145	0.21594431	0.17856113	0.23069904
0.00604485	0.00687096	0.01227608	0.002983177

Para determinar el grado de similitud relativa calculamos la distancia euclidiana entre la solución ideal positiva y solución ideal negativa para cada observación

Paso 5. Calcular el puntaje de desempeño, mediante:

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad \text{Ec. (4)}$$

Tabla 6.. Resultados obtenidos del método TOPSIS.

S_i^+	S_i^-	$S_i^+ + S_i^-$	P_i	JERARQUIZAR
0.09154629	0.1215502	0.21309649	0.57039984	2
0.06691318	0.10081986	0.16773304	0.60107337	1
0.10744888	0.08436002	0.19180889	0.43981285	4
0.11105544	0.06462597	0.17568141	0.36785888	5
0.09926518	0.08556912	0.1848343	0.46295042	3

Se calculó la distancia euclidiana de cada alternativa con respecto a los valores v_j^+ y v_j^- obtenidos previamente Donde S_i^+ y S_i^- representan la distancia euclidiana de cada alternativa con respecto a los valores v_j^+ y v_j^- y $\frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$ representa el score de desempeño.

Paso 6. Obtener la jerarquía de las alternativas en base al valor P_i obtenido previamente.

Finalmente calculamos la cercanía relativa a la solución ideal positiva. Cuanto más el valor de P_i se acerque a 1 pues más cerca estará de la solución ideal.

Por tanto, la mejor alternativa de decisión obtenida por el método TOPSIS, considerando los criterios: es importante la apariencia del parque, es fundamental que ya no se riegue con agua potable, vegetación, es bueno el funcionamiento del parque consiste en seleccionar la alternativa con mayor jerarquía.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de que el trabajo que se presenta sea de utilidad en otros lugares, a continuación, se describe la manera y materiales utilizado en el análisis y elección de métodos de riego, alternativas para administrar de una manera óptima la utilización del agua para riego en parques y jardines urbanos sustituyendo la de tipo potable, esto es debido a los escasos del recurso hídrico, sobre todo en esta zona donde las temperaturas son muy altas.

Se tomó como elemento de prueba uno de los 3 parques del fraccionamiento habitacional Quinta Esmeralda de Ciudad Juárez, Chih. de un área de 883.68mts² donde la vegetación está conformada de césped tipo San Agustín, un sauce de aproximadamente 6mts. de alto, 2 álamos de la misma altura al del sauce, 10 pinos de una altura aproximada de 1 mt. y varias flores entre geranios y dormilonas.

El método elegido para realizar este proyecto es el de la Toma de Decisiones. Esta una herramienta estadística o técnica la cual es utilizada para seleccionar la mejor manera de hacer cualquier trabajo. Nos ayuda a tomar la mejor decisión restando las alternativas que no se utilizarán. Tomar decisiones requiere de un procesamiento emocional adecuado que marque las opciones físicas y permita disminuir la incertidumbre.

SurveyMonkey es una plataforma que te permite recopilar opiniones y transfórmalas en datos impulsados por personas. Crea fácilmente encuestas y votaciones para cualquier público. Recopila retroalimentación a través de un enlace web, por correo electrónico, chat móvil, redes sociales y mucho más. Obtienes funciones para analizar de forma automática tus resultados. Te ayuda a aprovechar tus percepciones para tomar mejores decisiones basadas en datos.

También se contó con el software de Excel donde se realizó el análisis multicriterio del método TOPSIS.

Topsis es la técnica para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal, es un método de análisis de decisión de criterios múltiples. Los métodos de decisión multicriterio constituyen una herramienta básica para la toma de decisiones en el mundo. Este método se usa con frecuencia porque su lógica es racional y entendible, el proceso es sencillo y estructurado en un algoritmo, permitiendo la búsqueda de las mejores alternativas para cada criterio con una fórmula matemática sencilla en el que en el proceso de cálculo se tienen en cuenta los valores de los pesos de cada criterio, así como si el criterio es un coste o una ganancia (Ceballos, 2013).

En relación con la encuesta que se llevó a cabo en la plataforma de SurveyMonkey con los habitantes del fraccionamiento.

6. RESULTADOS

El método de Toma de Decisión Multicriterio TOPSIS, es una técnica para ordenar preferencias por similitud a la solución ideal. Con este método es deseable que una alternativa determinada se ubique a la: Menor distancia respecto de una alternativa ideal que representa lo mejor (ideal positivo o simplemente ideal); Mayor distancia respecto de una alternativa Anti-ideal que representa lo peor (ideal negativo o anti-ideal).

En el análisis comparativo como herramienta para la toma de decisiones, la tabla 2 muestra los resultados obtenidos en TOPSIS.

Los resultados analizados sugieren que. Con base a información adicional (encuestas realizadas a los residentes) se realizaron preguntas en función a lo que se menciona en la investigación conforme a la mejor opción de riego para los habitantes de este fraccionamiento. El método de TOPSIS es empleado porque su lógica es racional y comprensible, el proceso es simple y estructurado en un algoritmo, permitiendo la

búsqueda de las mejores alternativas para cada criterio con una fórmula matemática sencilla en el que en el proceso de cálculo se tienen en cuenta los valores de los pesos de cada criterio, así como si el criterio es un costo o una ganancia.

En este método el orden de las opciones cambia cuando una alternativa es añadida o eliminada del problema de decisión.

En algunos casos, podría llegar a darse el orden inverso, donde el orden de las preferencias es invertido totalmente, es decir, que la alternativa que se consideraba la mejor, con la inclusión o la eliminación de alguna alternativa, se convierte en la peor.

Los motivos principales del orden inverso en TOPSIS son debidas al cálculo de la norma y a la elección de la solución ideal positiva y la solución ideal negativa.

Las encuestas fueron realizadas con el fin de generar una toma de decisión para la administración de los recursos hídricos. Utilizado en el análisis y elección de métodos de riego, alternativas para administrar de una manera óptima la utilización del agua para riego en parques y jardines urbanos sustituyendo la de tipo potable, esto es debido a los escasos del recurso hídrico, sobre todo en esta zona donde las temperaturas son muy altas.

Considerando que es un recurso hídrico natural no renovable con tendencia a el agotamiento, los residentes del fraccionamiento no tenían conocimiento del tipo de riego aplicado a las áreas verdes del mismo.

Las encuestas fueron realizadas con el fin de generar una toma de decisión para la administración de los recursos hídricos de las áreas verdes.

7. CONCLUSIONES

En el análisis efectuado de la metodología TOPSIS con base en las encuestas y mediante el estudio de frente al escenario actual que comprende aspectos relacionados con el cambio climático, el aumento de la población, la escasez de agua en calidad y cantidades necesarias para reemplazar varias necesidades resulta tarea importante aprovechar eficientemente los recursos con tecnologías alternativas que sean de bajo costo y fáciles de implementar.

Se utilizó la información verdaderamente significativa y los resultados de las encuestas fueron realizados por personas sin compromiso a la causa.

Ciertamente, no fue posible entrevistar a cada uno de los residentes del fraccionamiento, solo una persona por familia respondió la encuesta.

Existen beneficios ambientales, que siempre van a ser oportunos optar por métodos de abastecimiento de agua y evitar que se siga regando con agua potable.

Como resultado de método Topsis nos demuestra que la mejor opción para los residentes del fraccionamiento Quinta Esmeralda de esta ciudad es la de remplazo de vegetación señalando que es la propuesta de menor costo paulatino y si reduce el consumo de agua sin tanta perdida de clima y estética. Lo ideal sería que desde el principio se construya un parque hundido con las banquetas/entradas necesarias, usando arboles endémicos y luego hacer pedido de agua tratada solo en el verano que directamente se vacíen en el parque hundido.

Frente al escenario actual que comprende aspectos relacionados con el cambio climático, el aumento de la población, la escasez de agua en calidad y cantidades necesarias para reemplazar varias necesidades, resulta tarea importante aprovechar eficientemente los recursos hídricos con tecnologías alternativas que sean de bajo costo y fáciles de implementar.

REFERENCIAS

- Alonso, N. M. (2011). Huertos urbanos en tres ciudades europeas: Londres, Berlín, Madrid.
- Anton Huber, J. (2004). Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *SCIELO*.
- Arcila, H. R. (2015). Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua . *Facultada de Ciencias Basicas* .
- Argañaraz, J. P. (2010). Contribución de las áreas verdes urbanas a la regulación del balance de agua en Santiago del Estero, Argentina.
- Bertonatti, C. (2015). LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA DE LAS CIUDADES Y SU IMPORTANCIA CULTURAL Y AMBIENTAL.
- Carrascal, N. (2004). Representacion Social del Agua y de sus Usos . *Universidad del Norte* .
- Casadevall, M. P. (2016). Manejo del agua con el uso de cero energía . *Ingenieria Agricola*.
- Escalante, V. (2003). EL REUSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN MEXICO. *Tecnologia del Agua* .
- Falcon, A. (2008). Espacios verdes para una ciudad sostenible . *Materia Verda* .
- Fernández, M. D. (2012). USO DEL AGUA DE RIEGO EN LOS CULTIVOS EN INVERNADERO . *CUADERNOS DE ESTUDIOS AGROALIMENTARIOS* , 115-138.
- Flores, R. (2012). Incorporando desarrollo sustentable y gobernanza a la gestión y planificación de áreas verdes urbanas. *Frontera Norte*.
- Ghisi, E. (2005). potential for potable water savings by using rainwater : An analysis over 62 cities in southern Brazil. *ELSEVIER*, 204-210.
- Godoy y Avila, C. (2015). USO DE AGUA, PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y RELACIONES HÍDRICAS EN ALFALFA CON RIEGO POR GOTEO SUBSUPERFICIAL. *Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.
- J. Sample, D. (2014). optimizing rainwater harvesting systems for the dual purpose of water supply and runoff capture. *ELSEVIER*.
- Juan, J. A. (1979). *Riego por goteo*. Costa Rica : Campinas Sao Paulo Brasil .
- Lipinski, V. M. (2002). EFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA cv. COBRIZA INTA CON RIEGO POR GOTEO. *Scielo*.
- Martinez, E. H. (1998). Incidencia del entorno ambiental en la legislación urbanística española del siglo XX. *Dialnet* , 67-81.

- Mujeriego, R. (1990). Riego con Agua residual Municipal Regenerada.
- Ortas, S. R. (2013). *Planificación y Gestión Integral de Parques y Jardines*. Mundi-Prensa .
- Pérez, P.-E. S. (2008). Monitorización de la calidad del agua tratada «on line» y del líquido de diálisis. *Nefrología* , 475-573.
- Pujol, D. S. (2003). Modelos Urbanos y Consumo de Agua . 5-17.
- Rahman, A. (2012). Rainwater harvesting in greater sydney : water savings, reliability and economic benefits. *ELSEVIER*, 16-21.
- Rahman, A. (2012). Rainwater Harvesting in Greater Sydney :Water savings reliability and economic benefits . *Elsevier* , 16-21.
- Ramon, V. L. (2013). Infraestructura Sustentable :Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales .
- Ruiz, Á. A. (2015). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento. *Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 56.
- Vanoye, P. A. (2016). Uso de agua gris y Agua Pluvial en desarrollos urbanos de alto poder adquisitivo en mexico . Barcelona .
- Xolocotzi, R. F. (2010). Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.