



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
INSTITUTO DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTE
MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO URBANO

Metodología para implementación de estrategias de mitigación de inundaciones
empleando infraestructura verde en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Que presenta:

Carlos del Rosal Caraveo

Directora de tesis:

Dra. Marisol Rodríguez Sosa

Co-Directora de tesis:

Dra. Ana Córdova y Vázquez

Cd. Juárez, Chihuahua., a 23 de octubre de 2020

Tabla de contenido

CAPITULO I: Introducción	1
1.1 Caracterización del medio y sus riesgos hidrológicos	1
1.2 Efectos de la implementación de los sistemas de acequias y el Tratado de 1906	5
1.3 La planificación urbana en Ciudad Juárez y sus efectos	9
CAPITULO II: Problema de Investigación	20
2.1 Pregunta de investigación	20
2.2 Objetivos de la investigación	20
2.2.1 Objetivo general	20
2.2.2 Objetivos particulares	20
2.3 Hipótesis de investigación	21
2.4 Justificación	21
CAPITULO III: Marco Teórico	26
3.1 Introducción al capítulo.	26
3.2 De la sostenibilidad económica a la sustentabilidad ecológica.	26
3.3 La planificación verde.	33
3.3.1 El enfoque de la Unión Europea sobre la planificación verde.	34
3.4 Las consecuencias de la urbanización en la hidrología urbana.	38
3.5 La infraestructura verde como eje de respuesta al cambio climático. .	42
CAPITULO IV: Metodología	49
4.1 Metodología general	49
4.2 Medición de efectividad de la infraestructura verde	51
4.3 Usos dentro del espacio de infraestructura verde	53

4.4. Propuesta de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.....	54
4.5 Casos de estudio	59
CAPITULO V: Resultados y Conclusiones	68
5.1 Medición de la efectividad de la infraestructura verde.....	68
5.1.1 Conclusión de la medición de la efectividad de la infraestructura verde.....	73
5.2 Análisis de usos del espacio de infraestructura verde que influyen en el funcionamiento.....	76
5.2.1 Conclusiones del análisis de usos del espacio de infraestructura verde. 83	
5.3 Metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	85
5.3.1. Conclusiones de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	96
5.4. Conclusión general y reflexiones	103
Referencias	107
ANEXOS	111
ANEXO I.....	111
FICHAS.....	111

Índice de tablas

Tabla 1. Precipitación media mensual Ciudad Juárez, Chihuahua (mm), Años de 1957 a 2008.	2
Tabla 2: Arroyos del centro de población	3
Tabla 3. Cuencas y arroyos que inciden en la mancha urbana	3
Tabla 4 Sistema municipal de Planeación Urbana.	12
Tabla 5 Áreas de captación Microcuenca Arroyo Las Víboras	18
Tabla 6 Evento registrado en tromba del 2016	23
Tabla 7. Beneficios de utilizar elementos de infraestructura verde	25
Tabla 8: Principales aportaciones del verde y la biodiversidad	36
Tabla 9 Relación de los efectos hidrológicos asociados con la urbanización	40
Tabla 10 Periodos de retorno (años) de la tormentas de diseño en los sistemas de drenaje urbano Fuente: Campos Aranda, 2010	42
Tabla 11 Objetivos particulares, específicos y metodológicos	50
Tabla 12: Selección de sitio para medición de la efectividad de la infraestructura verde	62
Tabla13: Selección de sitio para aplicación de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	66
Tabla 14: Clasificación de suelos hidrológicos del USDA	89

Índice de figuras

Figura 1. Plano más antiguo conocido de la región Paso del Norte elaborado por José de Urrutia	6
Figura 2. Partidos agrícolas en el Valle de Juárez, a principios del Siglo XX..	8
Figura 3 Hidrología superficial en zona Norponiente de Ciudad Juárez	9
Figura 4 Microcuencas de la Cuenca “Centro”	13
Figura 5 Modelo Digital de Elevaciones de Microcuencas Mariano Escobedo	14
Figura 6 Triangulación irregular del terreno de la cuenca de acequias.	14
Figura 7 Planicies de inundación zona centro.....	15
Figura 8 Hidrograma de tormenta calculado con base en los datos de precipitación registrados en estaciones meteorológicas.....	17
Figura 9 Foto de inundación en Paso desnivel Avenida Insurgentes	22
Figura 10. Estrategia de resiliencia, Eje 4, Juárez Adaptada.....	23
Figura 11: Configuración del espacio verde en Barcelona.....	35
Figura 12: Metabolismo del sistema urbano.....	35
Figura 13: Servicios eco sistémicos otorgados por la planificación ecológica	37
Figura 14 Ilustración esquemática del ciclo hidrológico urbano.....	38
Figura 15 Plano de proyecto de Central Park, Nueva York por Frederick Law Olmsted	43
Figura 16 Plano de proyecto de Boston Emerald Necklace, Boston por Frederick Law Olmsted	44
Figura 17: Ubicación de parque “Solares”	60
Figura 18 Ubicación de camellón Avenida San Bernardo	61

Figura 19 Ubicación de pozo de infiltración Fraccionamiento Canto de Murano	61
Figura 20: Ubicación de camellón Calle Parral	62
Figura 21: Ubicación de paso a desnivel avenida Insurgentes	64
Figura 22: Ubicación de paso a desnivel avenida 16 de septiembre	64
Figura 23: Ubicación de paso a desnivel puente internacional Santa Fe	65
Figura 24: Ubicación de plaza Misión de Guadalupe	66
Figura 25: Ficha de medición de efectividad de la infraestructura verde correspondiente al evento pluvial del 29 de agosto de 2019	68
Figura 26: Ficha de memoria fotográfica de medición de efectividad de la infraestructura verde correspondiente al evento pluvial del 29 de agosto de 2019	69
Figura 27: Gráfica de intensidad de lluvia	70
Figura 28: Gráfica de presencia de agua en la vialidad después del evento pluvial	71
Figura 29: Gráfica de presencia de agua superficial en cuencas de captación	71
Figura 30: Gráfica de presencia de basura	72
Figura 31: Gráfica de presencia de sedimentos	73
Figura 32 Actualización de ficha de medición de efectividad de la infraestructura verde	75
Figura 33 Actualización de ubicación de fotografías de ficha de medición de efectividad de la infraestructura verde	75
Figura 34: Ficha de observación del espacio infraestructura verde correspondiente al 7 de febrero de 2020	77
Figura 35: Gráfica de actividades dentro del espacio de infraestructura verde	78

Figura 36: Gráfica de puntos focales de actividad dentro del espacio de infraestructura verde.	79
Figura 37: Ubicación de puntos focales de actividad dentro del espacio de infraestructura verde.	80
Figura 38: Gráfica de recorridos dentro del espacio de infraestructura verde.	80
Figura 39: Sendas utilizadas dentro del espacio de infraestructura verde....	81
Figura 40: Gráfica de sendas utilizadas dentro del espacio de infraestructura verde.....	82
Figura 41: Gráfica de tiempo promedio en minutos de permanencia dentro del espacio de infraestructura verde.	83
Figura 42: Datos recolectados en la sección de “ubicación” en bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	86
Figura 43: Datos recolectados en la sección de “hidrología urbana” de bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	87
Figura 44: Datos recolectados en el sección de “forma de sección vial” de bitácora de campo de metodología para medir potencial de implementación de infraestructura verde	88
Figura 45: Ficha de “grupos de suelos hidrológicos” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.....	90
Figura 46: Datos recolectados de “vegetación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.....	91
Figura 47: Datos recolectados de “fuentes de contaminación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	92

Figura 48: Datos recolectados de “usos de suelo y sociales” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	93
Figura 49: Gráfico ilustrativo de Jardín de Microcuencas	94
Figura 50: Gráfico ilustrativo de Jardín de Lluvia	94
Figura 51: Gráfico ilustrativo de Pozo de infiltración con muros de mampostería	95
Figura 52: Gráfico ilustrativo de cisterna sistema seco	95
Figura 53: Actualización de la sección 1 “ubicación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.....	97
Figura 54: Actualización de la sección 2 “hidrología urbana” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	98
Figura 55: Actualización de la sección 3 “forma de la sección vial” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	99
Figura 56: Actualización de la sección 4 “grupo de suelos hidrológicos” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	100
Figura 57: Actualización de la sección 5 “vegetación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.....	101
Figura 58: Actualización de la sección 6 “fuentes de contaminación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	101
Figura 59: Sección 8 “percepción y mantenimiento” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.....	102

CAPITULO I: Introducción

1.1 Caracterización del medio y sus riesgos hidrológicos

Al pensar en una zona urbana como Ciudad Juárez, con una naturaleza climática desértica, la cuestión de las precipitaciones pluviales, en primera instancia, podría no ser considerada como una problemática primordial en las agendas de los planificadores de la ciudad.

Como lo plantea Granados: “Se tiene la equivocada percepción de que en las regiones desérticas “nunca llueve” (Flores, 2013, pág. 450). Sin embargo, el historial de datos hidro-meteorológicos demuestra precipitaciones por encima de las medias normales con picos de intensidad extremos (Flores, 2013).

La principal característica de las precipitaciones que se presentan en Ciudad Juárez se distinguen por ser puntuales, de corta duración y gran intensidad, incrementando los riesgos de los impactos y provocando que la principales metrópolis de la región, como lo son El Paso, Las Cruces y Ciudad Juárez estén en peligro latente (Flores, 2013).

Los eventos extraordinarios climáticos, como las lluvias torrenciales que afligieron a Ciudad Juárez en el año 2006, mostraron que un plan integral en la gestión, conducción, captación y contingencia de fenómenos de esta naturaleza no solo es una necesidad sino también una estrategia viable para hacer frente a los inevitables cambios de patrones climatológicos mundiales ocasionados por el cambio climático.

Dichos cambios de patrones climatológicos han afectado directamente al como entendemos la dinámica de los eventos hidro-meteorológicos, cambiando de manera radical los patrones antes observados típicos de una época del año y aún más importante en su frecuencia e intensidad.

Lo que antes eran eventos cíclicos de 10, 50 y 100 años han cambiado su frecuencia y su escala, vulnerando los ya frágiles sistemas de respuesta de la ciudad y poniendo en riesgo a las estructuras físicas, sociales, económicas y ambientales de la misma.

De acuerdo al medio natural en el que se establece Ciudad Juárez, la urbe se encuentra flanqueada al poniente por la Sierra de Juárez y al oriente por una zona de pendientes muy bajas con orientación que responde a la pendiente natural del cauce del Rio Bravo (IMIP, 2016a, pág. 48).

El promedio anual de precipitación para Juárez, es de 238.5 mm, esto según datos proporcionados por el servicio meteorológico nacional (IMIP, 2009), de 1957- 2008, la precipitación máxima es de 619.55 mm y la mínima 100.83 mm. “De acuerdo a la estación de la Comisión Nacional del Agua, desde 2005 a 2010, el promedio anual de precipitación es de 154 mm, los meses más lluviosos son julio, agosto y septiembre, destacando agosto 2006 con una precipitación de 166 mm” (IMIP, 2016a, pág. 52). Como se puede observar en la tabla 1, en las mediciones históricas desde 1957 hasta 2008, las diferencias entre el máximo y el promedio de precipitación anual son del doble, y en casos mensuales particulares el incremento ha llegado a ser hasta 11 veces más de lo que la ciudad usualmente recibe.

TABLA 1. Precipitación media mensual Ciudad Juárez, Chihuahua (mm)													
PRECIPITACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMO	78,8	56	82,4	54,9	109,7	101	210	166	194	110,5	54	125,4	463,5
PROMEDIO	12,5	12,1	7,8	7,3	9,5	18,9	40,8	43,2	35,6	23,7	11,5	16,6	238,5
MINIMO	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	94

Tabla 1. Precipitación media mensual Ciudad Juárez, Chihuahua (mm), Años de 1957 a 2008. Fuente: IMIP, 2009

Según el Atlas de Riesgos Naturales y Atlas de Riesgos Antropogénicos para el municipio de Juárez: “Respecto a los escurrimientos pluviales, se tiene un registro

de 121 arroyos dentro del límite del centro de población, 57 de ellos con influencia importante sobre la zona urbana” (IMIP, 2016a, pág. 48).

TABLA 2 Arroyos del Centro de Población				
Fuera de la Mancha Urbana		Dentro de la Mancha Urbana		Total
Cuenca Oasis	29	Cuenca Anapra	13	
Cuenca Samalayuca	8	Cuenca Centro	10	
Cuenca Laguna	16	Cuenca Jarudo	5	
Cuenca El Valle	5	Cuenca Aeropuerto	15	
Cuenca Las Cuatas	3	Cuenca Sauzal	6	
Cuenca El Charco	3	Cuenca El Barreal	3	
		Cuenca El Valle	3	
		Cuenca Entronque	2	
Arroyos fuera de la mancha urbana	64	Arroyos en la mancha urbana	57	

Tabla 2: Arroyos del centro de población

Fuente: (IMIP, 2016a)

De las corrientes intermitentes que se tienen como de mayor importancia por caudales que reciben, transitan y atraviesan la ciudad destacan: en la cuenca Centro; el Arroyo del Indio que fue causa de desastre en el año 2006, así como también el arroyo Mariano Escobedo el cual genera graves problemas en el sector de la Av. Insurgentes y Libertad (IMIP, 2016a, pág. 48).

Cuenclas y Arroyos que Inciden en la Mancha Urbana							
	Arroyo		Arroyo		Arroyo	Arroyo	
C. VALLE (271.41 km ²)	1. Ladrillera (1.47 km ²)	C. VALLE (271.41 km ²)	17. Mariano Escobedo (2.18 km ²)	C. VALLE (271.41 km ²)	30. Libertad (4.14 km ²)	C. VALLE (271.41 km ²)	43. Lomas del Rey (6.13 km ²)
	2. El Tapo (17.47 km ²)		18. Monterrey (1.43 km ²)		31. Revolución (7.52 km ²)		44. Aeropuerto (6.62 km ²)
	3. El Mimbres (22.15 km ²)		19. Panteón (4.16 km ²)		32. Cementera (10.62 km ²)		45. Morelia (3.10 km ²)
	4. De las Viboras (42.87 km ²)		20. Tepeyac (5.18 km ²)		33. Ejercito Mexicano (6.94 km ²)		46. Tapioca (11.82 km ²)
	5. Jarero (2.37 km ²)		21. San Antonio (4.47 km ²)		34. Jarudo (54.53 km ²)		47. Arcadas (1.81 km ²)
	6. Francisco Villa (1.34 km ²)		22. Mercado Ornelas (2.75 km ²)				48. Salvarcar (4.90 km ²)
	7. Matamoros (0.69 km ²)		23. Carlos Amaya (0.41 km ²)		35. Aguilas de Zaragoza*		49. Camino a la Rosita (0.54 km ²)
	8. Constitucional **		24. Indio (14.15 km ²)		36. Dunquerque *		50. Tabasco (0.61 km ²)
	9. Aldama (0.725 km ²)		25. CBTIS (2.62 km ²)		37. Valencia *		51. Morelos I (1.80 km ²)
	10. Zacatecas (0.36 km ²)		26. P. Industrial Juárez **		38. Javier Mina		52. Morelos (4.01 km ²)
	11. Colorado (59.11 km ²)				39. Cedrón		53. Insurgentes (0.49 km ²)
	12. Tiradores (1.91 km ²)				40. Tena		54. Zaragoza (5.71 km ²)
	13. Cuervo (1.35 km ²)						55. Papalote (1.79 km ²)
			56. Independencia (2.00 km ²)				
			57. Patria (3.16 km ²)				

* Área de arroyo por definir. ** Área sin definición

Tabla 3. Cuenclas y arroyos que inciden en la mancha urbana

Fuente: IMIP, 2016a

Aun cuando se encuentran regularmente secos, en la época de verano, temporada caracterizada por vientos estacionales conocidos como monzones, los cuales traen con ellos importantes precipitaciones pluviales sobre todo en la Sierra de Juárez (IMIP, 2016a), los arroyos se convierten en caudales conductores de un alto volumen de agua a velocidades sumamente rápidas; esto ayudado por la topografía irregular y las fuertes pendientes.

Los arroyos corren en dirección de su confluencia original, el Río Bravo, el cual su origen al sur en las Montañas San Juan en el estado de Colorado de los Estados Unidos de Norteamérica, siendo parte de un sistema de aproximadamente 3,030 kilómetros y el principal afluente del Distrito de Riego del Valle de Juárez (IMIP, 2016a). Las aguas captadas en la sierra generan corrientes que bajan acumulándose rápidamente, y que aunque son detenidas temporalmente por las estructuras de regulación en las faldas de la sierra, un sistema conformado por 30 diques o pequeñas presas de regulación, su curso final es integrarse al flujo del río (IMIP, 2016a, pág. 8).

A esto se le suma la un par de problemáticas del bloqueo de dichos arroyos, la primera por la implementación del sistema de acequias dentro de la ciudad, que por su condición operacional, que se encuentran por arriba del nivel del terreno natural, han transformado los cursos naturales de los arroyos.

Y la segunda, y gracias a que la zona se encuentra casi completamente urbanizada, las zonas permeables han sido reducidas a cerca de un 13% de espacio para captación (Flores, 2013, pág. 460).

1.2 Efectos de la implementación de los sistemas de acequias y el Tratado de 1906

Con las expediciones de los primeros colonizadores hacia el Nuevo México, en 1598, se considera posible su cruce por esta zona y el nombramiento de “El Paso del Rio del Norte” a la región, lugar estratégico en la ruta del Camino Real de Tierra adentro, desde la Ciudad de México hasta Santa Fe. (Martínez Lazo, 1998, pág. 20) Sin embargo no fue hasta el 8 de diciembre de 1659 que el sacerdote franciscano Fray García de San Francisco fundó un pueblo de indios con el nombre de *Misión de Nuestra Señora de Guadalupe de los Indios Mansos del Paso del Norte*, escogiendo este lugar con las miras de desarrollar en base a la agricultura, esto apoyado del potencial de irrigación que ofrecía el caudaloso Rio del Norte (Martínez Lazo, 1998).

Se estima que entre 1662 y 1668 Fray García de San Francisco y los nativos indios mansos fueron los primeros en ver las corrientes del río domesticadas a través de las acequias. En el año de 1765 el rey Carlos III envió a José de Gálvez como Visitador General a la Nueva España, dentro de su séquito se encontraba el cartógrafo real José de Urrutia, al cual se le debe la realización del plano más antiguo conocido de la región (Martínez Lazo, 1998, pág. 21).

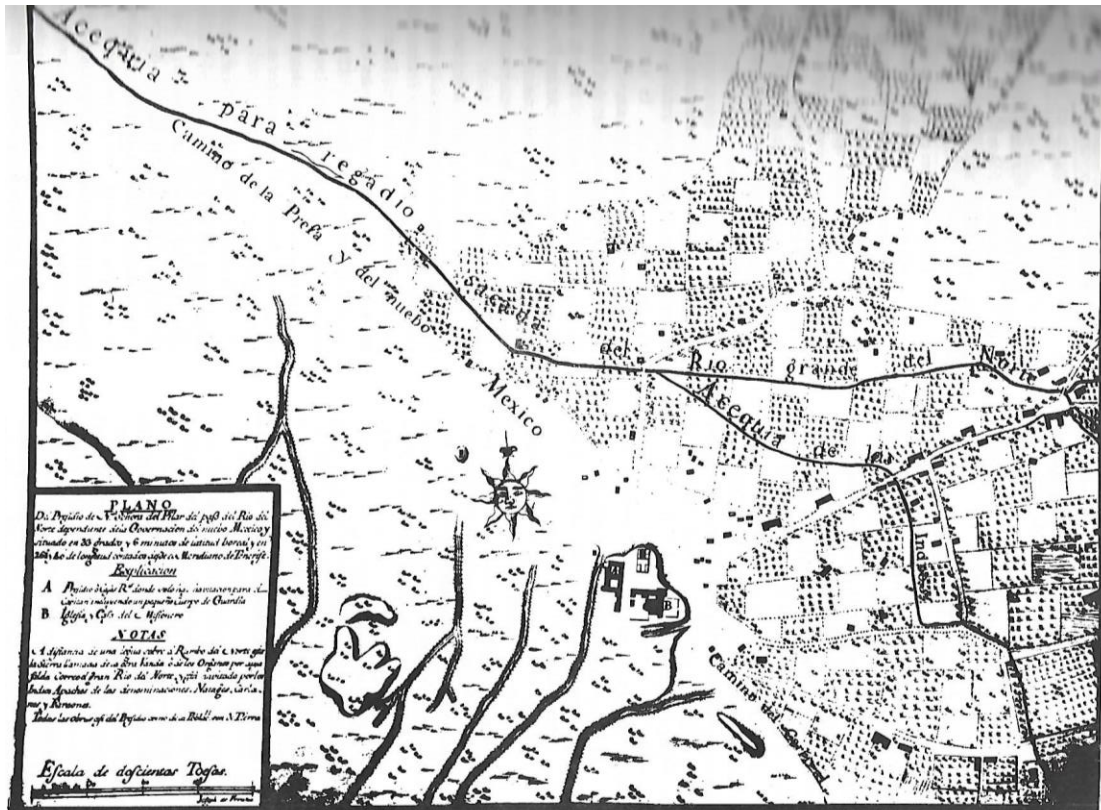


Figura 1. Plano más antiguo conocido de la región Paso del Norte elaborado por José de Urrutia. Fuente: Martínez Lazo, 1998

De acuerdo con el plano de Urrutia y la comparativa de las trazas recientes de la ciudad, los trazos originales de la Acequia Madre y la Acequia del Pueblo se han mantenido prácticamente iguales en los últimos 200 años. Parte del legado histórico del trazo de las acequias es en donde se puede vislumbrar un poco el problema de las inundaciones, ya que como menciona Martínez Lazo (1998), “Las casas, iglesias y demás construcciones se hacían cercanas a los arroyos, ríos o acequias; por comodidad”.(pag.21) Esto relacionado a los usos cotidianos de dichas corrientes como lo eran la mezcla de los materiales de construcción, en este caso el adobe, la construcción de los edificios bajo la protección de los grandes árboles que crecían en la veda de los canales, esto con el fin de mitigar el extenuante calor del verano de la región.

Dichas corrientes se veían afectadas por las torrenciales lluvias típicas del desierto, esta al recibir las escorrentías naturales de la sierra adyacente a la zona y como consecuencia desaparecían las estructuras construidas para el desvío de las aguas del río, causando con esto las recurrentes inundaciones en la zona.

Con la redefinición de la línea fronteriza, esto como consecuencia de la guerra de 1848 entre México y Estados Unidos, considerando que Nuevo México ya se encontraba previamente habitado, se abren la creación de más asentamientos humanos en la región y como consecuencia explota la conformación de nuevas de tierras al cultivo aguas arriba del Río Bravo, en el antes mencionado estado de Nuevo México y se le suman algunos del estado Colorado.

Esto generó una fuerte disputa legal sobre los derechos del agua y riegos del Río Bravo, la cual culminaría con la firma del Tratado Internacional para la Equitativa Distribución de Aguas del Río Bravo en 1906, el cual, a grandes rasgos, hablaba de como los Estados Unidos de Norteamérica se comprometía entregar a México anualmente la cantidad de 74 millones de metros cúbicos proveniente de la recién conformada Elephant Butte (Presa del Elefante) en el lecho del Río frente a la acequia madre, a su vez, se llegaron a otros cuatro acuerdos referentes a la legalidad y a la conducción del agua.

Esto largo proceso legal fue de larga duración si bien su resolución fue alcanzada en 1906, su inicio data desde 1884, esto tanto al nivel interno de los Estado Unidos como entre las dos naciones en pugna (Delgado, 2011, pág. 96).

Para 1910, dentro de un periodo de bajo crecimiento de la zona urbana, se conformaron los conocidos como “Partidos agrícolas”, los cuales eran comunidades agrícolas que contaban con su propia acequia para abastecerse de agua del Río Bravo (Delgado, 2011, pág. 94).

Estos partidos marcaron en buena medida el carácter agrícola de la región hasta finales del siglo XX, aunque muchos de ellos cambiaron de nombre a la par con el de la ciudad (Delgado, 2011, pág. 95).

Entre ellos se puede destacar los denominados: Chamizal, Barreal, La Playa, Álamo Gacho, Calavernas, Juárez, Mejía, Doblado, Díaz, Lerdo, Escobedo, entre otros.

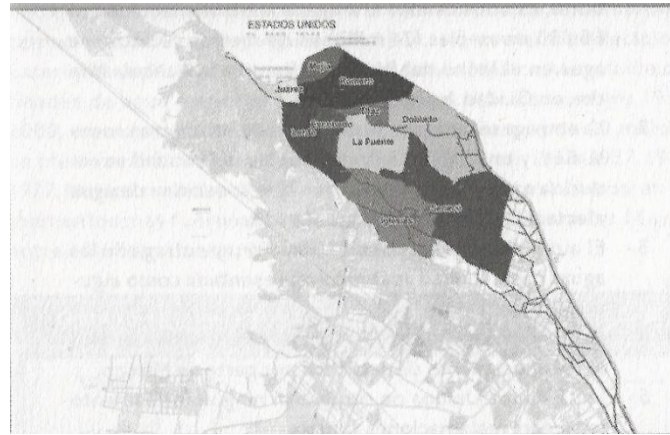


Figura 2. Partidos agrícolas en el Valle de Juárez, a principios del Siglo XX

Fuente: Delgado, 2011

Una de las consecuencias no previstas por el Tratado de Aguas de 1906 fue el cambio del curso del Río Bravo, estipulado en 1911 pero no realizado hasta 1967 dentro del margen de la histórica entrega del Chamizal, fue que muchas de las tierras agrícolas de la zona eran regadas por las crecientes del Río, el cual inundaba las tierras fértiles, fenómeno que no fue considerado en los cálculos de entrega de aguas estipulados en el antes mencionado tratado, y que con el paso del tiempo se volvieron zonas urbanas, las cuales no fueron diseñadas con esta particularidad en mente.

Para mejor ejemplificar este fenómeno, podemos observar en el mapa como los afluentes naturales provenientes de la Sierra de Juárez son interceptados por los

trazos de las acequias y las urbanizaciones, causando con esto una extensa planicie de inundación.

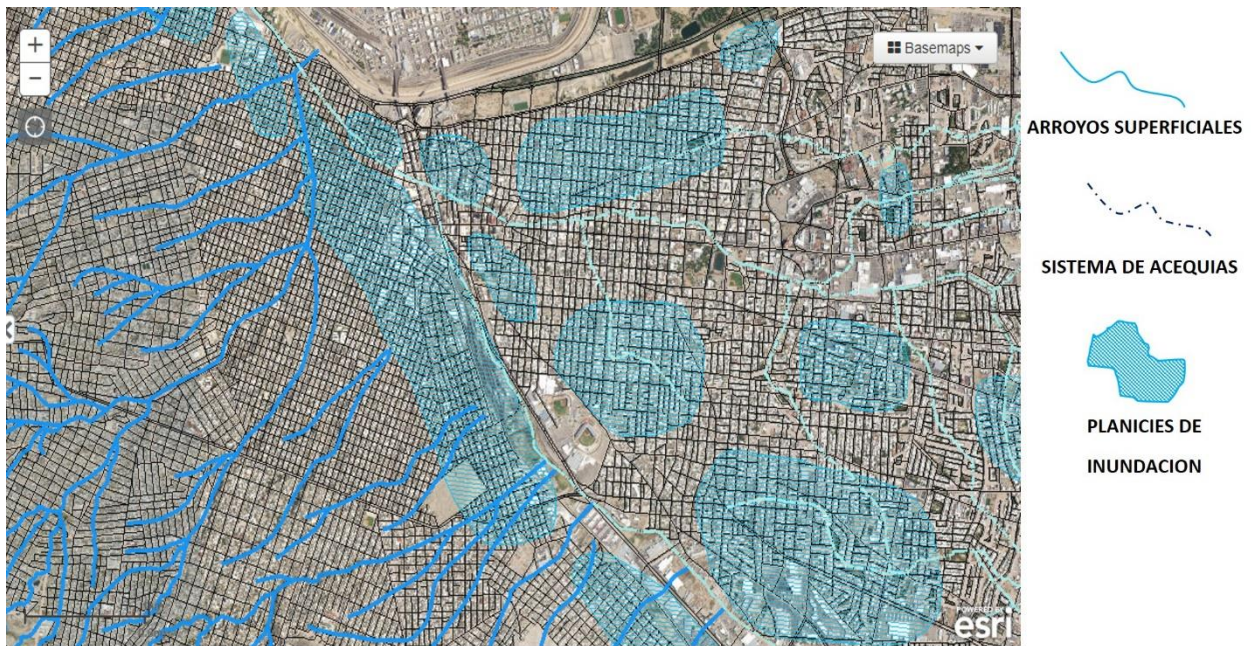


Figura 3 Hidrología superficial en zona Norponiente de Ciudad Juárez

Fuente: Elaboración propia con información de <http://gis.elpasotexas.gov/pdnmapajs>

1.3 La planificación urbana en Ciudad Juárez y sus efectos

En el caso de Ciudad Juárez, la atención de los problemas urbanos a través de la práctica de la planeación urbana tiene ya más de cincuenta años de experiencia. El documento más reciente, el Plan de Desarrollo Urbano Sostenible (PDUS) se da en el 2016, este como instrumento de control y planeación para el centro de población, volviéndola una de las primeras ciudades mexicanas en contar con un plan de esta naturaleza (IMIP, 2016c).

La historia de la ciudad en materia de planificación es rica, ya que en 1958 se elaboró el primer Plan Regulador, enfocado en potencializar las actividades más importantes de la época, el comercio, la vida nocturna y el turismo. Una cuestión que se podía observar desde el primer plan regulador, era la invasión de derechos

de vía de las acequias, problemática aun existente y sumamente relacionado con los fenómenos de inundación de la ciudad.

En 1962 se elaboró el segundo Plan Regulador desde la estructura de planeación regional de las ciudades fronterizas establecida a través del Programa Nacional Fronterizo (1961-1965). Este buscaba establecer una zonificación coherente para el desarrollo del uso de suelo, uno de los grandes retos que enfrentó este plan era la falta seguimiento y vigilancia de lo establecido en el plan, generando muchas irregularidades en el crecimiento de la ciudad.

En 1965 fue creado el Programa de Industrialización Fronteriza (PIF), trayendo el establecimiento de la industria maquiladora, primero se organizó de manera dispersa, después se fueron ubicando los conocidos parques industriales. Dos situaciones notorias que trajo este cambio en las actividades económicas de la ciudad fueron que la planificación se hacía en los centros y sub-centros donde se encontraban las zonas habitacionales y los comercios, la otra fue la consideración de la creación de grandes desarrollos habitacionales en las zonas donde vivían la gran mayoría de los obreros, las tierras de agrícolas del valle de Juárez.

En cuestiones de imagen urbana, el plan proponía la creación de zonas arboladas en las vedas de las acequias, esto con el fin de aprovechar la humedad inherente del lugar, cumpliendo con una doble función, la creación de un cinturón verde alrededor de la mancha urbana el cual sirviera también de vivero para reforestar la zona del valle de Juárez (IMIP, 2016c).

En 1979 surge el primer plan de desarrollo, el cual tenía como objetivos principales lograr una estructura física que fuera capaz de conectar las dos grandes zonas de la ciudad, el norte, población con mayores recursos, con el poniente de la ciudad, lugar donde se estableció la población marginada. A su vez buscaba la regulación de los asentamientos para alejarlos de las zonas de riesgos y así poder proveer los servicios básicos urbanos, estableciendo los primeros también los primeros

lineamientos para la localización de la industria, buscando lugares en donde el impacto ambiental al entorno urbano fuera mínimo.

En el plan de 1984, se buscaba que el crecimiento de la ciudad respetara el ámbito físico y ambiental, tomando una postura acorde con las cambiantes tendencias mundiales, se propusieron áreas bien acotadas para su desarrollo y que no se permitiera el desarrollo desde iniciativas aisladas, esto con la visión del ahorro de costos y materias primas en el proceso de urbanización. Se establece las áreas de preservación ecológica con los estatutos de que nunca podrían ser transformadas en suelos urbanos.

El plan de desarrollo urbano de 1989, busca una forma más equilibrada de desarrollo urbano, se propusieron la creación de sub-centros en donde se pudieran distribuir los servicios urbanos, una de las acciones más notorias en cuestiones ambientales fue la dirección del crecimiento, pero hacia el sur, luego hacia el oriente, esto con el fin de bordear la zona agrícola inmediata al Rio Bravo, con la finalidad de mantener las escasas zonas verdes dentro de la ciudad. Sin embargo, con el plan de desarrollo de 1995 sucede uno de los importantes retrocesos en cuestiones ambientales, las zonas que en 1984 se habían considerado como parte del área de preservación ecológica, ahora se convierten en uno de los ejes de crecimiento más importantes de la ciudad.

En el plan de desarrollo urbano de 2013, se establecen los primeros parámetros formales para conformar una ciudad sustentable, estos a través del uso racional de sus recursos, y como lo establecían las cumbres internacionales del medio ambiente, buscar una diversificación en sus sistemas de producción, se buscaba no ser tan dependientes de la industria maquiladora.

Finalmente en el plan de desarrollo urbano de 2010, una de las líneas principales que guiarían el desarrollo sería la integración de medidas para la preservación del medio ambiente, el cual, se había visto severamente afectado por el crecimiento

desmedido y dispersos de la ciudad. En este plan se pueden observar los ecos de las cumbres internacionales sobre el medio ambiente, pues se empiezan a utilizar los términos de un desarrollo sustentable, en donde, se cubrieran las necesidades actuales de la ciudad y con una visión para las generaciones futuras, estableciendo comités técnicos que se ocuparan a la creación de programas de protección a las reservas naturales dentro y fuera de la mancha urbana.

Como podemos apreciar, los planes de desarrollado para Ciudad Juárez ya tenían, aunque de manera muy limitada, pequeñas propuestas con intenciones ecológicas, siempre enfocadas en las problemáticas inmediatas, más sin una visión con fines y propuestas a largo plazo.

Con la creación del plan de desarrollo sostenible en 2016, se estableció una visión a largo plazo, en donde, los planes o programas tendrían la directriz fuertemente establecida en atacar las problemáticas urbanas desde la integración de todos los factores ambientales y sus efectos sobre el sistema social en los que se implementan.

Cuadro 1: Sistema Municipal de Planeación Urbana.

Plan o programa	Revisión, actualización o ratificación	Fundamentación de la LDUS (POE 2014.08.20/No. 67)
Plan o Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial Sostenible	Cada cuatro años	Arts. 40, 46, 47
Plan o Programa de Desarrollo Urbano Sostenible de Centro de Población	Por lo menos cada tres años	Arts. 48, 49
Plan o Programa Sectorial de Desarrollo Urbano Sostenible	Por lo menos cada tres años	Art. 50
Plan o Programa Parcial de Desarrollo Urbano Sostenible	-----	Art. 51
Plan o Programa Maestro de Desarrollo Urbano	-----	Art. 52

Tabla 4 Sistema municipal de Planeación Urbana.

Fuente: Ley de Desarrollo Urbano Sostenible del Estado de Chihuahua, Última Reforma POE 2014.08.20/No.67

Como se puede observar en la tabla, la necesidad de la ratificación de los planes es ahora mucho más crítico, esto es debido a la aceleración de los procesos del

cambio climático, y como sus efectos pueden tener un fuerte efecto en como concebimos las prioridades en la planificación dentro de la cambiante situación de una ciudad.

En el caso de Ciudad Juárez y por la naturaleza de las acequias construidas por los primeros colonizadores cuentan con pendientes muy suaves, esto gracias al diseño del sistema de riego para la agricultura en donde el flujo necesario era de baja velocidad y aunado a la situación de la cuenca en la que se encuentran, considerada una cuenca endorreica o sin salida y que es parte del sistema de CONAGUA con el numero RH-24 (Rio Bravo).

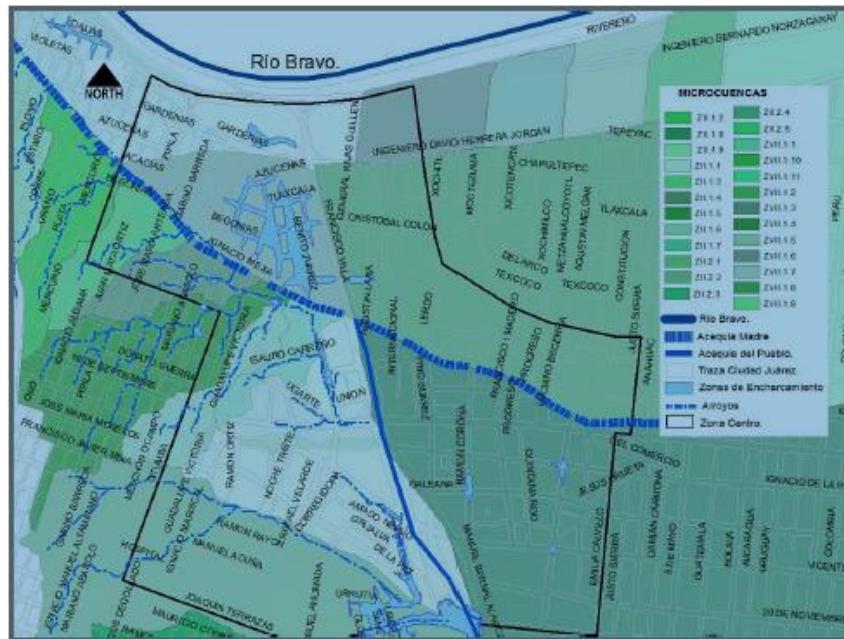


Figura 4 Microcuencas de la Cuenca "Centro"

Fuente: IMIP (2014).

A esta situación se le añaden las fuertes pendientes provenientes de la Sierra de Juárez y cuyos cauces naturales eran en dirección hacia el afluente del Rio Bravo, pero que ahora se encuentran delimitados por los bordes sobre el nivel del terreno natural del sistema de acequias antes mencionado.

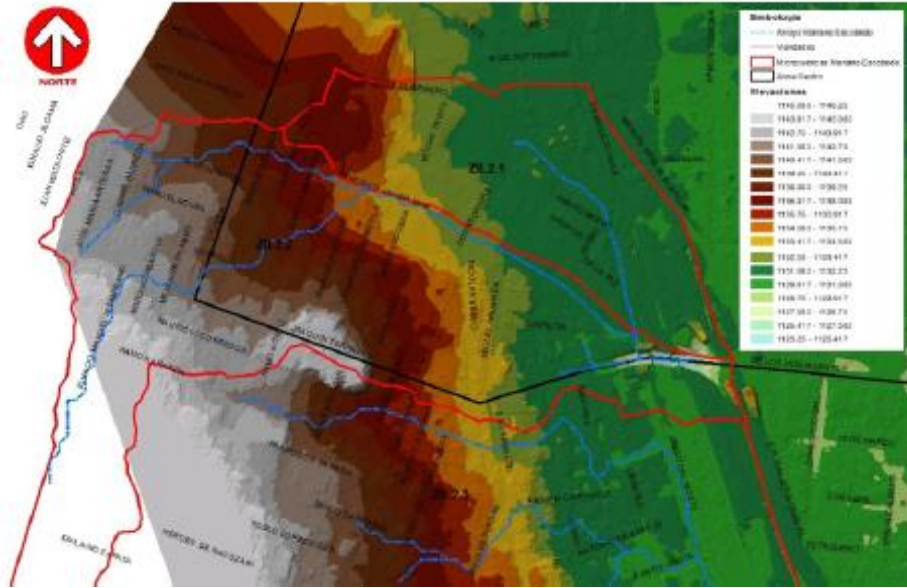


Figura 5 Modelo Digital de Elevaciones de Microcuencas Mariano Escobedo

Fuente: IMIP (2014).

Este sobre-posición de factores genera una zona que ya solo por su naturaleza endorreica no es capaz de gestionar las precipitaciones pluviales, se le delimita de manera artificial por las acequias en donde no solo no puede tener salida de las escorrentías pluviales, sino además estos mismos contribuyen a la presencia de volúmenes de agua de afuera de la cuenca.



Figura 6 Triangulación irregular del terreno de la cuenca de acequias.

Fuente: IMIP, 2014

La consecuencia de estas situaciones hacen de la zona del centro altamente propicia a fuertes inundaciones, las cuales, y como ya se había mencionado antes con los factores naturales, como una afluente natural hacia el Río Bravo, se ve influenciada por elementos construidos como lo son la conformación de las acequias y la urbanización de la zona, evitando la infiltración natural y la salida de algunos pequeños afluentes que desahogan en el río, lo cual, antes de la existencia de los elementos antes mencionados, pasaba de manera natural.



Figura 7 Planicies de inundación zona centro.

Fuente: IMIP (2014).

A su vez, el crecimiento de asentamientos irregulares en los afluentes de los arroyos intermitentes, ha sido otro de los factores en la transformación de los cauces naturales, causando estrés a los ya sobresaturados sistemas pluviales de la ciudad. Durante el mes de Agosto de 2006, el Río Bravo alcanzó el más alto nivel en los últimos 25 años. Su cauce desbordó en algunos tramos, inundando 8 viviendas de la colonia Paso del Norte. Se estima que registró un gasto en tránsito de 282 m³/segundo según los cálculos obtenidos por la Comisión Internacional de Límites y Aguas (IMIP, 2016a).

“El principal riesgo que representa el Río Bravo a la población, consiste en taponamientos hidráulicos generados en las desembocaduras de algunos arroyos que descargan en el Río”, y que al no contar con estructuras de incorporación adecuadas dan origen a embalsamientos en la parte baja de sus respectivos cauces, presentándose anegamientos hasta en tanto se incorporan los flujos al caudal en tránsito del río (IMIP, 2016a, pág. 48).

Como lo denota el estudio de Granados (2012), haciendo referencia a los eventos meteorológicos sufridos en 2006 en Ciudad Juárez, “las áreas más afectadas de la microcuenca se alcanzaron niveles de inundación con un promedio de 2 a 4 m por encima de la rasante del terreno natural” (p.447).

Aunado a esto se presentó un gasto pico de $147\text{m}^3/\text{s}$ con un periodo de retorno de 100 años, entendiéndose esto como que el fenómeno cíclico de precipitaciones pluviales se repetirá dentro de un siglo. Debido a este fenómeno atípico se provocaron daños en la zona urbanizada dentro de la cuenca hasta en un 45% de la superficie (aproximadamente 10 km^2) de la infraestructura de vialidades y en las casas habitación que se ubican en los cauces de los arroyos, afectando a más de 7000 personas que habitaban en el lugar (Granados, 2012).

Bajo el paradigma del desarrollo urbano sin el concepto hidrológico, en dichas zonas, la urbanización se realiza sin la consideración del riesgo hidrometeorológico, por la equivocada percepción de que en las regiones desérticas “nunca llueve” (Granados, 2012).

Sim embargo, el historial de precipitaciones pluviales demuestra que los patrones considerados como la media para la región son considerablemente “erráticos” y se pueden encontrar con picos de intensidad extremas.

Como se puede denotar en el siguiente hidrograma, realizado con datos de las estaciones meteorológicas de Ciudad Juárez para la tormenta de agosto de 2006, esto dentro de la micro cuenca denominada Arroyo de las Víboras, en donde se destaca el pico máximo de la tormenta en el espacio de una hora, y con solamente 14 horas para el desfogue total del efluente de la totalidad de la tormenta.

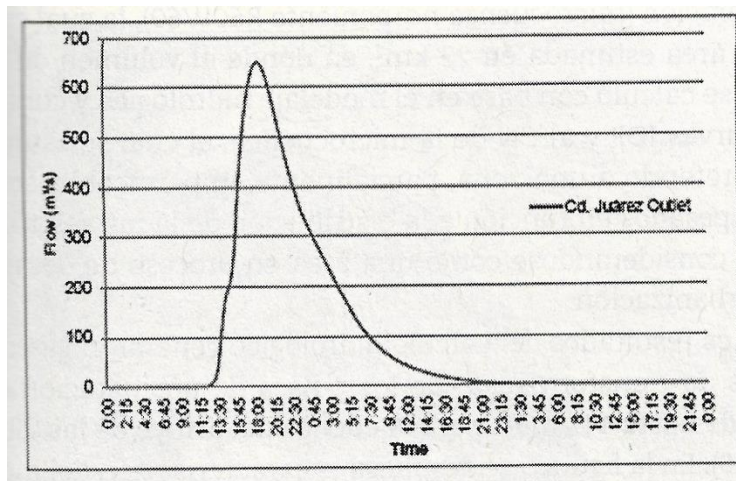


Figura 8 Hidrograma de tormenta calculado con base en los datos de precipitación registrados en estaciones meteorológicas
Fuente: Granados, 2012

Como se explicaba antes, estas condiciones meteorológicas combinadas con la deficiencia de un plan pluvial integral en los desarrollos urbanos es la perfecta combinación para que se presenten graves problemas de inundación.

Como se puede ejemplificar en la siguiente tabla, la zona que por su naturaleza antes era inundada por las aguas de las crecientes del Rio Bravo en épocas de lluvias de monzón, ahora se encuentra una superficie casi completamente impermeable a causa de la fuerte urbanización de la zona, la cual ha cambiado la naturaleza del suelo y lo ha dejado sin capacidad de infiltrar los grandes flujos de agua.

Identificador microcuencas	Area (Km2)	Impermeable (%)	Area Permeable (Km2)
R10W10	12,2	75,00%	3,05
R30W30	10,4	87,00%	1,35
R40W40	5,8	78,00%	1,28
R50W50	4,0	75,00%	1,01
R60W60	21,9	82,00%	3,95
R70W70	8,1	90,00%	0,81
R90W90	12,0	75,00%	3,00
R230W120	25,0	90,00%	2,50
R160W160	6,6	90,00%	0,66
R200W200	3,9	90,00%	0,39
R170W170	13,8	90,00%	1,38
R100W100	25,0	90,00%	2,50
R250W250	41,9	90,00%	4,19
R570W310	25,3	98,00%	0,51
R270W240	10,7	98,00%	0,21
R30W290	23,4	85,00%	3,51
R530W530	9,1	85,00%	1,37
R459W440	96,2	85,00%	14,43
R590W580	16,6	85,00%	2,49
R700W640	12,4	85,00%	1,86
R720W720	6,9	85,00%	1,04
R920W820	20,5	90,00%	2,05
R870W870	11,7	90,00%	1,17
R740W740	9,6	85,00%	1,44
R930W930	20,2	85,00%	3,03
R940W940	8,6	85,00%	1,29
R960W960	44,1	85,00%	6,61
R1090W970	3,7	95,00%	0,19
R1000W980	11,5	95,00%	0,58
R1010W990	16,4	85,00%	2,46
R1020W1000	28,6	85,00%	4,29
R1030W1010	11,8	85,00%	1,77
R1040W1020	16,5	85,00%	2,47
R240W1030	14,9	90,00%	1,49
TOTALES	609,4	87,00%	80,31

Tabla 5 Áreas de captación Microcuena Arroyo Las Víboras

Fuente: Granados, 2012

Para mitigar esto se debería contar un análisis de las cuencas, en donde, de manera macro, entender la dinámica del agua dentro de la extensión completa de una cuena y de manera micro, la afección directa de los cambios realizados por la urbanización de la zona.

Este trabajo de investigación pretende estudiar un espacio urbano en Ciudad Juárez que presente vulnerabilidad a los fenómenos antes mencionados, esto con la finalidad de analizar la viabilidad de transformaciones a través de la implementación de elementos de infraestructura verde, estos conjugados con los lineamientos del Plan de Desarrollo Urbano y cualquier Plan Parcial vigente, con la

idea de potencializar las soluciones integrales en materia de manejos de aguas pluviales.

CAPITULO II: Problema de Investigación

2.1 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los obstáculos técnicos y de usos del espacio para una implementación efectiva de la infraestructura verde como estrategia de mitigación de inundaciones en Ciudad Juárez?

2.2 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Identificar y analizar los obstáculos técnicos y de usos del espacio que afectan la efectividad de la infraestructura verde como estrategia de mitigación de inundaciones en Ciudad Juárez, para elaborar una propuesta de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

2.2.2 Objetivos particulares

1. Identificar y analizar los obstáculos técnicos en la implementación y mantenimiento de la infraestructura verde.
2. Identificar y analizar los usos dentro de un espacio de infraestructura verde.
3. Proponer una metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

2.3 Hipótesis de investigación

Los prototipos de la infraestructura verde están adaptados a las necesidades de la región para la mitigación de inundaciones, sin embargo, las condiciones físicas y de uso del espacio en la localidad y en el sitio pueden afectar su éxito, por lo cual es necesario desarrollar una metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde para Ciudad Juárez.

2.4 Justificación

Debido a la premura en la que se encuentra el planeta, y con lo anteriormente mencionado, la implementación de la infraestructura verde es una estrategia viable para la adaptación, preparación y mitigación de los efectos del cambio climático. Entrando en una agenda mundial de ciudades resilientes, la infraestructura verde es considerada como herramienta de primera línea para dar respuesta a los problemas climatológicos que pudieran tener consecuencias catastróficas en los contextos urbanos, no solo en materia ambiental sino también en afectaciones a sus sistemas de comunicaciones, de transporte y económicos. Dejándolas en un estado sumamente precario, del cual, le tomaría décadas en recuperarse.

Tomando la zona conocida como el paso a desnivel, ubicado en la Avenida de los Insurgentes y el Eje Vial Juan Gabriel, la investigación generaría una tipología para el manejo, captación y distribución controlada de los escurrimientos pluviales (Resiliente, 2018).



Figura 9 Foto de inundación en Paso desnivel Avenida Insurgentes

Fuente: Fotografía de Cesar Sánchez, en https://mobile.diario.mx/Local/2018-03-11_3b8af19d/cierran-paso-desnivel-inundado-/#/images/1, mayo 2018

De esta manera, ejemplificando en una zona con fuertes problemas de inundaciones, una estrategia de planificación urbana que pueda ser replicada de manera sencilla en otros puntos de la ciudad.

La estrategia de resiliencia en la ciudad toma como un eje dentro de las acciones la infraestructura verde en los espacios públicos, nos dice que: "Considerando la situación geográfica de la región, el clima extremo ocasiona intensas olas de calor en verano y temperaturas congelantes en invierno y debido a los procesos convectivos se generan lluvias torrenciales.

Para el 2006 se estimaron pérdidas de más de 15 millones de dólares, traducidas de los daños a los bienes de la población e infraestructura como tuberías, drenaje y pavimento, además de las enfermedades y hasta la muerte de cuatro personas (IMIP, 2016a).

Fecha	Localización	Evento	Acciones	Consecuencias	Fuente
13-jul-06	Ciudad Juárez, Chihuahua	Tromba del 5 de julio deja afectados	Ninguna acción registrada	Según se informo en esta frontera el numero de afectados alcanzo a las mil 200 familias por la tromba que se registro el pasado 5 de julio, fenómeno natural que también natural que también causo la muerte de cuatro personas y genero millones de pesos en daños	El Fronterizo/Ciudad Juárez, Chih./

Tabla 6 Evento registrado en tromba del 2016

Fuente: IMIP, 2016a

Debido al limitado sistema de drenaje pluvial que se tiene y a la reducción de superficies impermeables en avenidas y espacios públicos que impiden que el agua se filtre al subsuelo, se generan inundaciones esporádicas en puntos bajos que obstaculizan la dinámica de la ciudad. Una opción alternativa para mitigar las inundaciones esporádicas es el uso de la infraestructura verde, entendiendo que es infraestructura multifuncional que utiliza los sistemas naturales para mejorar la calidad ambiental y proveer servicios sociales, económicos, culturales y ambientales” (Resiliente, 2018, pág. 152) (Figura 10).



Figura 10. Estrategia de resiliencia, Eje 4, Juárez Adaptada.

Fuente: Juárez Resiliente, 2018

“La incorporación de componentes de infraestructura verde (IV) en espacios públicos ha sido exitosa en las regiones semidesérticas y desérticas del norte de México y el sur de Estados Unidos. La IV se define como una estructura polifuncional que utiliza sistemas naturales para mejorar la calidad ambiental y proveer servicios sociales, económicos, culturales y ambientales. Se emplea como componente de un sistema de manejo y aprovechamiento sustentable de agua (BDAN, 2017). Se han identificado, a través de estudios locales, sitios potenciales en donde pueden implementarse proyectos con sistemas de IV, donde los beneficios se potencian a largo plazo” (Resiliente, 2018, pág. 152).

Dentro del Plan de Desarrollo Urbano Sostenible de Ciudad Juárez 2016, se maneja la infraestructura verde como parte fundamental de la planificación urbana integrando la Guía de Diseño para la Infraestructura Verde en los nuevos planes para la ciudad y en donde se denota que: “Como parte de la política de desarrollo ambiental, a continuación, se presentan algunas recomendaciones de diseño con esquemas de infraestructura verde. Se podrá encontrar información sobre: sitios, vegetación adecuada, criterios de diseño, derechos de vía, pavimentos, banquetas, entre otros. Es importante recordar que, al diseñar las áreas públicas o exteriores es posible mimetizar los procesos naturales y obtener un servicio público a un costo marginal y económico” (IMIP, 2016c, pág. 5).

Definiendo la infraestructura verde como: “Los métodos de diseño constructivos que utilizan sistemas vivos o naturales, como el uso de plantas y el suelo, que conllevan una serie de beneficios como: limpiar e infiltrar el agua, crear hábitats y ecosistemas naturales, enfriar y crear más sombra en las calles, entre otros. Con estos diseños es posible controlar de una manera más eficiente el agua de lluvia en comparación de los sistemas tradicionales de infraestructura gris, por ejemplo el drenaje pluvial” (IMIP, 2016c, pág. 5).

Confirmando que la infraestructura verde tiene beneficios y ventajas: mejorando el clima urbano, reduciendo el efecto de isla de calos, ahorro de energía, disminución de gases de efecto invernadero, absorción del ruido, reducción de erosión del suelo, y mejoramiento de biodiversidad (Tabla 7).

<i>Cuadro 1: Beneficios de utilizar elementos de infraestructura verde</i>		
Mejora el clima urbano y reduce el efecto isla de calor	Aumenta el valor del suelo	Reduce el gasto en salud pública
Ahorro de energía para climatizar	Fomenta valores culturales y comunitarios, promoción de actividades económicas, turísticas	Reducción del gasto en manejo y control del agua pluvial
Disminuye gases efecto invernadero y partículas nocivas suspendidas en el aire.	Al aumentar la eficiencia del manejo del agua pluvial y su infiltración se reduce también el riesgo de inundación	Reducción de climatización en edificios particulares
Absorbe el ruido, recarga acuíferos, reduce la erosión del suelo	Aumenta la calidad de vida	Infraestructura, Equipamiento, Urbano y Medio Ambiente y Programas de Organismos Descentralizados
Mejora la biodiversidad	Mejora la salud física y mental de la comunidad	

Tabla 7. Beneficios de utilizar elementos de infraestructura verde.

Fuente: IMIP, 2016b

CAPITULO III: Marco Teórico

3.1 Introducción al capítulo.

Este capítulo se conformara de tres apartados, siendo en el primero una aproximación histórica y contemporánea del término de sustentabilidad, en el segundo se explorara la aplicación de estos preceptos para una planificación ecológica, contrastando la situación actual de México con los avances en la materia por la Unión Europea, y por último, el análisis de la infraestructura verde como uno de los ejes de acción para la planificación ecológica y el enfrentamiento al cambio climático.

3.2 De la sostenibilidad económica a la sustentabilidad ecológica.

Con el nombramiento, en diciembre de 1983, por la asamblea general de las naciones unidas de una comisión encargada de presentar un informe sobre el medio ambiente y la problemática mundial hasta el año 2000, se dieron los primeros pasos hacia un esfuerzo mundial de revertir los efectos ocasionados por la desmedida explotación de los recursos naturales mundiales en beneficio de sostener un modelo de producción en decadencia y se puso en primer plano las consecuencias que a largo plazo se podrían presentar si no se encontraba un enfoque alternativo (ONU, 1993).

Este grupo tomaría el nombre de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo, y seria presidido por la que en su momento fuera la primera ministra noruega, Gro Harlem Brundtland, y con el apoyo de un equipo conformado por más de 20 delegados de las naciones unidas, se redactaría el primer intento de traer al

foro mundial cuestiones ambientales. Para el 16 de junio de 1987 se presenta el informe ante la asamblea de las naciones unidas con el nombre de Nuestro Futuro Común (Brundtland, 1987) que como tesis central buscaba el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de cubrir sus propias necesidades.

Su estructura medular contaba con doce puntos de enfoque los cuales eran considerados las claves para un desarrollo, como lo planteaba la comisión, duradero. El propósito principal era establecer una serie de preocupaciones, tareas y esfuerzos comunes para englobar los cursos de acción y para contrarrestar las premuras globales que se estaban manifestando en diversas áreas como lo era la población, la economía, la seguridad alimentaria, el deterioro de los ecosistemas y la biodiversidad, la energía, la industria y el creciente problema que representaban las ciudades (Brundtland, 1987).

La visión que trató de establecer la comisión fue la de un problema compartido, en el que el medio ambiente en que vivimos se tornaría más hostil y la única opción viable sería pensar en un desarrollo que nos diera la oportunidad de enfrentar de manera más efectiva estos cambios auto-infligidos y encontrar soluciones para mitigar sus efectos. Como seguimiento de estas acciones la Asamblea General de las Naciones Unidas convocó, en 1992, a que se celebrara la cumbre sobre el medio ambiente y desarrollo, comúnmente conocida como Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro (ONU, 1993).

De esta nueva cumbre surge la conocida Agenda 21 (ONU, 1993), la cual pone en el mismo plano de importancia a las tres grandes áreas del desarrollo, la ecología, la economía y lo social. Esta surge como un instrumento para aplicar los principios discutidos en la cumbre de Rio de Janeiro, la cual se puede definir “como un conjunto de políticas y programas relacionados con el concepto del desarrollo sostenible cuyo ámbito de aplicación es la esfera local” (Aguado, 2003, pág. 22).

Este conjunto de políticas descansaban sobre los principios de una aceptación de que la problemática ambiental estaba ligada a los procesos dinámicos complejos que se desarrollan en los ecosistemas y como se relacionaban con las personas (De Lisio, 1999).

Estos factores eran la raíz de los cambios climáticos que el planeta estaba experimentando y las graves consecuencias que esto generaba, como era la reducción de la biodiversidad, la degradación de la capa de ozono y la creciente acumulación de sustancias tóxicas como resultado de las actividades humanas (De Lisio, 1999).

A su vez repartía responsabilidades a los Estados sobre la regulación en la explotación de los recursos naturales para beneficio para su desarrollo, esto dentro de un marco de responsabilidad ecológica, cuidando no impactar el contexto geográfico en el que se encontraba, y por primera vez hace un llamado a las naciones para diversificar o buscar maneras alternativas para volver más eficientes el uso y explotación de los recursos naturales.

Los principios que plantean las antes mencionadas cumbres forjaron el camino para una nueva dirección de la planeación, pero de cierta manera se pueden interpretar más como una carta de buenas intenciones que como una estrategia aplicable al mundo real.

Aun cuando este proceso de cambiar los paradigmas del desarrollo mundial comienza a mediados de los años setenta, no es legitimado hasta la cumbre de Río de Janeiro, celebrada en 1992, y enfocada ya en la vertiente ecológica para un desarrollo duradero y ético. Veinte años tomaron para que la colectividad mundial se percatara de que los principios que se habían sugerido como buenos principios de diseño se volvieron herramientas imprescindibles para enfrentar el sombrío futuro que se aproximaba.

En el marco de ONU Hábitat II, celebrado en Estambul en junio de 1996, se continuaba con la premisa de mejorar la calidad de vida, esto, a través de unas políticas fundamentadas en que los asentamientos humanos, sobre todos aquellos en países en vías de desarrollo, habían llegado a una masa crítica, y este problema era una prioridad infranqueable, al menos que se optara por un desarrollo sostenible, y remarcando la relación innegable del rol de los países industrializados en la voracidad consumista que ponían en riesgo los frágiles sistemas sociales y ecológicos que daban estos servicios (ONU, 1996).

La postura se torna a la conservación del medio ambiente ya en un plano mundial, en donde se volvería prioritario la búsqueda de nuevas y mejores maneras de producción, consumo, transporte y el desarrollo de asentamientos urbanos. Que aunque los Estados siguen teniendo hegemonía sobre las decisiones de sus medios de producción, se incentiva la idea de respetar la capacidad de los ecosistemas para preservar oportunidades de desarrollo a generaciones futuras (ONU, 1996).

La racionalidad ecológica que ve muy presente, ya que se habla de mecanismo que promoció, a través de incentivos fiscales, el desarrollo de manera eficiente, accesible y sobretodo con un enfoque regionalista, esto con la prioridad de encontrar nuevos medios que generen menos impacto, incluyendo la priorización de acotar áreas naturales y de preservación ecológica para detener su explotación desmedida (ONU, 1996).

Como lo plantea Leff (2002): “El principio de sustentabilidad emerge en el contexto de la globalización como la marca de un límite y el signo que reorienta el proceso civilizatorio de la humanidad” (pág.17). Dentro de este contexto, la crisis ambiental vino a cuestionar la racionalidad y los paradigmas teóricos con los que se ha impulsado el crecimiento económico, que aunque se haya llegado a un consenso a niveles internacionales, ya no era un modelo el cual nuestro planeta pudiera sostener, ya que las prácticas adoptadas y el fuerte impacto que estas generaban

en los sistemas de producción y ecológicos, estaban rápidamente deteriorando la situación ambiental global.

De ahí la necesidad de que la sustentabilidad ecológica emerja como “un criterio normativo para la reconstrucción del orden económico, como una condición para la sobrevivencia humana” (Leff, 2002, pág. 17), esto con el ímpetu de cambiar esta visión mecanicista, en donde la racionalidad económica desterró a la naturaleza de las decisiones de la producción.

No es hasta que la percepción mundial de que una crisis ecológica nos acaecía que los valores y potenciales de la naturaleza son concebidos como una fuerza reintegradora de la diversidad, en donde nuevos valores éticos y estéticos emergen como articuladores entre los procesos ecológicos, tecnológicos y culturales (Leff, 2002) .

Los retos más grandes a los que se enfrentó estos nuevos paradigmas del desarrollo fueron al ímpetu de la gestión sectorializada y centralizada que eran el statu quo de época. La búsqueda primordial era encontrar un concepto que ecologizara la economía, eliminando la noción de que el crecimiento económico y la conservación de la naturaleza no podían coexistir (Leff, 2002).

Es de este raciocinio en que la sustentabilidad conceptualiza un mundo en donde existen distintos tipos de deudas que afectan a la implementación de las nuevas direcciones del desarrollo: la deuda financiera, que puede ser refinanciada, la deuda ecológica, la cual debe ser asumida y redistribuida entre todos los actores para su inmediata gestión y por último la deuda de la razón, que es el eje formativo de una resignificación del desarrollo por uno que este fundamento en modos alternativos para una racionalidad productiva (Leff, 2002).

Como cúspide, los nuevos paradigmas del desarrollo se enfrentan a la inminente degradación ambiental, surge como un ente vivo que evidencia el sobre-explotación

de los ecosistemas que calladamente sostenían el viejo modelo de producción, un cáncer incontrolable que amenaza a la economía por dos frentes invaluable, el orden ecológico y social.

Esta súbita degradación forzó que el concepto de medio ambiente entrara en las esferas de la conciencia y el conocimiento, impactando a los campos de la acción política y la economía, suscitando así uno de los cambios más grandes de nuestros tiempos.

En años recientes los problemas urbanos que han afectado a las ciudades mexicanas han ido en aumento y con ello el detrimento de la calidad de vida, de los espacios públicos y las estructuras urbanas. La incontrolable expansión territorial ha traído graves efectos sobre el medio ambiente, la economía y la capacidad de las ciudades de dar los servicios básicos a sus habitantes.

Con la ONU Hábitat III, celebrada en Quito en octubre de 2016, se introduce la Nueva Agenda Urbana, enfocado en un paradigma basado en la ciencias de las ciudades, el cual establece normas y principios para el desarrollo de las zonas urbanas, estas cimentadas en cinco pilares principales, los cuales representaban los niveles gubernamentales, estableciendo políticas urbanas a nivel nacional, así como legislación enfocadas a la planificación, el diseño urbano, la economía local y las implementaciones locales (ONU, 2017).

Se reconoce aquí la innegable correlación entre una urbanización de alta calidad con el desarrollo, la cual presenta mayores oportunidades para la creación de empleos, la generación de medios alternativos de subsistencia y en consecuencia, la mejora de la calidad de vida, esto, afianzado en una robusta propuesta de políticas y estrategias de renovación urbana (ONU, 2017).

Se le agregan nuevas aristas al desarrollo sostenible, que ya no solo es unidimensional en cuestiones sociales, sino ahora incluye importantes cuestiones como la igualdad de género, inclusividad, el empoderamiento de todas las mujeres y niñas, esto con el fin de aprovechar las vitales contribuciones que antes se habían invisibilizado, esto para buscar el fomentar una sociedad resiliente y enfocada en la preservación del medio ambiente (ONU, 2017).

Esto debería ser logrado a través del fortalecimiento de la gobernanza urbana, en donde las instituciones fueran sólidas con mecanismos enfocados en la planificación y desarrollo urbano a largo plazo, apoyándose de sus sistemas locales fiscales para crear, mantener y compartir las obligaciones que conllevan una urbanización de calidad, pero también los beneficios que esta otorga.

Es hasta esta cumbre en donde las Naciones Unidas toman una postura activa ante uno de los más grandes problemas que se presentaban en el nuevo panorama global, el cambio climático, denotando la importancia del desarrollo enfocado en la mitigación, y aún más importante, la preparación para los efectos adversos futuros se pudieran presentar en los centros urbanos, promoviendo la resiliencia, la habitabilidad, la salud mental y la priorización de la conservación de las especies endémicas. Dentro de los planes de la mitigación de los efectos del cambio climático fue mantener la temperatura media mundial muy por debajo de 2 grados Celsius, esto con respecto a los niveles preindustriales, teniendo como límite alto permisible 1.5 Celsius por encima de estos mismos niveles (ONU, 2017).

Se pide que estas acciones de mitigación del cambio climático adoptadas dentro de los procesos de planificación y ordenación territorial, considerando las pautas de diseño de servicios, infraestructura, construcciones, edificios y espacios sobre la base de la resiliencia con soluciones basadas en la naturaleza. Abriendo también la cooperación mundial, y enfocados en materia ecológica, a los apoyos como el Fondo Verde para el Clima, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, el Fondo de Adaptación y los fondos de inversión en el clima, creando así mecanismos para

identificar instrumentos financieros coherentes con cualquier marco nacional (ONU, 2017).

Esto dio pauta a que muchos de los países desarrollados reenfocaran su planificación y desarrollo urbano, volviendo el eje prioritario la conservación del medio ambiente y la preparación ante efectos crecientes del cambio climático, esto, bajo una lógica ambientalista, en donde si los problemas relacionados con el medio natural del entorno donde se desarrollan los centros urbanos eran solucionados de manera efectiva e integral, las dimensiones sociales y económicas serían englobadas en una planificación verde, la cual tomaría una postura más humanística.

3.3 La planificación verde.

Con el panorama establecido en las cumbres celebradas por las Naciones Unidas desde 1972 hasta su más reciente ratificación en el 2017, y sumado el rápido deterioro de los ecosistemas mundiales debido a las prácticas indiscriminadas de los recursos naturales, la comunidad mundial, comenzó gravitar hacia la necesidad de un cambio en el eje de desarrollo económico, ya el camino que el planeta estaba tomando, no solo volvería insostenible nuestra manera de producir, sino también el modo en que enfrentaríamos las graves consecuencias.

De aquí nace un enfoque ambiental para la planificación en todos sus niveles, pero en particular en la esfera ambiental, ya que esta, tiene un impacto directo en las esferas sociales y económicas, sin en el sustento ambiental están jamás se podrían solucionar, y menos pensar en que se desarrollaran en manera adecuada para cubrir las necesidades de la nuevas exigencias del mundo.

Dicho enfoque ambiental ha sido una de las visiones que más impacto ha tenido en el desarrollo de las teorías de la planeación urbana. Desde las propuestas higienistas de la primera mitad del siglo XIX hasta las más actuales enfocadas en la Infraestructura Verde, han estado presente en el núcleo de la planeación urbana temas de carácter ecológico-ambiental como la importancia de la protección y promoción de los parques urbanos y masas verdes, el manejo de residuos, la gestión integral del agua y los recursos naturales.

3.3.1 El enfoque de la Unión Europea sobre la planificación verde.

Este tipo de abordajes sobre el desarrollo sustentable son las predominan en los países desarrollados, como es el caso de Barcelona, con su plan del verde y de la biodiversidad 2020, creado en 2013, que establece un compromiso para conservar y mejorar su patrimonio natural. Esta visión a medio plazo busca establecer una infraestructura ecológica que brinde servicios ambientales y sociales a sus habitantes, esto a través de la inserción de un contexto natural en la urbe, con la cual se generarían espacios de vida dentro de la ciudad y a su vez otorgando más resiliencia antes los retos futuros que se pudieran suscitar (de Barcelona, 2013).

La suma de todos los espacios verdes, ya sean naturales o ajardinados, grandes o pequeños, públicos o privados, forman un sistema verde de la ciudad, articulados para formar un espacio continuo con fines ambientales (de Barcelona, 2013).

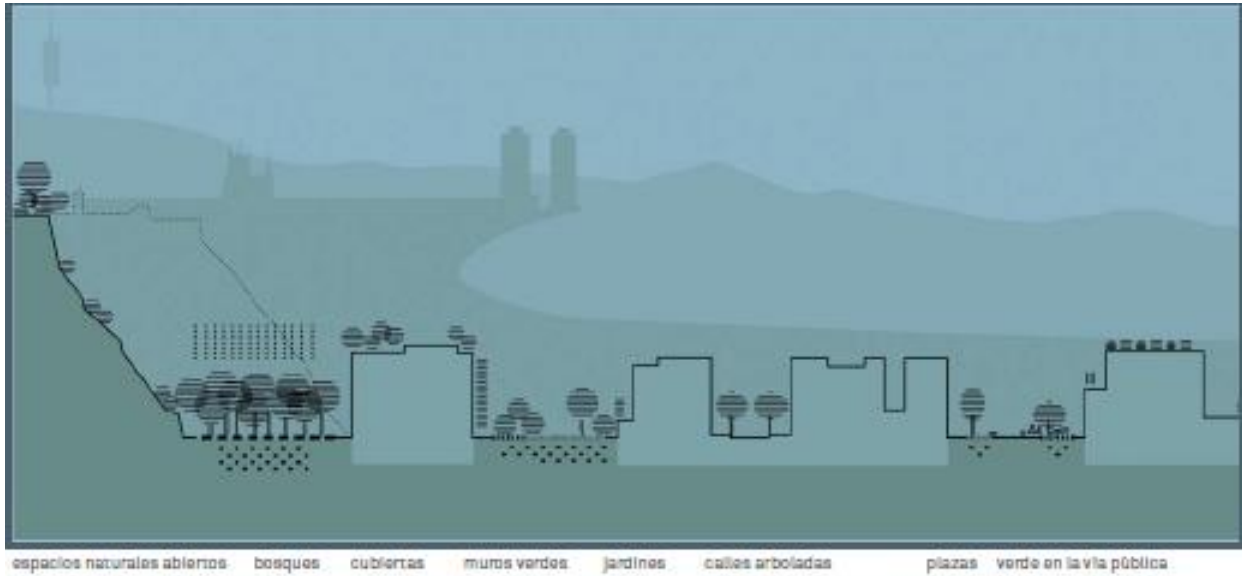


Figura 11: Configuración del espacio verde en Barcelona

Fuente: del Barcelona, A., 2013

En el plan propuesto por el ayuntamiento de Barcelona, según sus estimaciones, serviría como complementario a las demás infraestructuras, esto para la facilitación del funcionamiento de la ciudad, aportando factores socioculturales, estéticos y bienestar que logran una ciudad más armoniosa y funcional.



Figura 12: Metabolismo del sistema urbano.

Fuente: de Barcelona, A., 2013

De manera resumida, el plan del verde y de la Biodiversidad de Barcelona 2020, establece una serie de aportaciones que este tipo de nuevas configuraciones aportan, que no solo se remite a lo estético sino tiene un fuerte arraigo en lo sociocultural (Tabla 8).

Características y valores >>	Atributos >>	Funciones >>	Tipos de espacios >>
Características ecológicas naturalidad diversidad complejidad conectividad	Calidad del hábitat	superficie calidad del suelo diversidad topográfica permeabilidad presencia de agua	Espacio natural abierto Espacio fluvial Litoral Bosque Parque Jardín Huerto Estanque Plaza Calle arbolada Verde en la calle Cubierta verde Muro verde y/o jardín vertical
	Calidad biológica	riqueza de especies riqueza de hábitats índice de autóctonas/alóctonas densidad estratificación salud de la vegetación y de la fauna representatividad singularidad	
Valores socioculturales salud belleza cultura bienestar relación paisaje	Calidad ambiental	confort acústico confort climático calidad del aire	
	Calidad sensorial	calidad olfativa calidad sonora calidad cromática calidad visual variabilidad estacional y temporal	
	Capacidad de acogida	proximidad accesibilidad movilidad pacificada diversidad de usos capacidad de socialización	
	Interés cultural	identidad interés histórico interés artístico interés educativo	

Tabla 8: Principales aportaciones del verde y la biodiversidad.

Fuente: del Barcelona, 2013

Pero el ayuntamiento de Barcelona no se encuentra solo en la península ibérica en cuestiones de desarrollo urbano con ejes ambientalistas. En el caso de los planes directores ecológicos como lo es la Propuesta de Plan Director Infraestructura Verde de Zaragoza (Zaragoza, 2013) y La infraestructura verde urbana de Vitoria-Gasteiz. (VG, 2014), se han establecidos planes enfocados directamente en la infraestructura verde como eje principal para el ordenamiento dentro de las urbes. En el caso del ayuntamiento de Zaragoza, su plan director de infraestructura verde,

está dentro del programa LIFE, el cual es un instrumento financiero de la Unión Europea dedicado exclusivamente al medio ambiente.

Con una serie de acciones de índole ecológica, social y económica, el ayuntamiento de Zaragoza, busca mejorar los aspectos de conectividad y como recurso turístico, todo esto utilizando una planeación basada en la infraestructura verde como detonar del ayuntamiento. En el caso del ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, la aproximación de este tipo de planeación está regida por cuatro grandes esferas, las cuales proveerían a las ciudades de servicios eco-sistémicos.



Figura 13: Servicios eco sistémicos otorgados por la planificación ecológica

Fuente de imagen: VG, 2014

En esta aproximación de planificación ecológica, el ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, encontró que la multifuncionalidad es una de la principales características y un atributo que “es una herramienta fundamental para la creación de ambientes

saludables que mejoren la salud física y psíquica, de sus habitantes, a la vez que contribuye a desarrollar una economía verde y sostenible” (VG, 2014, pág. 6).

La multifuncionalidad por su enfoque de carácter transversal que pudiera apoyar el desarrollo de numerosas políticas, tanto territoriales como sectoriales, como lo son la agricultura, energía, cambio climático, urbanismo, vivienda y espacio público. (VG, 2014) La tendencia de los planes de desarrollo de los países de la Unión Europea está fuertemente inclinada hacia la integración de los medios naturales como agentes de regulación de los efectos innatos de las grandes urbes, pero no solamente en cuestiones ambientales, sino también como una respuesta a las necesidades sociales y económicas.

La constante que aparece en casi todos los planes de desarrollo, es la infraestructura verde, esto gracias a su carácter multidimensional y su innata capacidad de dar soluciones simultaneas a situaciones que aparentemente no están relacionadas.

3.4 Las consecuencias de la urbanización en la hidrología urbana.

El ciclo hidrológico urbano es definido por Campos Aranda (2010) como “un modelo conceptual que describe el almacenamiento y circulación del agua entre la biosfera, atmosfera, litosfera e hidrosfera”.

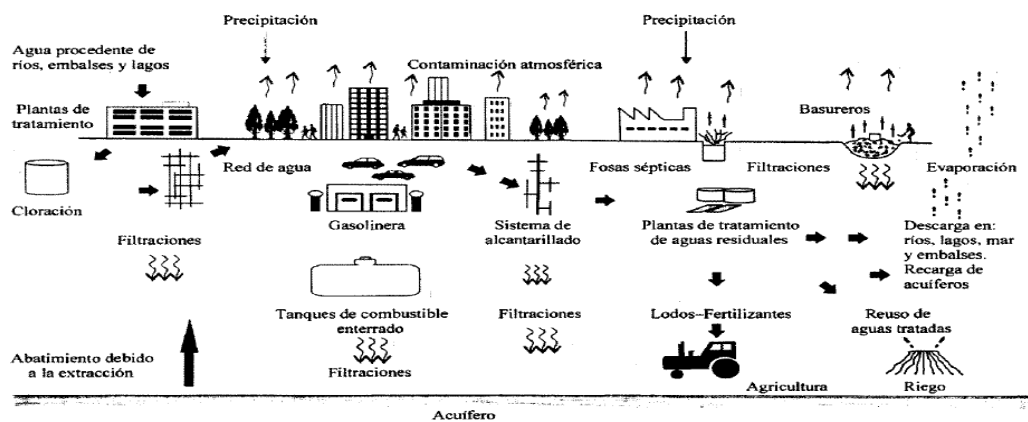


Figura 14 Ilustración esquemática del ciclo hidrológico urbano

Fuente: (Campos Aranda, 2010)

Se debe entender que la circulación entre los depósitos de almacenamiento puede ser causado por diversos factores como son la infiltración, percolación, escurrimientos, entre otros y que los efectos de la urbanización, industrialización y el crecimiento poblacional alteran el paisaje natural y por consecuencia las respuestas hidrológicas de las cuencas urbanas (Campos Aranda, 2010).

La complejidad del ciclo hidrológico urbano se encuentra en que cuenta con dos fuentes principales de agua, una es la de abastecimiento municipal, la cual es distribuida directamente a la población y debida a pérdidas alimentan de manera despreciable al sistema subterráneo de aguas. La segunda es el agua de precipitación, la cual tiene un recorrido más complejo dentro del contexto urbano, ya que, cuando esta se presenta, está sujeta a su reubicación en contextos muy diversos como puede ser la intercepción, almacenamiento y transpiración. Parte de esta precipitación se infiltra en el terreno natural contribuyendo a la recarga de las aguas subterráneas (Campos Aranda, 2010).

De esta manera, la precipitación que no se infiltra se convierte en escurrimiento superficial y es conducida por los sistema de drenado, ya sean naturales o artificiales, para así ser depositados en cauces o almacenamientos (Campos Aranda, 2010).

En el manejo integral de las aguas en el contexto urbano se ha visto una fuerte desarticulación entre los recursos hídricos urbanos y las actividades de la ciudadanía, la cual ha generado que el manejo se vuelva ineficiente y con grandes costos de administración (Campos Aranda, 2010).

Esto es consecuencia directa de la urbanización, ya que antes el terreno se encontraba con vegetación o en su condición natural, este se vuelve impermeable por la construcción de la estructura urbana. Los efectos de esto se vuelven muy evidentes con las precipitaciones ya que no se infiltra y por lo tanto el volumen de

escurrimiento se ve incrementado, a su vez, las superficies son menos rugosas, ayudando a la mejor conducción (Campos Aranda, 2010).

Pero lo más notorio es la rectificación de cauces naturales o en algunos casos la sustitución del mismo por estructuras de conducción, las cuales incrementan el volumen y la velocidad del escurrimiento.

Cambio en el uso del terreno o del agua	Posible efecto hidrológico
1. Cambio de natural a escasamente urbano	
<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de la vegetación • Construcción de casas aisladas • Perforación de pozos o norias • Construcción de fosas sépticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Decrece la transpiración • Se incrementa la sedimentación • Se reduce el nivel freático • Se incrementa la humedad del suelo • Se eleva el nivel freático y existe contaminación local
2. Cambio de escasamente urbano a semiurbano	
<ul style="list-style-type: none"> • Se nivelan terrenos para construir casas • Se construyen casas y pavimentan calles <ul style="list-style-type: none"> • Se cancelan pozos • Se aprovechan corrientes superficiales • Se descargan aguas residuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incrementa la sedimentación y se eliminan cauces pequeños • Decrece la infiltración, se incrementan las crecientes y disminuye el nivel freático <ul style="list-style-type: none"> • Sube el nivel freático • Disminuye el escurrimiento • Se incrementa la contaminación, mueren los peces, decrece la recreación y la calidad del agua
3. Cambio de semiurbano a plenamente urbano	
<ul style="list-style-type: none"> • Se construyen mas casas, comercios e industrias <ul style="list-style-type: none"> • Se descargan mas aguas residuales <ul style="list-style-type: none"> • Mas pozos son abandonados • Se importa agua de otras cuencas • Se estrechan o invaden cauces • Se construyen el drenaje sanitario y las plantas de tratamiento de aguas residuales • Se mejora el drenaje de aguas de tormentas <ul style="list-style-type: none"> • Se construyen pozos profundos • Se construyen pozos de recarga • Se aprovecha el agua residual 	<ul style="list-style-type: none"> • Decrece la infiltración, se incrementan las crecientes y disminuye el gasto base <ul style="list-style-type: none"> • Se incrementa la contaminación <ul style="list-style-type: none"> • Se eleva el nivel freático • Se incrementa el escurrimiento • Se incrementa el daño por las crecientes • Se reduce aun mas la infiltración y la recarga • Se reducen los daños por inundaciones y se incrementan los gastos de descarga <ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la carga piezométrica • Se recuperan los acuíferos

Tabla 9 Relación de los efectos hidrológicos asociados con la urbanización

Fuente: Campos Aranda, 2010

Históricamente los sistemas de drenaje urbano fueron diseñados para recolectar y conducir las aguas de precipitación de manera rápida con dirección hacia agua abajo, con una visión de que estas aguas eran consideradas enemigos públicos, de

tal manera se construyeron sistemas costosos que no funcionaban de manera satisfactoria (Campos Aranda, 2010).

Ese paradigma se cambió para dar pie a un sistema de manejo de drenaje urbano que englobe acciones encaminadas a reducir, a un nivel en donde las interrupciones de las actividades de la población, por causa de las aguas de precipitaciones, sean aceptables, con acciones para recolectar, detener, transportar y eliminar dichas aguas.

El diseño de estos sistemas urbanos de drenaje son una tarea monumental, ya que se pueden encontrar con muchas limitaciones de tipo espaciales o económicas, las cuales exigen concebir de manera integral las soluciones con el desarrollo urbano, ya que muchos de los problemas asociados con las aguas de precipitación pueden ser resueltos con soluciones no invasivas, que son de bajo costo y no modifican el entorno natural (Campos Aranda, 2010).

Un factor imperante dentro del diseño de los sistemas de drenaje urbano es el tiempo de retorno de las tormentas, esto entendiéndose de la frecuencia con la que se suscitan los fenómenos de precipitación y su intensidad, la cual está directamente relacionados, conforme aumenta el periodo de retorno aumenta la intensidad del fenómeno de precipitación.

Comúnmente los sistemas de drenaje se diseñan para periodos de tormentas frecuentes con un periodo de retorno de 2 o 10 años, por ello, en las tormentas severas, con un periodo de recurrencia de entre 50 o 100 años, originan graves molestias y causan enormes daños, ya que las calles se transforman en canales de conducción para el desalojo hacia los cauces naturales del agua.

Debido a esto, se especificó un periodo de retorno dentro de los diseños de drenaje pluvial urbano que contemplara un factor de drenaje inicial y mayor, esto dependiendo del uso del terreno (ver tabla 10).

Uso del Terreno	Drenaje inicial	Drenaje mayor
Residencial	2	100
Comercial y zona de edificios públicos	5	100
Aeropuertos	2 a 5	100
Distritos de negocios y áreas publicas	5 a 10	100

Tabla 10 Periodos de retorno (años) de la tormentas de diseño en los sistemas de drenaje urbano Fuente: Campos Aranda, 2010

En el estudio de un sistema de drenaje urbano no se debe optar por periodo de retorno más bajo, esto es debido que la homogeneidad causara que en partes concentradas se presenten fuertes inundaciones, ya que un entorno urbano puede presentar zonas con muy baja pendientes y su desalojo es insuficiente, y a su vez zonas con pendientes altas en donde la evacuación sería mucho más eficiente.

3.5 La infraestructura verde como eje de respuesta al cambio climático.

La agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) define a la infraestructura verde como “un conjunto de productos, tecnologías y prácticas que usan sistemas naturales-o sistemas construidos que mimetizan procesos naturales-para mejorar la calidad ambiental general y proveer servicios públicos” (Córdova y Vázquez, 2014, pág. 188).

Como lo menciona Camarena Berruecos (2012) la infraestructura verde: “no es un término nuevo, en muchos países aparece con frecuencia relacionado a los temas

de planeación urbana y regional” (p.38), ya que sus conceptos básicos de pueden ser encontrados en planes desarrollados a finales de 1800 en ciudades como Boston y Nueva York.

Tal es el caso del Arquitecto paisajista Frederick Law Olmsted, creador del proyecto de Central Park para la ciudad de Nueva York, y que a principios del siglo XX afirmaba: “Sin importar el tamaño o diseño de un parque, este, por sí mismo no podrá proveer a la población de los beneficios que brinda la naturaleza en su conjunto, por tal razón se deberá pensar en un sistema de parques interconectados alrededor del barrio.” (Berruecos Camarena, 2012, pág. 38) .

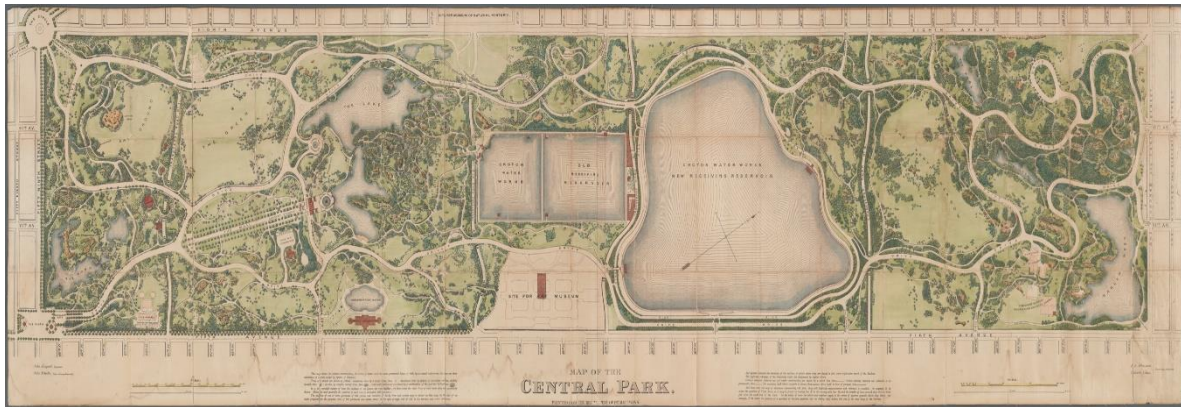


Figura 15 Plano de proyecto de Central Park, Nueva York por Frederick Law Olmsted

Fuente: <https://www.thesolutionsjournal.com/article/frederick-law-olmsted-nature-sustainable-communities/>

Olmsted inventó el concepto de sistemas de parques y corredores, originando una de las primeras propuestas de cinturón verde conocida como el collar esmeralda en la ciudad de Boston en el año de 1887 (Boston Emerald Necklace). Este es uno de los proyectos más antiguos de sistemas de áreas verdes conectados, que reúne un total de nueve parques ligados por corredores peatonales y ciclistas.



Figura 16 Plano de proyecto de Boston Emerald Necklace, Boston por Frederick Law Olmsted

Fuente: <https://www.emeraldnecklace.org/park-overview/emerald-necklace-map/>

La infraestructura verde va tomando más fuerza alrededor del mundo para contrarrestar la problemática social y ambiental que ocasiona la aparición de los conurbados en las grandes metrópolis. Es una herramienta eficaz en la planeación, ya que incorpora en su metodología la participación ciudadana en conjunto con la administración pública, organizaciones no gubernamentales y la iniciativa privada.

La fragmentación de los ecosistemas de una ciudad, incluyendo de alto valor ambiental, se puede contrarrestar con la adecuada implementación de diseños y prototipos urbano-paisajísticos que interconecten los “archipiélagos” de espacios naturales que aún quedan inmersos dentro de la trama urbana (Berruecos Camarena, 2012).

A su vez, la implementación de un conjunto de acciones en forma de una red de Infraestructura Verde adecuada “fortalece la movilidad, genera corredores de biodiversidad, promueve la recuperación del espacio público, y la recarga de los mantos acuíferos evitando el colapso de la red de drenaje durante eventos meteorológicos extraordinarios.” (Berruecos Camarena, 2012, pág. 40).

Para entender mejor el concepto de infraestructura verde se pudiera decir que: “La infraestructura Verde es una red estratégicamente planificada de espacios naturales

y semi-naturales y otros elementos ambientales diseñados y gestionados para ofrecer una amplia gama de servicios eco sistémicos. Incluye espacios verdes (o azules si se trata de ecosistemas acuáticos) y otros elementos físicos en áreas terrestres (naturales, rurales y urbanas) y marinas”¹ (Zaragoza, 2013).

Derivado de este concepto general el ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, capital de la comunidad autónoma del País Vasco en el norte de España, propone que la infraestructura verde urbana persigue: “la mejora y potenciación de los servicios sistémicos en la ciudad. Incluye los espacios verdes urbanos (arbolado viario, parques y jardines, zonas verdes deportivas, huertos urbanos...), otros elementos semi-naturales o artificiales (fachadas y tejados verdes, jardines de lluvia, pavimentos permeables...) e incorpora nuevos diseños y formas de gestión más eficientes que emulan los procesos naturales y mejoran la bio-capacidad urbana.” (VG, 2014, pág. 8).

Se concibe entonces a la infraestructura verde como: “una red interconectada y complementaria de espacios verdes urbanos que incluyen a todos los elementos destacados por su importancia ambiental, paisajística o patrimonial, así como a sus correspondientes procesos y flujos ecológicos” (VG, 2014, pág. 8) . Donde la función primordial de la integración de un sistema con todas estas características sería: “la vertebración del territorio urbano” (VG, 2014, pág. 8) .La integración a la planeación urbana exige en muchos casos replantear la forma en que son planificados y gestionados los espacios verdes urbanos.

Esta cuestión la explora Vásquez (2014) que afirmaba que: “aproximaciones clásicas para el estudio, diseño y planificación de los espacios urbanos enfatizan casi exclusivamente los beneficios sociales, ligados a la recreación, ocio y belleza escénica dejando fuera todos los muchos beneficios ecológicos y sociales que estos proveen” (p.64). Esta perspectiva clásica de los espacios verdes urbanos está

¹ El Plan Director Infraestructura Verde de Zaragoza, España toma como fuente el documento de *Green Infrastructure-Enhancing Europe's Natural Capital, 2013.*

fuertemente ligado a la noción del “jardín”, que es conceptualizado como una zona “bien delimitada en la que el hombre manipula y modela la naturaleza para adaptarla a sus propios fines ya sean productivos, estéticos, recreativos o simbólicos” (Santiago-Ramos, 2008, pág. 19).

Entonces se podría concluir que esta es una de las razones primordiales por la cual en la planificación urbana se subestime el papel de los espacios verdes en el desarrollo de las ciudades, y por lo tanto tengan una baja prioridad política y en la asignación de presupuestos (CABESPACE, 2003.).

La multifuncionalidad de la infraestructura verde es una de las principales características y un atributo que le permite atender múltiples necesidades de forma simultánea, lo que la convierte en un instrumento de carácter transversal que puede apoyar el desarrollo de numerosas políticas tanto territoriales como sectoriales (agricultura, energía, cambio climático, biodiversidad, urbanismo, vivienda, espacio público, etc.). En la ciudad es una herramienta fundamental para la creación de ambientes saludables que mejoran la salud, física y psíquica, de sus habitantes, a la vez contribuyen a desarrollar una economía verde y sostenible (VG, 2014).

A micro-escala es posible encontrar techos verdes, jardines verticales y plazas. En un principio el término infraestructura verde estaba centrado en la conservación y mantenimiento de ecosistemas naturales mediante una red de espacios interconectados no incluía este tipo de infraestructura verde (Vásquez, 2014).

A escala de paisaje y de región algunos componentes o tipos de infraestructura verde corresponden a humedales, bosques, parques intercomunales, corredores ribereños y líneas de costa. Estos tipos de infraestructura verde son los que permitirían mantener y restaurar procesos ecológicos clave para el funcionamiento de los territorios y maximizar los beneficios sociales que se obtienen de ellos (Vásquez, 2014).

Estos niveles pueden ser mejor resumidas por Vásquez (2014) en: Escala de barrio, Escala de ciudad y Escala regional. Todos estos elementos interconectados forman los componentes del paisaje con potencial de infraestructura verde. Desde calles arboladas y cementerios (Escala de Barrio), pasando por Plazas municipales y terrenos abandonados (Escala de ciudad) hasta Bosques y Parques Nacionales (Escala Regional).

Otro término relacionado por Vásquez (2014) con la infraestructura verde son los servicios eco sistémicos que la misma otorga, los cuales pueden ser definidos como: “los beneficios obtenidos por las personas de los ecosistemas. Estos pueden variar desde los más tangibles como agua potable y alimento, hasta aquellos de carácter psicológico o espiritual, tales como las sensaciones de paz y relajación experimentada por el contacto con la naturaleza (Constanza, y otros, 1997).

Al igual que con las escalas de la infraestructura verde, Vásquez (2014) otorga tres clasificaciones a los servicios eco sistémicos que la misma otorga: de regulación, como lo son la regulación del clima local y la purificación del agua, de provisión, como son los cultivos y el ganado, y por último, los culturales, como lo son el turismo y la belleza escénica.

La infraestructura verde puede ayudar a enfrentar el cambio climático de dos formas: “primero, aumentando los niveles de resiliencia del sistema urbano-ecológico y con ello mejorar su preparación para escenarios de alta incertidumbre y segundo a través de la provisión de servicios eco sistémicos que permitan enfrentar aspectos específicos relacionados con el cambio climático.” (Gill, Handley, & Ennos, 2007).

Estos servicios eco sistémicos ofrecidos por la infraestructura verde son considerados entre los más relevantes para enfrentar el cambio climático y son normalmente clasificados como mecanismos de mitigación (Secuestro de carbono,

provisión de energía renovable, reducción del uso de energía de calefacción y enfriamiento) o adaptación (control de desborde de ríos, reducción de erosión del suelo, mitigación del efecto de isla de calor urbana) (Vásquez, 2014).

Uno de los puntos que destaca la estrategia del uso de la infraestructura verde es que, para que resulten viables, los proyectos de infraestructura verde necesitan ser integrados en los procesos de planificación y ordenación del territorio, estableciendo criterios, normas, usos y gestión que ayuden a proteger y potencializar los servicios eco-sistémicos que un sistema como este puede ofrecer, esto a través de planes parciales con temáticas muy específicas como lo podrían ser un Plan del Arbolado o un Plan del Paisaje a nivel regional (VG, 2014).

Como se mencionaba en el apartado 1.3, en Ciudad Juárez se hicieron las primeras menciones directas sobre un enfoque más ecológico con la integración en el apartado VIII del Plan de Desarrollo Urbano Sostenible del 2016 (IMIP, 2016c), elaborado por el Instituto de Investigación y Planeación del municipio de Juárez, de una Guía de Diseño para la Infraestructura Verde, donde se enumeran alternativas de diseño urbano integrando elementos de la infraestructura verde para dar soluciones integrales a los cambiantes retos que los planificadores urbanos se enfrentan en cuestiones de optimizar el funcionamiento de un ente casi vivo como lo es una ciudad.

CAPITULO IV: Metodología

4.1 Metodología general

El método de investigación sería mixto, el cual se puede describir como “un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos” (Sampieri, 2018, pág. 612).

El método mixto busca integrar los métodos cualitativos y cuantitativos con el fin de obtener un panorama más integral del fenómeno, logrando un entendimiento mayor de todas las aristas que se pudieran suscitar en la investigación (Sampieri, 2018) .

Dado que esta investigación busca no solo identificar los factores técnicos, normativos y de estructura urbana, si no también explorar factores socio-culturales que tienen una fuerte influencia en el éxito de la implementación de la infraestructura verde como estrategia para la mitigación de inundaciones, de ahí la necesidad de este enfoque mixto.

Objetivos particulares	Objetivos específicos	Objetivos metodológicos
1. Identificar y analizar los obstáculos técnicos en la implementación y mantenimiento de la infraestructura verde	2.1 Elaboración de ficha de medición de la efectividad de la infraestructura verde	2.1.1 Investigación documental
		2.1.2 Observación en campo
	2.2 Medir la efectividad de la infraestructura verde en el periodo de mayo-octubre de 2019	2.2.1 Registro de muestras de la lluvia del periodo
		2.2.2 Evaluación de datos adquiridos
2. Identificar y analizar los usos dentro de un espacio de infraestructura verde	2.1 Observación del uso del espacio por vecinos, transeúntes y otros usuarios	2.1.1 Ficha de observación (horarios, días, actividades realizadas)
		2.1.2 Evaluación de datos adquiridos
3. Propuesta de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde	3.1 Observación de los resultados de datos adquiridos en análisis de la efectividad de la infraestructura verde y el uso del espacio	3.1.1. Elaboración de bitácora de campo para evaluación de sitios para infraestructura verde
		3.1.2 Aplicación de bitácora de campo

Tabla 11 Objetivos particulares, específicos y metodológicos.

En la tabla anterior se muestra la secuencia del desarrollo de cada uno de los objetivos particulares, esto es debido a que la propuesta de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde fue alimentada por los datos adquiridos en los dos primeros objetivos particulares, la efectividad de la infraestructura y los usos dentro de un espacio de infraestructura verde, para poder construir las categorías pertinentes que capturarán los factores que pudieran influir en una intervención de infraestructura verde con una mayor probabilidad de éxito.

En una primera instancia se realizó una investigación documental de bases de datos, índices, planes de desarrollo urbano, planes parciales, planes de manejo de aguas pluviales y archivos históricos de afectaciones por lluvias torrenciales, con la finalidad de identificar las practicas aplicadas en el contexto urbano-geográfico del área de estudio, rescatando los elementos urbanos, ambientales, históricos, económicos y sociales pertinentes para la composición de una estrategia integral, tomando casos específicos de las practicas a nivel de planificación urbana desde un enfoque ecológico en Ciudad Juárez, Estados Unidos de Norteamérica y la Unión Europea, particularmente en los planes desarrollados en España, incluyendo un análisis de los usos de suelos normativos, análisis de riesgos y vulnerabilidad y los planos de la infraestructura subterránea urbana como servicios de agua, drenaje, gas natural, fibra óptica, electricidad entre otras.

4.2 Medición de efectividad de la infraestructura verde.

Como una segunda instancia se identificaron los aspectos técnicos a los cuales se enfrentan las implementaciones de infraestructura verde, esto fue hecho por medio de una ficha de medición de la efectividad, la cual tenía como objetivo analizar el funcionamiento de un sitio en donde ya se encuentren componentes para técnicas de infraestructura verde, se avaló a través de una investigación documental de casos análogos en donde se hayan realizados intervenciones, en particular las implementaciones realizadas en camellones, banquetas y calles por el Watershed Management Group (MacAdam, 2012), esto la ciudad de Tucson, Arizona, estado del suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica, en donde las condiciones climatológicas son similares a Ciudad Juárez, y las recomendaciones dentro del catálogo de infraestructura verde dentro del Manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde para municipios mexicanos (IMPLAN, 2017) , para el análisis, se elaboró una ficha de medición de la efectividad de la infraestructura verde (ver Anexo I, fichas 1 y 2) se registran los eventos pluviales entre los meses de agosto y noviembre de 2019, obtenido los siguientes datos :

1) Sitio de análisis y ubicación

- 2) Fecha de la lluvia
- 3) Intensidad
- 4) Tiempo aproximado de duración
- 5) Presencia de agua en la vialidad después del evento
- 6) Croquis del sitio
- 7) Tipologías de infraestructura verde presentes en el sitio
- 8) Volumen de sedimentos en calle (m³)
- 9) Calidad del agua
 - a) Color
 - b) Presencia de sólidos y/o sedimentos
 - c) Presencia de basura
 - d) Presencia de contaminantes
- 10) Presencia de agua superficial en las estructuras de captación de aguas pluviales en intervalos de 12, 24, 36, 48 y 72 horas
- 11) Presencia de basura y sedimentos en estructuras de captación de agua y estructura urbana del sitio
- 12) Notas
 - a) Notas sobre la intensidad de la lluvia
 - b) Notas sobre calidad de agua
 - c) Notas sobre presencia de sedimentos
 - d) Simbología para recolección de muestras de agua y puntos de ubicación de sedimentos
 - e) Valores de temperatura máxima y porcentaje de humedad relativa
- 13) Memoria fotográfica
 - a) Ubicación de fotografías
 - b) Fecha de toma
 - c) Horario
 - d) Fotografías

Cabe denotar que en el punto 9, Calidad del agua, los rubros de color, presencia de sólidos y sedimentos, presencia de basura y presencia de contaminante se

analizaran solamente en sitio de manera visual y no se someterán a ningún tipo de pruebas de laboratorios.

4.3 Usos dentro del espacio de infraestructura verde.

Como una tercera instancia se identificaron los usos más comunes que se encontraron dentro del espacio de infraestructura verde por medio de una ficha de observación del uso del espacio por vecinos, transeúntes y otros usuarios registrando (ver Anexo I, ficha 3):

- 1) Fecha
- 2) Rango de horario
- 3) Día de la semana
- 4) Punto de observación
- 5) Croquis
- 6) Actividades
 - a) Tipo de actividades
 - i) Caminar
 - ii) Correr
 - iii) Esperar
 - iv) Ejercicio
 - v) Ocio
 - vi) Otros
 - b) Número de personas
 - c) Tiempo de permanencia
 - d) Notas
- 7) Puntos focales de actividad
 - a) Tipo de actividad
 - i) Espera
 - ii) Ocio
 - iii) Otros

- b) Simbología
- c) Notas
- 8) Recorridos dentro del espacio
 - a) Tipo de recorridos
 - i) Caminando
 - ii) Corriendo
 - iii) Con carriola
 - iv) Silla de ruedas
 - v) Otros Medios
 - b) Número de personas
 - c) Simbología
 - d) Notas

4.4. Propuesta de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

Como una última instancia, se elaboró la propuesta de una metodología de potencial para implementación de infraestructura verde, esta tenía la función de analizar un sitio dentro del contexto urbano para la posible implementación de este tipo de intervenciones, haciendo especial énfasis en lugares que no tuvieran componentes para técnicas de infraestructura verde, y con los datos recabados verificar si el sitio es apto o no, fue alimentada por los datos obtenidos por la medición de la efectividad de la infraestructura verde y la observación de los usos dentro del mismo espacio.

Aunado a esto se investigó en manuales técnicos, en particular en el desglose propuesto por el IMPLAN de la ciudad de Hermosillo para la creación de un plan maestro o estratégico (IMPLAN, 2017) para un análisis preliminar de los sitios a intervenir, el resultado fueron siete secciones en donde se analizaron:

- 1) Ubicación (ver Anexo I, ficha 5)

- a) Colonia
 - b) Calle
 - c) Entre calles
 - d) Longitud
 - e) Coordenadas geográficas
 - i) Inicio
 - ii) Fin
- 2) Hidrología urbana (ver Anexo I, ficha 6)
- a) Datos de cuenca
 - i) Cuenca
 - ii) Sub-cuenca
 - iii) Micro-cuenca
 - iv) Área de influencia directa
 - b) Escorrentías pluviales
 - i) Longitudinales
 - ii) Transversales
 - iii) Notas
 - c) Arroyos superficiales
 - i) Notas
 - d) Acequias
 - i) Notas
 - e) Zonas de inundación
 - i) Notas
 - f) COS (Coeficiente de ocupación del suelo)
 - i) Según reglamento
 - ii) actual
 - g) CUS (Coeficiente de utilización del suelo)
 - i) Según reglamento
 - ii) Actual
 - h) Porcentaje de superficie permeable
 - i) Según reglamento

- ii) Actual
- i) Pendientes
 - i) 0 a 3 %
 - ii) 3 a 5%
 - iii) 5 a 8 %
 - iv) 8 % o mas
- 3) Forma de la sección vial (ver Anexo I, ficha 7)
 - a) Calle
 - i) Ancho
 - ii) Número de carriles
 - iii) Ancho de carriles
 - iv) Recubrimiento
 - v) Tipo de calle
 - b) Camellón
 - i) Ancho
 - ii) Longitud
 - iii) Tipo de camellón
 - c) Banquetas
 - i) Ancho
 - ii) Longitud
 - iii) Tipo de banqueta
 - d) Guarniciones
 - i) Ancho
 - ii) Peralte
 - iii) Tipo de guarnición
 - e) Infraestructura subterránea
 - i) Agua
 - ii) Drenaje
 - iii) Agua Tratada
 - iv) Gas
 - v) CFE

- vi) TELMEX
 - vii) Cable
 - viii) PEMEX
 - ix) Notas
- 4) Grupo de Suelos Hidrológicos (ver Anexo I, ficha 8)
- a) Clasificación
 - i) A
 - ii) B
 - iii) C
 - iv) D
 - b) Coeficiente de infiltración
 - i) Más de 7mm/hr (0.30 in/hr)
 - ii) Entre 7mm/hr a 3.5 mm/hr (0.30 in/hr-0.15 in/hr)
 - iii) Entre 1.3 mm/hr a 3.5 mm/hr (0.05 in/hr-0.15 in/hr)
 - iv) Entre 0.0 mm/hr a 1.3 mm/hr (0.0 in/hr-0.05 in/hr)
 - c) Posibles zonas para muestreo de infiltración
 - d) Croquis
- 5) Vegetación existente (ver Anexo I, ficha 9)
- a) Tipos de vegetación
 - i) Simbología
 - ii) Especies presentes
 - iii) Estado
 - iv) Plantadas/crecimiento espontaneo
 - b) Notas
- 6) Fuentes de contaminación (ver Anexo I, ficha 10)
- a) Simbología
 - b) Tipos
 - i) Terrenos descubiertos
 - ii) Vialidades sin recubrimiento
 - iii) Tianguis
 - iv) Ambulantaje

- v) Talleres mecánicos
 - vi) Gasolineras
 - vii) Industria pesada
 - viii)Otros
 - c) Ubicación
 - d) Descripción
 - e) Notas
- 7) Usos socio-culturales y de uso de suelo (ver Anexo I, ficha 11)
- a) Simbología
 - b) Tipos
 - i) Comercial
 - ii) Habitacional
 - iii) Mixto
 - iv) Industrial
 - v) Áreas verdes
 - vi) Hitos históricos
 - vii) Tianguis
 - viii)Ambulantaje
 - ix) Reuniones sociales
 - x) Otros
 - c) Ubicación
 - d) Descripción
 - e) Notas

La metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde pretende ofrecer una guía para ser utilizada en visitas de campo, en donde se puede capturar la configuración de cualquier entorno urbano para tener información concisa desde donde analizar los sitios en donde se pretendan hacer intervenciones de infraestructura verde, y con la obtención de estos datos duros, se puedan facilitar la toma de decisiones sobre la instauración de un diseño que se adapte mejor al entorno en donde se proyecta y aumentar la probabilidad de éxito de las mismas.

Pero a su vez, como una guía la cual pueda dar un análisis de viabilidad para la instauración de un proyecto de infraestructura en cualquier zona de la ciudad, con esto, evitar la implementación de este tipo de intervenciones en lugares donde están destinadas a fracasar.

4.5 Casos de estudio

Para esta investigación se seleccionaron dos casos de estudio, el primero era para medir la efectividad de la infraestructura verde en el Parque Solares, ubicado en el sector habitacional conocido como Valle del Sol en Ciudad Juárez, Chihuahua, y el segundo, en el conocido como Paso a desnivel de la avenida Insurgentes en Ciudad Juárez, Chihuahua, para la aplicación de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

En el caso de la medición de la efectividad de la infraestructura verde se buscaron sitios en los cuales se hubieran hecho intervenciones con el fin de capturar las aguas de las precipitaciones y escorrentías pluviales en camellones, banquetas o áreas verdes.

Con el precedente de la existencia de una intervención de infraestructura verde en el parque denominado Solares, ubicado en las intersecciones de las calles Valle del Sol, Solares y Durango (ver figura 16), se recurrió a buscar sitios similares en las zonas circundantes, esto con el fin de contar con un entorno urbano con características similares en su configuración.



**Figura 17: Ubicación de parque “Solares”
Imagen obtenida de Google Earth Pro, 2018**

Se consideraron cuatro factores para la selección del sitio los cuales fueron:

- 1) Presencia en la calle de estructura de recolección o conducción de aguas.
- 2) Estructuras de captación e infiltración del agua
- 3) Vegetación endémica al desierto de Chihuahua
- 4) Preceptos de diseño de infraestructura verde propuestos en los manuales gubernamentales.

Con estos cuatro puntos se hizo un levantamiento de los sitios para ver cuál era el que cumplía con el mayor número de las características necesarias para poder hacer una observación más fidedigna del funcionamiento de la infraestructura verde.

Los cuatros sitios fueron:

- 1) Parque Solares ubicado en la Calle Solares y Valle del Sol (ver figura 17).

- 2) Camellón Avenida San Bernardo ubicado en la Avenida San Bernardo y Calle Paseo Tres Cantos (ver figura 18).



**Figura 18 Ubicación de camellón Avenida San Bernardo
Imagen obtenida de Google Earth Pro, 2018**

- 3) Pozo de infiltración Fraccionamiento Canto de Murano ubicado en la Calle Paseo Tres Cantos y Calle Bertolini (ver figura 19).



**Figura 19 Ubicación de pozo de infiltración Fraccionamiento Canto de
Murano
Imagen obtenida de Google Earth Pro, 2018**

4) Camellón Calle Parral ubicado en Calle Parral y Privada de Quetzal (ver figura 20).



**Figura 20: Ubicación de camellón Calle Parral
Imagen obtenida de Google Earth Pro, 2018**

Al hacer la inspección en los cuatro sitios antes mencionados, se cotejaron los factores a considerar y el resultado fue el que aparece en la tabla 12 que presenta enseguida.

Selección de sitio para medición de la efectividad de la infraestructura verde					
Sitio	Factores a considerar				Puntos obtenidos
	1) Presencia en la calle de estructura de recolección o conducción de aguas.	2) Estructuras de captación e infiltración del agua	3) Vegetación endémica al desierto de Chihuahua	4) Preceptos de diseño de infraestructura verde propuestos en los manuales gubernamentales.	
Parque Solares	SI	SI	SI	SI	4 de 4
Camellón Avenida San Bernardo	SI	SI	NO	NO	2 de 4
Pozo de infiltración Fraccionamiento Canto de Murano	SI	SI	NO	NO	2 de 4
Camellón Calle Parral	SI	NO	NO	NO	1 de 4

Tabla 12: Selección de sitio para medición de la efectividad de la infraestructura verde

Como se puede observar en la tabla anterior, el sitio con la mejor puntuación fue el Parque Solares, ya que cumplió con los cuatro criterios a considerar para la selección del sitio, volviéndolo el mejor candidato para efectuar la medición de la efectividad de la infraestructura verde.

Para el segundo sitio, en el cual se aplicaría la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde, se buscaron sitios dentro de la cuenca hidrológica denominada “Centro” de Ciudad Juárez, Chihuahua, la cual, se ha caracterizado por tener severos problemas de inundación, ya que es la zona transitoria entre la Sierra de Juárez y el Rio Bravo.

Se consideraron cinco factores para la selección del sitio los cuales fueron:

1. Inundaciones recurrentes
2. Riesgos hidrológicos
3. Daños materiales
4. Daños a ciudadanía
5. Disrupciones viales

Se seleccionaron cuatro sitios en donde se hicieron levantamiento para encontrar cuál era el que cumplía con el mayor número de las características necesarias para poder hacer una aplicación de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde en lugares con notorios problemas de inundación, que se encontraran dentro de la misma cuenca hidrológica y compartieran un entorno urbano similar.

Los cuatros sitios seleccionados fueron:

1. Paso a desnivel avenida Insurgentes ubicado en la avenida Insurgentes y Eje vial Juan Gabriel (ver figura 21).



Figura 21: Ubicación de paso a desnivel avenida Insurgentes
Imagen obtenida de Google Earth Pro, 2018

2. Paso a desnivel avenida 16 de septiembre ubicado en la avenida 16 de septiembre entre avenida Francisco Villa y avenida Juárez (ver figura 22).



Figura 22: Ubicación de paso a desnivel avenida 16 de septiembre
Imagen obtenida de Google Earth Pro, 2018

3. Paso a desnivel puente internacional Santa Fe ubicado en la avenida Juárez y Calle Gardenias (ver figura 23).



**Figura 23: Ubicación de paso a desnivel puente internacional Santa Fe
Imagen obtenida de Google Earth Pro, 2018**

4. Plaza Misión de Guadalupe ubicada en la avenida Francisco Villa y avenida Vicente Guerrero (ver figura 24).



**Figura 24: Ubicación de plaza Misión de Guadalupe
Imagen obtenida de Google Earth Pro, 2018**

Al hacer la inspección en los cuatro sitios antes mencionados, se cotejaron los factores a considerar y el resultado fue el que aparece en la tabla 13 que presenta enseguida.

Selección de sitio para metodología de potencial de implementación y evaluación de la infraestructura verde							
Sitio	Factores a considerar					Resultados	
	1) Inundaciones recurrentes	2) Riesgos hidrológicos	3) Daños materiales	4) Daños a ciudadanía *	5) Disrupciones Viales	Puntos obtenidos	Porcentaje
Paso a desnivel Insurgentes	SI	SI	SI	SI	SI	5 de 5	100%
Paso a desnivel 16 de septiembre	SI	SI	SI	NO	SI	4 de 5	80%
Paso a desnivel Puente Internacional Santa Fe	SI	SI	SI	NO	SI	4 de 5	80%
Plaza Misión de Guadalupe	SI	SI	SI	NO	SI	4 de 5	80%

* Este punto cuenta si el punto presenta casos en los que la ciudadanía se hayan quedados atrapados dentro de la inundación

Tabla13: Selección de sitio para aplicación de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

Como se puede observar en la tabla anterior, los cuatro sitios presentan la mayoría de los factores, pero hay uno que sobresale obteniendo los cinco factores, el paso a desnivel de la avenida Insurgentes, sitio el cual sufre de inundaciones recurrentes desde su construcción a mediados de los años 60, lo cual lo convierte en el candidato más pertinente para la aplicación de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

CAPITULO V: Resultados y Conclusiones

5.1 Medición de la efectividad de la infraestructura verde.

La medición de la efectividad de la infraestructura verde se realizó entre los meses de agosto y noviembre de 2019, y como se mencionó con anterioridad, el sitio que fue seleccionado para efectuar estas mediciones fue el parque Solares, ubicado en la calle Solares y avenida Valle del Sol, en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Se utilizaron las fichas de la medición de la efectividad de la infraestructura verde para cada uno de los eventos, rellenando los rubros pertinentes en el sitio después de un evento pluvial (ver figura 25).

FICHA DE MEDICIÓN DE EFECTIVIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE					CROQUIS DE SITIO
Sitio y ubicación	Fecha de Lluvia	Intensidad	Tiempo Aproximado de duración	Presencia de agua en la vialidad después del evento	
Parque Villa Solares	29-ago-19	Moderada	1 hora 30 min	NO	
Tipologías de infraestructura verde presentes en el sitio					
	Cuencos de captación con tubería debajo de banqueta				
	Desvío de escorrentía				
Volumen de Sedimentos en calle (m3)	Calidad del agua				
	Color	Presencia de Sólidos y/o sedimentos	Presencia de basura	Presencia de contaminantes	
0.039	Gris Turbio	SI, sedimentos suspendidos	NO	Algunos aceites	
Presencia de agua superficial en cuencas de captación (después de evento)					
12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas	
SI	SI	NO	NO	NO	
Basura					
En banquetas	En calle	En entradas de agua	En cuencas de captación	En planicies de inundación	
NO	NO	SI	SI	SI	
Sedimentos					
En banquetas	En calle	En entradas de agua	En cuencas de captación	En planicies de inundación	
SI	SI	SI	NO	NO	
NOTAS					
	Intensidad de Lluvia (milímetros/hora) :Moderadas = >2 y ≤ 15; Fuertes= >15 y ≤30; Muy Fuertes= >30y ≤60 (Clasificación por AEMET)				
	Análisis visual				
	Análisis visual con medidas de cobertura y espesor sobre la calle				
	SITIO DE RECOLECTA DE AGUAS				
	SEDIMENTOS PRESENTES EN CALLE				

Figura 25: Ficha de medición de efectividad de la infraestructura verde correspondiente al evento pluvial del 29 de agosto de 2019

Como se puede observar en la ficha anterior, cada rubro se llena después de la inspección física del sitio, y a su vez se marca con la simbología pertinente para denotar notas especiales encontradas en el sitio. También se realizó un levantamiento fotográfico del sitio y su estado después del evento pluvial (ver figura 26).

UBICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS			
FECHA DE TOMA		HORARIO	
NO. DE FOTO	DESCRIPCIÓN	NO. DE FOTO	DESCRIPCIÓN
1	Vista general calle Solares	11	
2	Cuenco de captación calle Solares	12	
3	Cuenco de captación calle Solares	13	
4	Cuenco de captación calle Solares	14	
5	Cuenco de captación esquina Valle del Sol y Solares	15	
6	Cuenco de captación calle Valle del Sol	16	
7	Pozo de absorción en calle Valle del Sol	17	
8	Cuenco de captación calle Solares	18	
9		19	
10		20	

FOTOGRAFÍAS				

Figura 26: Ficha de memoria fotográfica de medición de efectividad de la infraestructura verde correspondiente al evento pluvial del 29 de agosto de 2019

En esta ficha se anotó la fecha y hora de la toma de las fotografías, así como la ubicación de cada una con una breve descripción de lo que aparece en la imagen, la cual se anexa en la parte inferior, portando el número de identificación.

De esta manera, se repitió para los eventos pluviales suscitados los días 15 y 21 de septiembre, 1 de octubre y 20 de noviembre de 2019, siendo en total cinco eventos significativos con los cuales se analizó el comportamiento de la infraestructura verde. Como primer análisis se midió la intensidad de los eventos pluviales, el cual fue basado en los datos meteorológicos capturados por la estación meteorológica 01 IIT-01 del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, los cuales fueron divididos entre el tiempo aproximado que duró cada evento, con esos datos se utilizó la tabla proporcionada por el AEMET (Agencia Estatal de Meteorología de España) para medir la intensidad de la lluvia (i Agut, 2010) (ver figura 27).

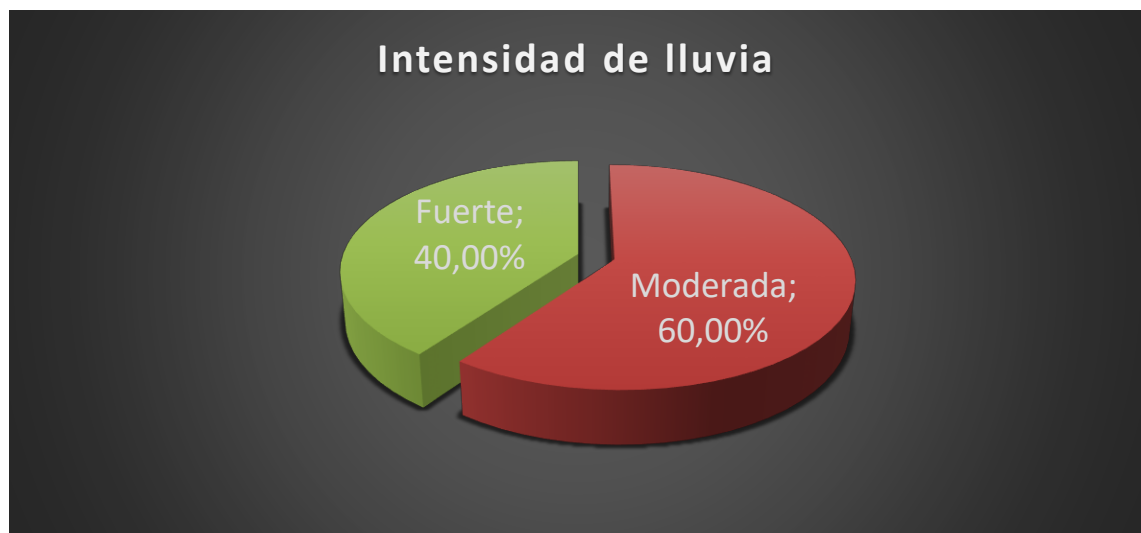


Figura 27: Gráfica de intensidad de lluvia

Como se puede observar en la figura 27, la predominancia de la intensidad de la lluvia es moderada, entre 2 y 15 milímetros por hora de precipitación, con un 60% de la incidencia, dejando a las lluvias fuertes, entre 15 y 30 milímetros por hora de precipitación, con un 40% de la incidencia. Como segundo análisis se buscó la cantidad de veces que había presencia de agua en la vialidad después del evento, es decir, presencia de inundación sobre la calle (ver figura 28).

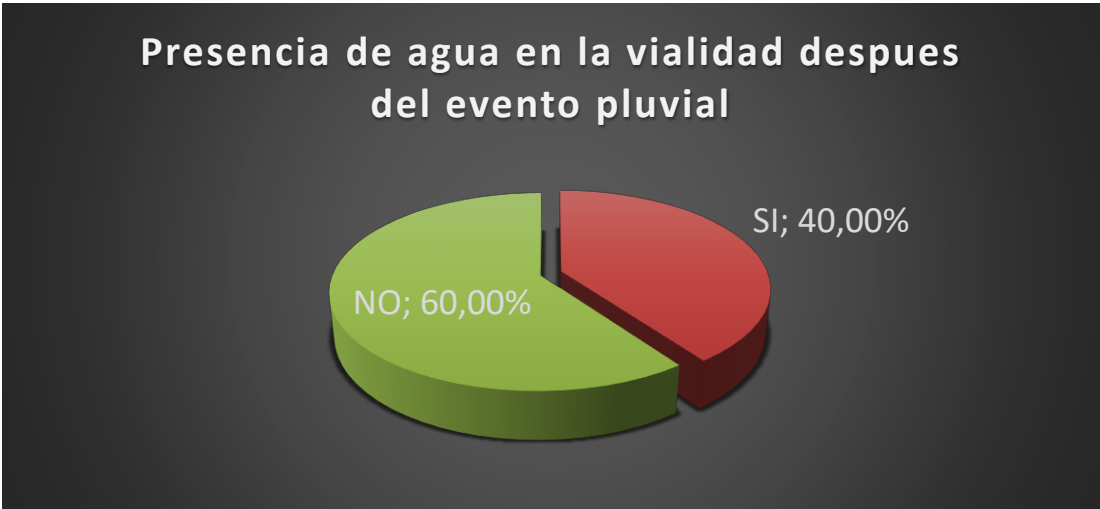


Figura 28: Gráfica de presencia de agua en la vialidad después del evento pluvial

Como se puede observar en la figura 28, después del evento, la no presencia de agua en la vialidad fue de un 60%, dejando con un 40% de los eventos con la presencia de agua en la vialidad, que coincidentemente fue en los eventos en que la lluvia tuvo una intensidad denominada como fuerte. Como un tercer análisis se analizó el tiempo en que se presentaba agua superficial en las cuencas de captación del sistema de infraestructura verde (ver figura 29).

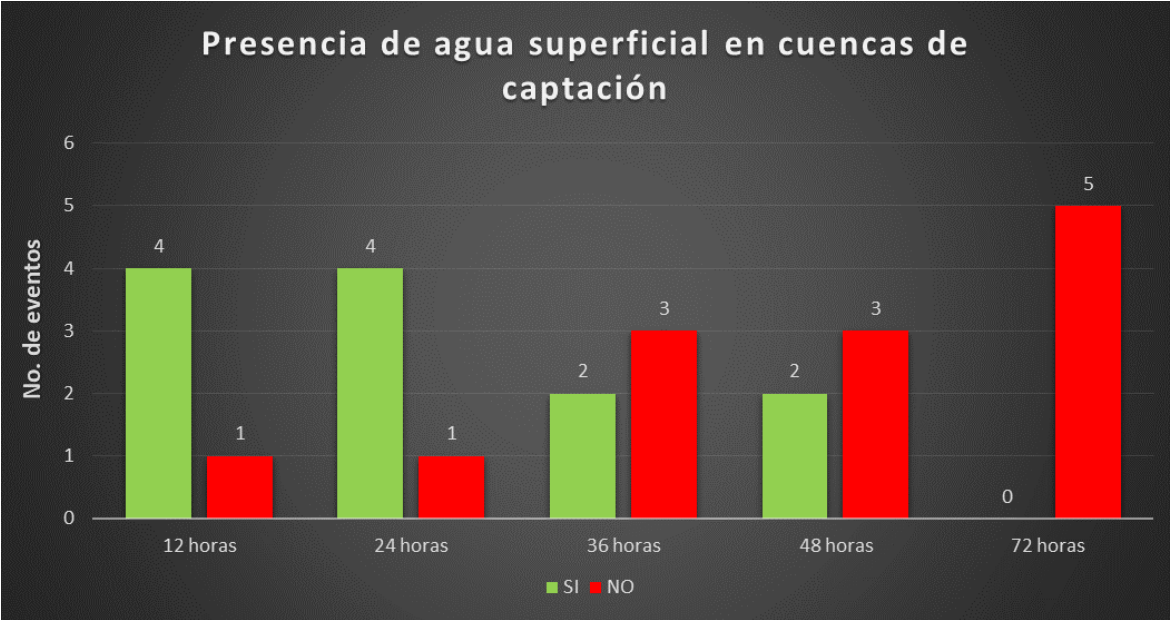


Figura 29: Gráfica de presencia de agua superficial en cuencas de captación

Como se puede observar en la figura 29, en su totalidad, las cuencas del sistema de infraestructura verde del Parque Solares no presentaban agua superficial después de 72 horas, que es el tiempo límite dictado para que no se formen insectos o el agua sufra descomposición, mostrando una infiltración adecuada para el buen funcionamiento del sistema . Como un cuarto análisis se buscó la presencia de basura en las diversas estructuras del sistema de infraestructura verde y la estructura vial (ver figura 30).

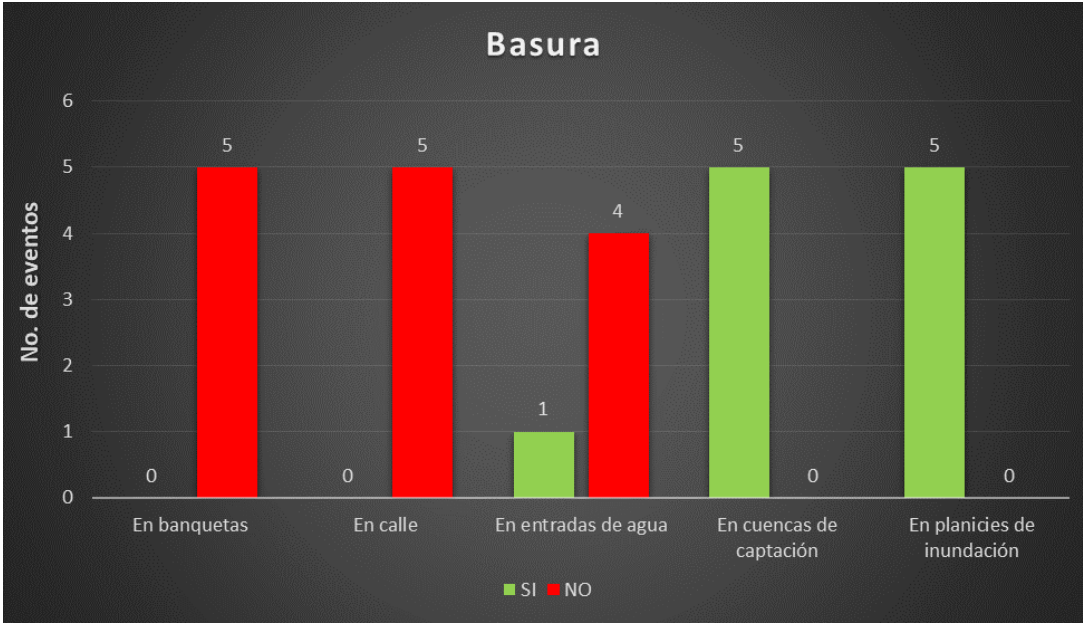


Figura 30: Gráfica de presencia de basura.

Como se puede observar en la figura 30, la preponderancia de la presencia de basura en los sistemas de infraestructura verde del Parque Solares es en las cuencas y planicies de inundación, esto, en los cinco eventos capturados, volviendo a la misma un factor determinante en la efectividad y el mayor problema de mantenimiento del sistema. Como último análisis se buscó la presencia de sedimentos en las diversas estructuras del sistema de infraestructura verde y la estructura vial, se determina también el volumen aproximado que se depositó después del evento, esto fue determinado a través de la medición utilizando un flexómetro para determinar el ancho, largo y espesor de la cobertura de los sedimentos, tomando como punto de referencia la guarnición de concreto como punto de partida, y a su

vez, el espesor se midió al menos en tres puntos diferentes del depósito de los sedimentos para determinar un promedio de profundidad (ver figura 31).

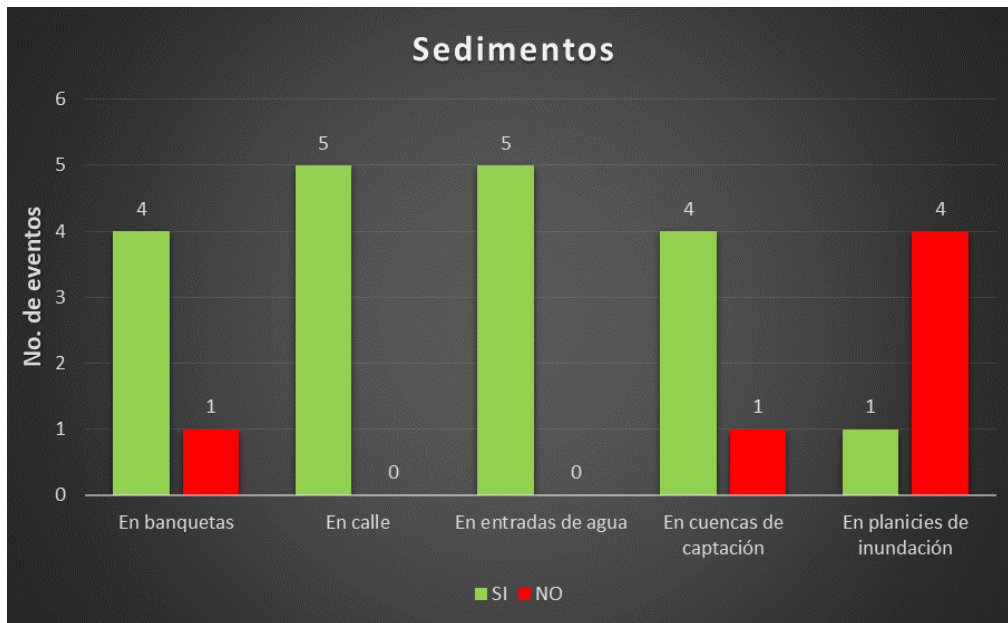


Figura 31: Gráfica de presencia de sedimentos.

Como se puede observar en la figura 31, la presencia está básicamente generalizada en todas las estructuras del sistema de infraestructura verde del Parque Solares, exceptuando en las planicies de inundación, la única incidencia en este rubro fue durante el evento pluvial más intenso que se capturo, la presencia de los mismo causarían un decremento de la capacidad que tiene el sistema para gestionar e infiltrar el agua de manera eficiente.

5.1.1 Conclusión de la medición de la efectividad de la infraestructura verde.

Basándose en los datos capturados en los eventos pluviales se ve una tendencia que el sistema funciona de manera bastante efectiva, esto apoyado en dos factores considerados los ejes principales de un buen funcionamiento de la infraestructura verde, el primero la presencia casi nula en la vialidad de acumulación de agua, la segunda-sería la presencia de agua superficial en los cuencos de captación que conforman el sistema de acumulación e infiltración de agua dentro de la infraestructura verde, ya que hay una presencia muy baja después de 48 horas y nula después de 72 horas, límite establecido como aceptable antes

de la formación de insectos nocivos y la descomposición del agua. Cabe mencionar que en los eventos con intensidad fuerte de igual manera el agua que estaba presente en la vialidad fue conducida hacia el sistema de infraestructura verde, esto no de manera inmediata como sucedió en eventos pluviales moderados. Estas mediciones se verían beneficiadas por el empleo de un pluviómetro en el sitio de análisis, ya que aunque los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas son de gran utilidad, no necesariamente representan la realidad particular de la precipitación pluvial del sitio, esta integración otorgaría una lectura más precisa de cuánta agua está gestionando el sistema de infraestructura verde.

Con la primera aplicación de la ficha para la medición de efectividad de la infraestructura verde se observó la necesidad de integrar algunos cambios para mejorar la claridad y obtener una mejor lectura del sitio analizado. Algunos de los cambios integrados fueron: la inclusión del registro de temperatura y humedad máxima del día del evento pluvial y los dos días subsecuentes, la clarificación del método de medición de la presencia sedimentos en el sitio, así como el cambio de la simbología de la ubicación de los mismos, mostrando ahora una representación gráfica de la cobertura aproximada (ver figura 32).




FICHA DE MEDICION DE EFECTIVIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE					CROQUIS DE SITIO			
Sitio y ubicación	Fecha de Lluvia	Intensidad	Tiempo Aproximado de duración	Presencia de agua en la vialidad después del evento				
Tipologías de infraestructura verde presentes en el sitio								
								
Volumen de Sedimentos en calle (m3)					Calidad del agua			
	Color	Presencia de Solidos y/o sedimentos	Presencia de basura	Presencia de contaminantes				
Presencia de agua superficial en cuencas de captación (después de evento)								
12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas				
Basura								
En banquetas	En calle	En entradas de agua	En cuencas de captación	En planicies de inundación				
Sedimentos								
En banquetas	En calle	En entradas de agua	En cuencas de captación	En planicies de inundación				
SI	SI	SI	NO	NO				
NOTAS								
	Intensidad de Lluvia (milímetros/hora) .Moderadas = >2 y ≤ 15; Fuertes= >15 y ≤30; Muy Fuertes= >30y ≤60 (Clasificación por AEMET)					SITIO DE RECOLECTA DE AGUAS		PRESENCIA DE SEDIMENTOS
	Análisis visual				Valores de temperatura máxima (°C) y humedad máxima (%)			
	El análisis del volumen aproximado de sedimentos se realizo midiendo el espesor promedio de la cobertura (m), el área de cobertura (ancho (m) x largo (m))				Fecha		Fecha	

Figura 32 Actualización de ficha de medición de efectividad de la infraestructura verde

A su vez en la sección de la ubicación de fotografías del sitio de análisis de la infraestructura verde se optó por dejar espacio para la ubicación de 10 fotografías con una columna para la numeración y una columna para su descripción (ver figura 33), eliminando la doble columna del formato original (ver figura 26), la cual causaba confusión con la descripción de las fotografías.

UBICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS	
FECHA DE TOMA	HORARIO
NO. DE FOTO	DESCRIPCIÓN
 1	
 2	
 3	
 4	
 5	
 6	
 7	
 8	
 9	
 10	
FOTOGRAFÍAS	

Figura 33 Actualización de ubicación de fotografías de ficha de medición de efectividad de la infraestructura verde

Algunos factores importantes que se pudieron observar dentro de este análisis, y que fueron integrados a la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde, fueron la presencia de calles sin pavimentación, el factor del tipo de calle incluyendo su morfología general y como esto influyó en la efectividad de la captación del sistema de

infraestructura verde, los sentidos de las escorrentías dentro de la microcuenca próxima a la implementación, esto, de manera longitudinal y transversal, factor determinante de su comportamiento dentro del espacio, las áreas disponibles para absorción contiguas a la implementación, la vegetación existente en el área de la implementación y la infraestructura urbana presente en el sitio. Por último, y siendo un factor que no se había considerado dentro del análisis inicial, fue la integración de los grupos de suelos hidrológicos, en el que se desarrolló la implementación, condición primordial para el funcionamiento de la infraestructura verde, este fue integrado como uno de las secciones de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

5.2 Análisis de usos del espacio de infraestructura verde que influyen en el funcionamiento.

Para complementar los factores físico-espaciales que se analizaron con la medición de la efectividad de la infraestructura verde se propuso el análisis de los usos, actividades y puntos focales del espacio, esto a través de una ficha de observación del uso del espacio por los vecinos, transeúntes y otros usuarios.

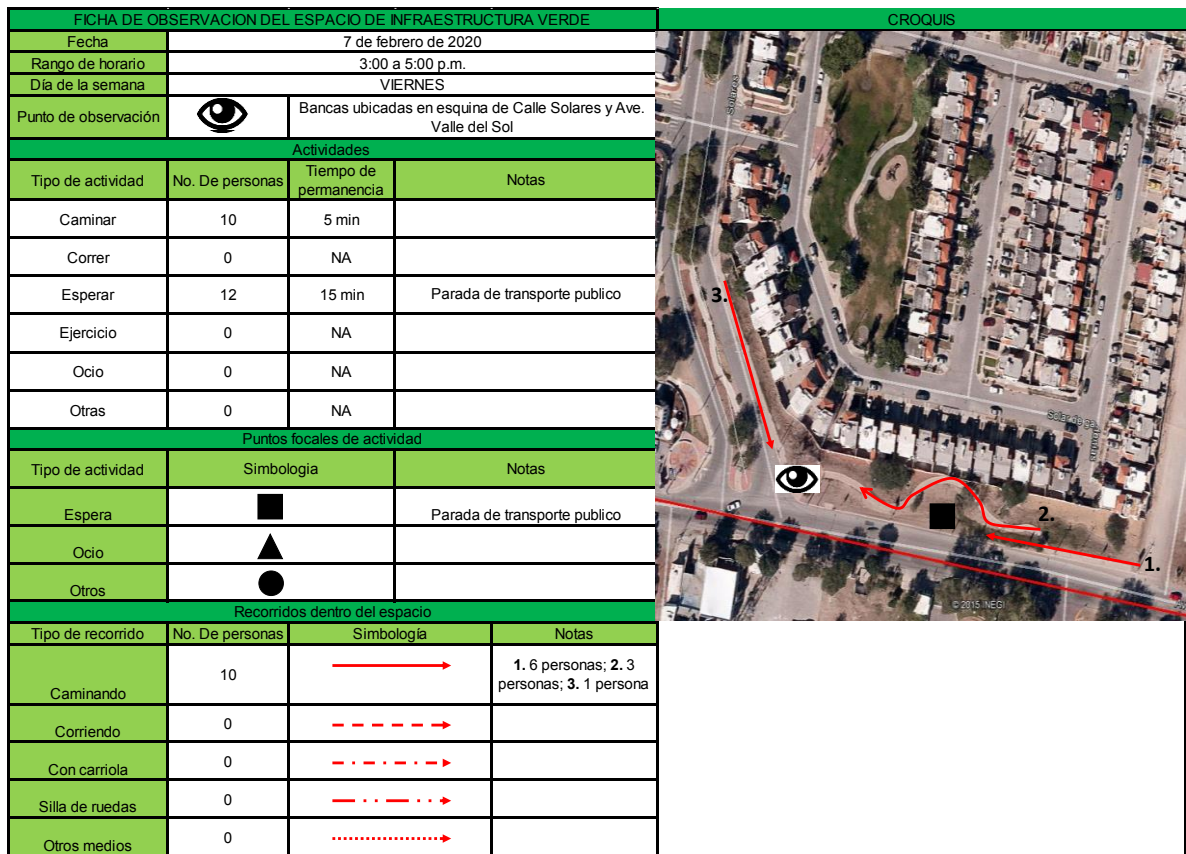


Figura 34: Ficha de observación del espacio infraestructura verde correspondiente al 7 de febrero de 2020

Como se puede observar en la ficha anterior, cada rubro se llenó conforme las actividades se fueran desarrollando dentro del espacio, esto en un periodo de tiempo de no más de dos horas por sesión de observación, la cuales, se marcaban con la simbología pertinente para denotar las actividades, los tiempos de permanencia de las personas y los recorridos más comunes dentro del espacio, los cuales van acompañados de notas especiales encontradas para denotar las incidencias de cada una de las actividades o recorridos. De esta manera, se realizaron 14 sesiones de observación, de las cuales 9 fueron realizadas en el mes de febrero de 2020 y 5 en el mes de marzo de 2020, siendo de estas observaciones 10 en días de la semana de trabajo, lunes a viernes, y 4 en fin de semana.

Con estos datos se analizó el uso que le dan las personas que tienen contacto con el espacio de infraestructura verde. Como primer análisis se identificaron las actividades más comunes que se realizaban dentro del espacio (ver figura 35).

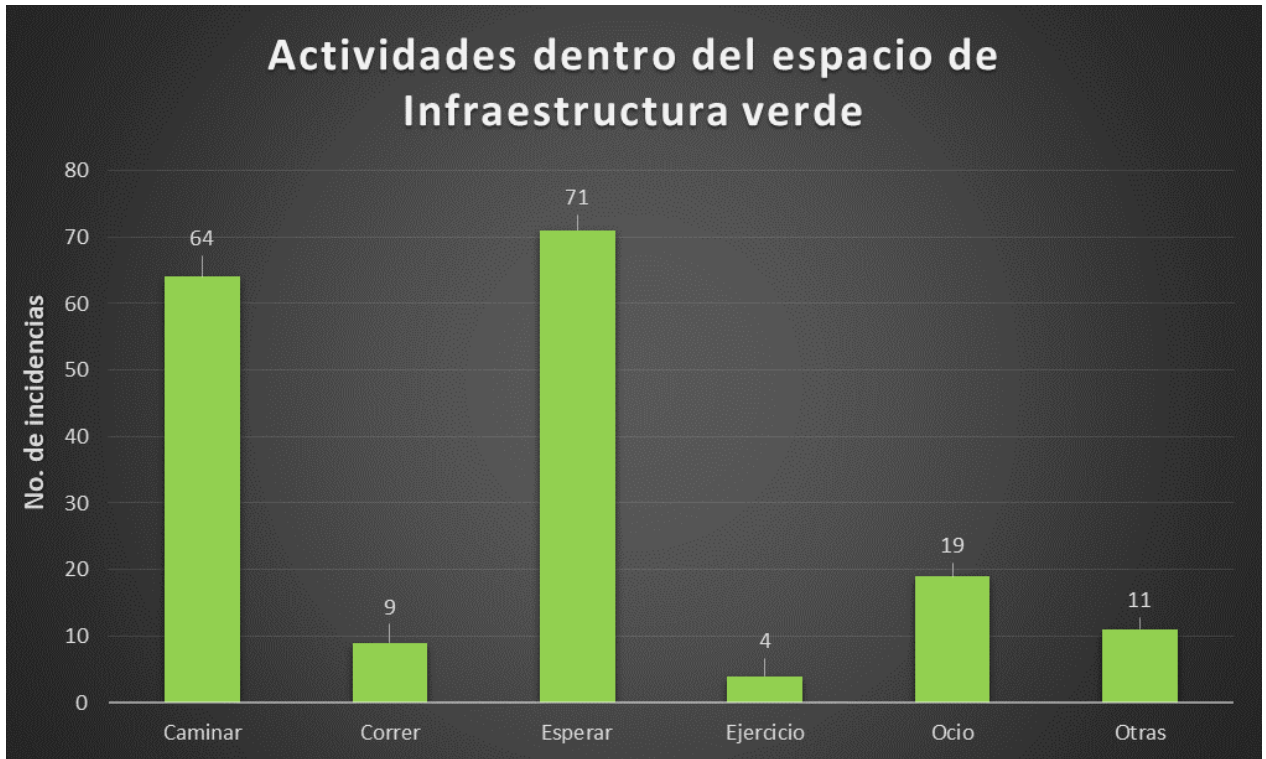


Figura 35: Gráfica de actividades dentro del espacio de infraestructura verde.

Como se puede observar en la figura 35, las actividades predominantes son el caminar el espacio, con 64 incidencias, y el esperar, con 71 incidencias. Estas representan el 36% y 40%, respectivamente, de todas las actividades desarrolladas dentro del espacio, con la más cercana siendo el ocio, el cual representa solamente el 11% de la actividades con 19 incidencias.

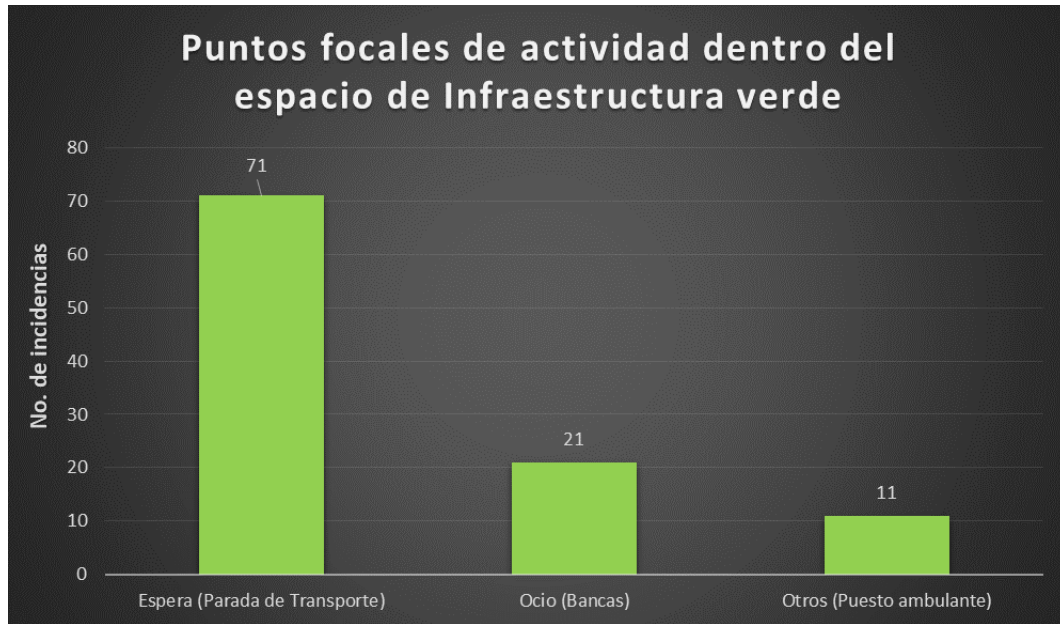


Figura 36: Gráfica de puntos focales de actividad dentro del espacio de infraestructura verde.

Como se puede observar en la figura 36, los puntos focales de actividad son la parada de transporte público, bancas para descanso y un puesto ambulante. Dentro de los cuales podemos ver que el punto focal de actividad dentro del espacio es la parada de transporte público, con 71 incidencias, triplicando al punto de las bancas de descanso, la cual presenta 21 incidencias.

A su vez, cómo se puede observar en la figura 37, la actividad se concentra en su totalidad en la avenida Valle del Sol, la cual es el eje principal de movilidad del sector en donde se encuentra el espacio de infraestructura verde, y la más indicada para la implementación de este tipo de sistemas de infraestructura verde, ya que aportaría a mejorar la movilidad dentro del sector y a su vez, crear un espacio verde autosustentable de esparcimiento dentro de una zona que tiene una carencia significativa de este tipo de espacios.



Figura 37: Ubicación de puntos focales de actividad dentro del espacio de infraestructura verde.

Imagen obtenida de Google Earth Pro.

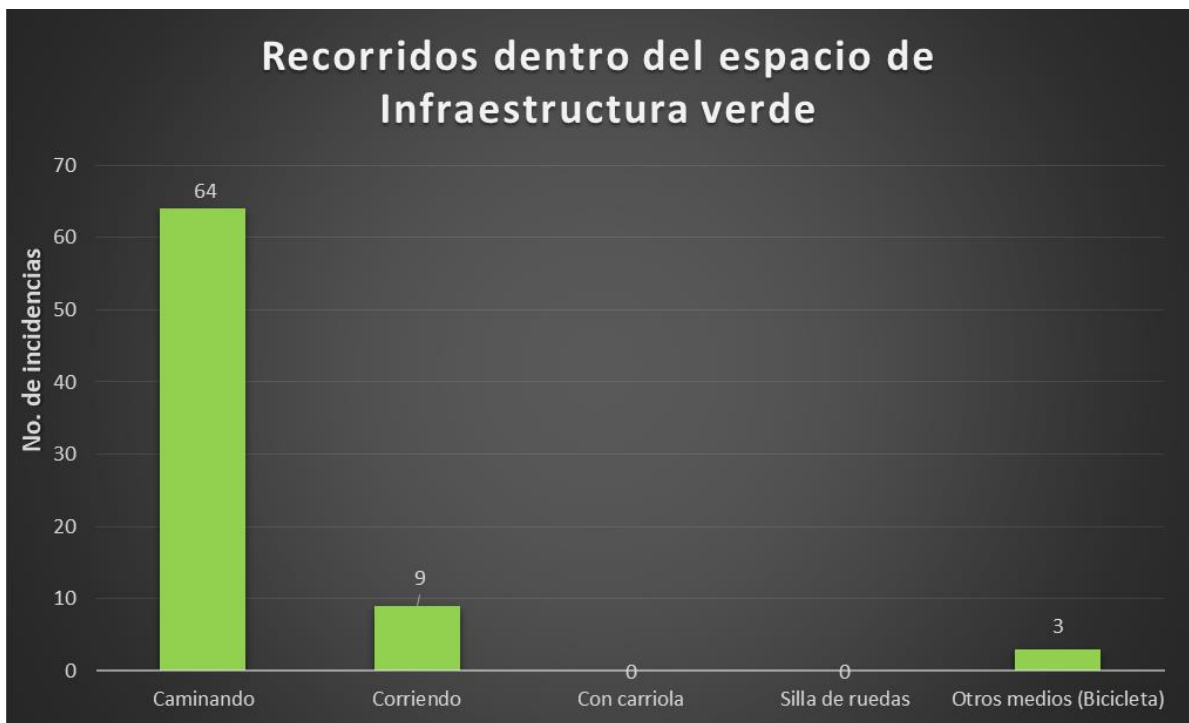


Figura 38: Gráfica de recorridos dentro del espacio de infraestructura verde.

En el análisis de los recorridos dentro del espacio de infraestructura verde, se encontró que el medio más común de recorrido era caminando con 64 incidencias, lo cual representa un

84% de los recorridos, solo dos categorías más de las consideradas dentro de la observación presentan incidencias, correr y otros medios, con 9 y 3 incidencias respectivamente, las cuales representan el 16% restante.

De estos recorridos, y siendo el caminar el que presentaba más incidencias, se analizaron los senderos más utilizados para el movimiento a través del espacio, en el cual encontramos que la banqueta paralela al eje principal de movilidad, la avenida Valle del Sol (ver figura 39), como la que presentaba con más incidencias.



**Figura 39: Sendas utilizadas dentro del espacio de infraestructura verde.
Imagen obtenida de Google Earth Pro.**

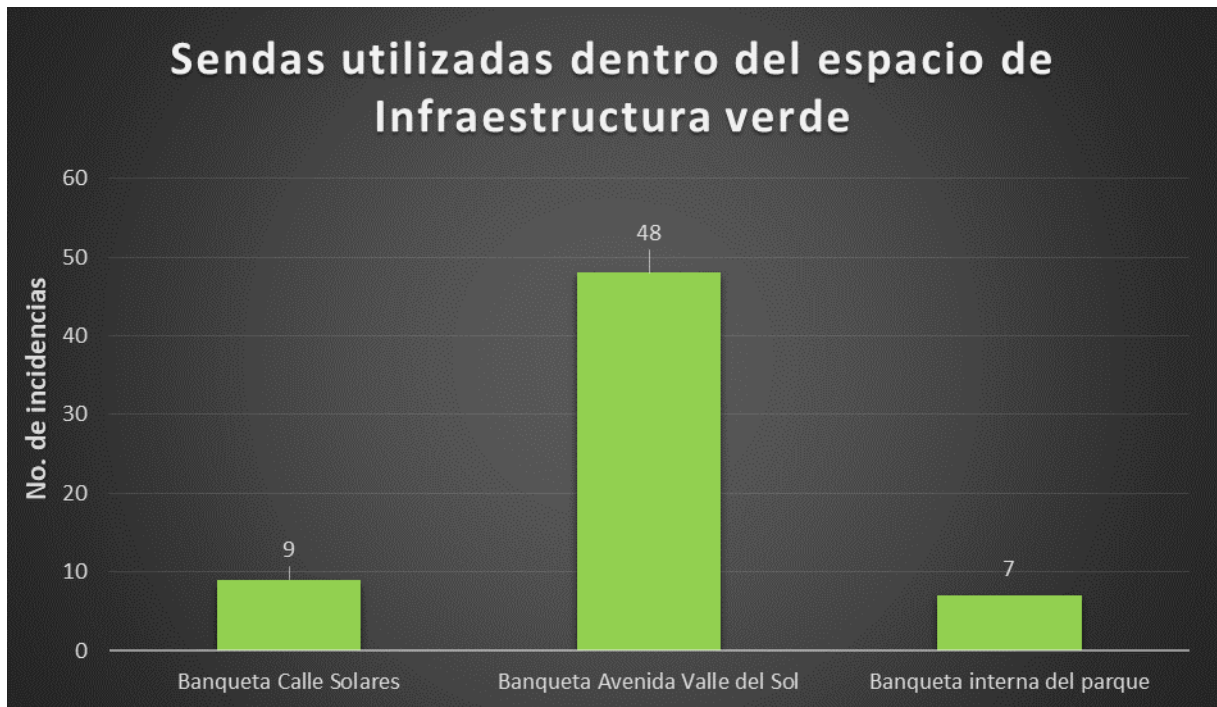


Figura 40: Gráfica de sendas utilizadas dentro del espacio de infraestructura verde.

Como se puede observar en la figura 40 la banqueta paralela a la avenida Valle del Sol presenta 48 incidencias, las cuales representa un 75% de los recorridos caminando dentro del espacio.

Por último se hizo un análisis del tiempo promedio de la permanencia de los usuarios en las diversas actividades que se desarrollaron dentro del espacio de infraestructura verde.

Como podemos observar en la figura 41 las actividades de esperar, ejercicio y ocio tienen un promedio de permanencia idéntico, cabe mencionar que la actividad tiene una mayor frecuencia de incidencias, 71, que las otras dos actividades, las cuales presentan 19 para el ocio y 4 para el ejercicio.

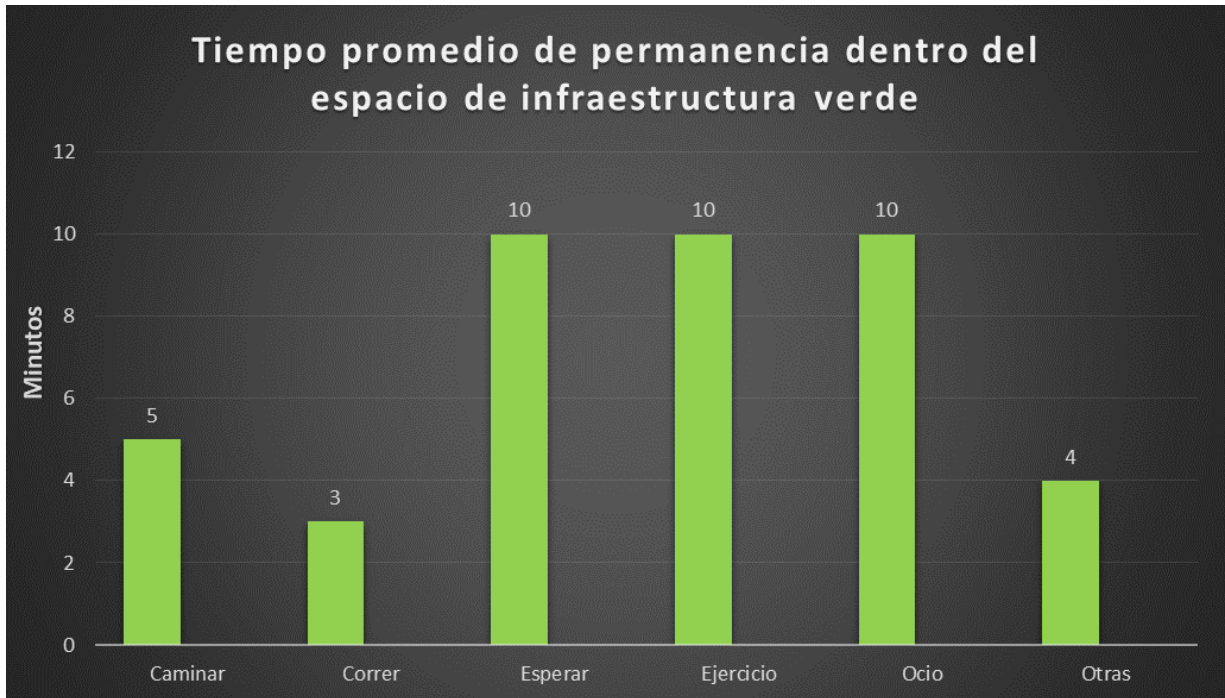


Figura 41: Gráfica de tiempo promedio en minutos de permanencia dentro del espacio de infraestructura verde.

5.2.1 Conclusiones del análisis de usos del espacio de infraestructura verde.

Si bien podemos considerar al espacio de infraestructura verde como un lugar concurrido, se promediaban 11 personas realizando diversas actividades por cada sesión de 2 horas de observación, la naturaleza de su uso descansa en dos funciones primordiales, la espera corta y el cruce peatonal. Ya que las incidencias más concurrentes de las actividades por los usuarios se focalizan en el espacio, el cual está enclaustrado en una zona meramente habitacional, en un punto específico, la parada de transporte público, y en una senda específica, la banqueta paralela a la Avenida Valle del Sol, eje principal de la distribución de la zona habitacional, la cual fue intervenida para mitigar los problemas de inundación que presentaba con preceptos derivados de la infraestructura verde.

Las actividades de ocio fueron limitadas en su mayoría a los fines de semana y en una frecuencia muy escasa, el espacio era utilizado como nexo transitorio que los usuarios

utilizaban como punto de transición en el circuito más amplio de la zona, el cual presenta una fuerte actividad deportiva de atletismo y ciclistas, o en su defecto para abordar transporte que los trasladara a diversos puntos de la misma zona, siendo esta parada de transporte público una de las pocas que está delimitada de manera formal dentro de un circuito lineal de casi 4 kilómetros, delimitados, sobre el eje antes mencionado de la Avenida Valle del Sol, al este por el Boulevard Francisco Villareal Torres y al oeste con la Calle Júpiter, en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Esto abre a la pregunta de cómo en una zona en donde su uso de suelo principal es habitacional y dicho espacio es el único espacio verde público, existen otras zonas verdes de esparcimiento pero se encuentran delimitados por accesos controlados o en desarrollos privados, en un amplio circuito lineal los habitantes y usuarios de la zona no hayan adoptado este espacio para su uso con más frecuencia o para la sociabilización.

De este análisis se alimentaron conceptos para la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde que los factores físico-espaciales no podían capturar, esto, dentro de la naturaleza de como los usuarios utilizaban el espacio y las actividades que desarrollan dentro del mismo, concluyendo que era pertinente agregar factores como la presencia de ambulante, reuniones sociales, puntos históricos, ventas informales o tianguis.

Derivando así, la necesidad de añadir los usos de suelos que rodeaban al espacio que presentaba la implementación de infraestructura verde, esto, con la intención de capturar los potenciales puntos de contaminación que pudieron afectar el funcionamiento y a su vez para contextualizar la zona en la que se encontraba, ya que la configuración de la misma otorga distintas funciones a cumplir dependiendo del contexto urbano en la que se encuentra, el cual, dictaría directamente los criterios de diseño a considerar.

5.3 Metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

La metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde fue organizada en una bitácora de campo para capturar los datos pertinentes encontrados en un sitio en donde se tuviera la intención de generar una implementación de infraestructura verde. Esto con la intención de ser utilizados después en el trabajo de escritorio para tomar decisiones de diseño en la búsqueda de que la implementación de infraestructura verde en el sitio analizado tenga una probabilidad de éxito más grande o si las características encontradas son favorables para una implementación de esta naturaleza como una solución de los problemas de manejo de aguas pluviales.

Como se fue desglosado en el apartado 4.4 la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde se conformó en 7 secciones, las cuales obtendrían datos específicos del sitio. A su vez, como se analizó en el apartado 4.5, se seleccionó un sitio para la aplicación de un pilotaje práctico para medir el desempeño de la metodología. Se escogió una zona de Ciudad Juárez que presentará problemas de inundaciones recurrentes (ver tabla 14), la cual fue la zona conocida como el paso a desnivel de la avenida Insurgentes, en el norponiente de la ciudad, esto con el fin de analizar su conformación espacial y sus características.

Para la sección 1, se hizo una delimitación de la zona para analizar, marcando los límites en los cuatro puntos cardinales, al igual que el inicio y fin del recorrido con coordenadas geográficas y la longitud de calle para analizar.

1. UBICACIÓN					CROQUIS				
1.1 COLONIA	CHAVEÑA								
1.2 CALLE	CALLE LIBERTAD								
1.3 ENTRE CALLES	NORTE	SUR	ORIENTE	PONIENTE					
	Av. Insurgentes	Calle Juan de Oñate	J. Sánchez	Av. Paso del Norte					
1.4 Longitud	394 metros								
1.5 COORDENADAS GEOGRAFICAS	INICIO ↓		FIN ↑						
	Latitud 31°44'1.26"N		Latitud 31°43'49.08"N						
	Longitud 106°28'58.23'O		Longitud 106°28'53.51'O						
NOTAS									

Figura 42: Datos recolectados en la sección de “ubicación” en bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

En la sección 2, denominada hidrología urbana, se tomaron datos sobre el comportamiento del agua dentro del espacio de análisis, esto, apoyado de herramientas como la carta urbana del Instituto Municipal de Investigación y Planeación del municipio de Juárez, para cuestiones normativas de los coeficientes de ocupación y utilización permisibles, como a su vez, el porcentaje de superficies permeables requeridas por normatividad, se hizo uso de perfiles de elevación obtenidos de Google Earth Pro, para la obtención de los sentidos de las escorrentías, depresiones, vados y cualquier zona con potencial de acumulamiento de agua, corroborando estos datos en campo de manera visual.

Se hace especial énfasis en entender cómo se comportan las escorrentías en la zona, al igual, y como se puede observar en los datos recolectados (ver figura 43), como las calle aledañas alimentan a la que se está analizando, que en este caso era la Calle Libertad, y los lugares con potencial para acumular el agua de las escorrentías. Al igual, se busca la presencia de arroyos superficiales o sistemas de acequias dentro del polígono de análisis, ya que estos presentan un afluente extra de aguas arriba el cual se sumaría a lo producido dentro del polígono por la precipitación.

2. HIDROLOGIA URBANA				CROQUIS
DATOS DE LA CUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA INFLUENCIA DIRECTA
	ZONA II CENTRO	ARROYO DEL INDIIO	PASO DESNIVEL	
NOTAS				
ESCORRENTIAS PLUVIALES	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	NOTAS	
			Todas la pendientes oscilan entre 1 y 2 %	
ARROYOS SUPERFICIALES	NOTAS			
		Ninguno aparente		
ACEQUIAS	NOTAS			
		Ninguna aparente		
ZONAS DE INUNDACION	NOTAS			
		Vado entre calles Humboldt y Primer Centinela , basado en niveles de perfil de elevación		
COS	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL	
	0.8*		0.8	
CUS	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL	
	1.6*		1.6	
% SUPERFICIE PERMEABLE	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL	
	25%*		6.2%**	
% DE PENDIENTES	0% A 3%	3% A 5%	5% A 8%	MAS DE 8%
NOTAS				NOTAS
* Valores para una zonificación H (habitacional unifamiliar) con una densidad bruta de 60 viviendas/ha; obtenidos del PDUUS elaborado por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación del Municipio de Juárez, Capitulo IV, pag. 70, Año de publicación 2016				** Obtenido del área sin cubierta impermeable= 4,124 m2 entre 65,500 m2 que son los que están dentro del polígono de análisis

Figura 43: Datos recolectados en la sección de “hidrología urbana” de bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

Para la sección 3, denominada forma de la sección vial, se hizo un reconocimiento de la configuración vial que conformaba el polígono de análisis, recopilando datos como el tipo de la calle, su ancho, número de carriles, el tipo de recubrimiento. A su vez, las características de la estructura complementaria como lo son banquetas, camellones, guarniciones y cualquier elemento que le dan forma al viario.

Como parte de este análisis, se buscó la localización del recorrido de las instalaciones más comunes que dan los diversos servicios básicos a la ciudadanía, como lo son agua, drenaje, luz, telefonía, gas, entre otros, y su relación con la configuración del viario.

3. FORMA DE LA SECCION DE VIAL					CROQUIS
CALLE	Ancho	No. De Carriles	Ancho de Carriles	Recubrimiento	
	20.0 metros *	1 de cada sentido	10.0 metros*	Carpeta Asfáltica	
	Tipo de Calle				
Secundaria					
CAMELLON	Ancho	Longitud	TIPO DE CAMELLON		
	No existente	No Aplica	No Aplica		
BANQUETAS	Ancho	Longitud	TIPO DE BANQUETA		
	1.80 m **	994 metros ***	Concreto sobre nivel de calle		
GUARNICIONES	Ancho	Peralte	TIPO DE GUARNICION		
	0.30 m	0.60 m	Trapezoidal		
INFRAESTRUCTURA SUBTERRANEA	JMAS				
	Agua	Drenaje	Agua Tratada		
	GAS	CFE	TELMEX	CABLE	
	PEMEX	NOTAS			
	La única instalación a simple vista era el recorrido del drenaje sanitario				
NOTAS					
* En promedio, considerando mediciones en cada cruce de calle					
** En promedio, considerando mediciones en área que se encontraba banqueta					
*** En total sobre la calle Libertad					
1	Sin banqueta terreno baldío 25 metros lineales				
2	Sin banqueta terreno baldío 50 metros lineales				
3	Banqueta transformada en estacionamiento de locales comerciales 318 metros lineales				

Figura 44: Datos recolectados en el sección de “forma de sección vial” de bitácora de campo de metodología para medir potencial de implementación de infraestructura verde

En el caso de la sección 4, denominada grupo de suelos hidrológicos, se utilizaron los criterios implementados por el departamento de agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica , USDA por sus siglas en inglés, en su reporte Urban Hydrology for Small Watersheds (TR 55), publicado en 1986, y el cual clasifica en cuatro los grupos hidrológicos del suelo, o HSG por sus siglas en inglés, la cual está basada la tasa mínima de infiltración obtenida para suelo natural después de una humectación prolongada, y se separa en tipo A, B, C y D(ver tabla 14) (Cronshey, 1986).

Clasificación	Descripción	Coefficiente de infiltración
A	Bajo potencial de escorrentía y una alta tasa de infiltración, incluso cuando están completamente mojados. Consisten principalmente de arena profunda, bien o excesivamente drenada o grava.	mas de 7 mm/hr (0.30 in/hr)
B	Tienen tasas de infiltración moderadas cuando están completamente mojados, consisten de suelos profundos a moderadamente profundos, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas	entre 7 mm/hr a 3.5 mm/hr (0.30 in/hr-0.15in/hr)
C	Tienen bajas tasas de infiltración moderadas cuando están completamente mojados, consisten de suelos con una capa que impide el movimiento descendente de agua y suelos con textura moderadamente fina a fina	entre 1. 3mm/hr a 3.5 mm/hr (0.05 in/hr-0.15in/hr)
D	Tienen un alto potencial de escorrentía, muy bajas tasas de infiltración cuando están mojados. Principalmente son suelos arcillosos con un alto potencial expansivo y capa freática alta permanente, poco profundos con presencia de arcillas en la superficie o cerca de la superficie	entre 0.0 mm /hr a 1.3 mm/hr (0.0 in/hr-0.05in/hr)

Tabla 14: Clasificación de suelos hidrológicos del USDA

Fuente: (Cronshey, 1986)

Tomando como base la información se generó la sección en la bitácora de campo para hacer pruebas simples de infiltración para tener una idea general del tipo de suelo que se encontraría en el polígono y qué tan óptimo sería para poder hacer una implementación de infraestructura verde, en donde la gestión del agua a través de la infiltración será acorde con los estándares antes mencionados.

Cabe denotar, que con la información proporcionada por la USDA dentro del Urban Hydrology for Small Watersheds (TR 55), la ciudad de El Paso, Texas, con la cual Ciudad Juárez comparte la frontera, se encuentra categorizada dentro de la clasificación B/D de los suelos hidrológicos, la cual se significa que el suelo en una condición seca tiene una tasa de infiltración moderada, pero cuando se encuentra saturado baja dramáticamente su capacidad de infiltración, para fines prácticos, se podría considerar esta condición del suelo como una base en caso de que los análisis previos para la implementación de infraestructura verde en la ciudad no contemplen una mecánica de suelos a profundidad (Cronshey, 1986).

4. GRUPOS DE SUELOS HIDROLOGICOS		CROQUIS
Clasificación	Coefficiente de infiltración	
A	mas de 7 mm/hr (0.30 in/hr)	
B	entre 7 mm/hr a 3.5 mm/hr (0.30 in/hr-0.15in/hr)	
C	entre 1. 3mm/hr a 3.5 mm/hr (0.05 in/hr-0.15in/hr)	
D	entre 0.0 mm /hr a 1.3 mm/hr (0.0 in/hr-0.05in/hr)	
ZONAS PARA MUESTREO DE INFILTRACION		
1	Parque Chaveña	
2	Terreno baldío ubicado en la esquina de las calles Paso del Norte y Juan de Oñate	
3	Terreno baldío entre la calle Libertad casi esquina con Calle Humboldt	

Figura 45: Ficha de “grupos de suelos hidrológicos” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

Para la sección 5, denominada vegetación, se hizo un inventario de la presencia de árboles y arbustos en la zona de análisis, enfocado particularmente en el eje principal dentro del polígono, en este caso la calle Libertad, y sobre todo aquella vegetación que se encontraba en contacto directo con la vía antes mencionada, tomando características como la especie, niveles de crecimiento, estado actual, crecimiento accidental o plantación.

Cada una de ellas fue localizada en la zona para visualizar que tan densa se encuentra la presencia de la vegetación y así encontrar puntos en donde sería prudente la plantación de nuevos especímenes o la presencia de lugares en donde el crecimiento espontánea propiciada por la constante humedad genera por el acumulamiento de las escorrentías.

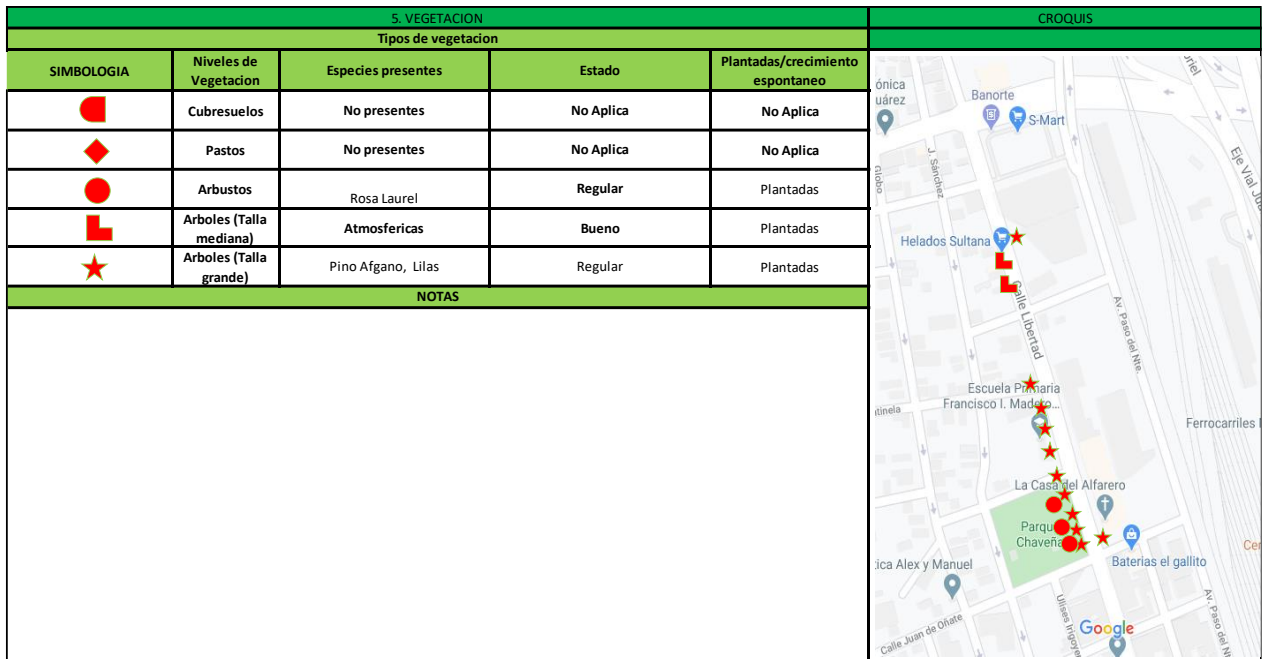


Figura 46: Datos recolectados de “vegetación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

Para la sección 6, denominada fuentes de contaminación, se hizo un reconocimiento dentro del polígono de las áreas que pudieran aportar diversas fuentes de contaminación.

Las dos preocupaciones primordiales, esto derivado de las observaciones hechas durante medición de la efectividad de la infraestructura verde, eran las superficies descubiertas y los tiraderos de basura clandestinos. En el caso de las superficies descubiertas podrían ser calles sin pavimentar o terrenos baldíos sin presencia vegetal, que usualmente se convierten en lugares de depósito de desechos, siendo los principales aportadores de dos de los problemas más frecuentes que acaecen a la infraestructura verde, la presencia excesiva de sedimentos y basura.

Otras fuentes de contaminación que se buscaron fueron aquellas que estuvieran ligadas directamente con factores que pudieran afectar la calidad del agua, ya que por la naturaleza de los procesos de la infraestructura verde, gran parte del agua de escorrentías es infiltrada al subsuelo. De aquí la necesidad de ubicar lugares como industrias pesadas o con

procesos químicos, gasolineras, talleres mecánicos o cualquier tipo de actividad que genere contaminación.

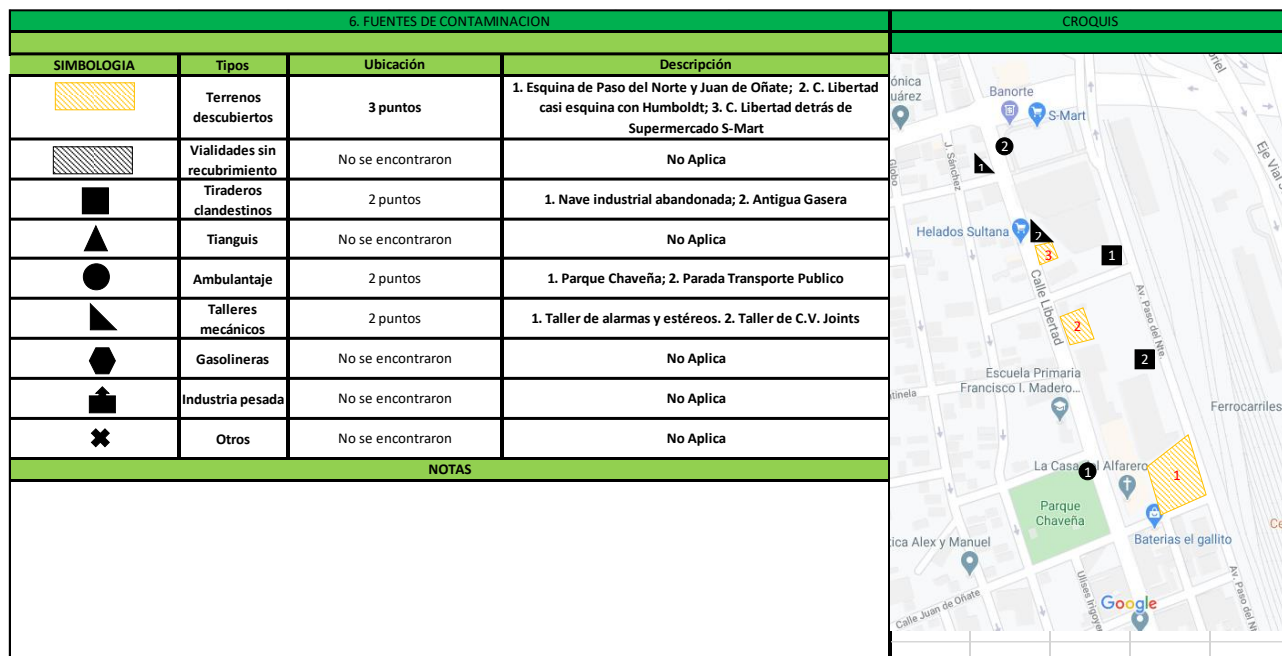


Figura 47: Datos recolectados de “fuentes de contaminación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

Por último, para la sección 7, denominada usos de suelo y sociales, se buscó ver la configuración de los usos del polígono de análisis principalmente en dos aristas, la organización de los usos de suelo como en verdad se encuentran dentro del polígono y su congruencia con las normativas estipuladas dentro de los planes de desarrollo urbano, parciales o carta urbana. Como segundo la ubicación de las actividades sociales dentro del espacio para la identificación de los puntos o lugares sociales en donde la actividad comunitaria se desarrolla. Estos son puntos de mucha importancia ya que puede llegar a ser espacios precursores desde donde se pueden gestionar las implementaciones de la infraestructura verde enfocada en el mejoramiento de los espacio con mayor arraigo dentro de la comunidad para aumentar sus posibilidades de éxito.

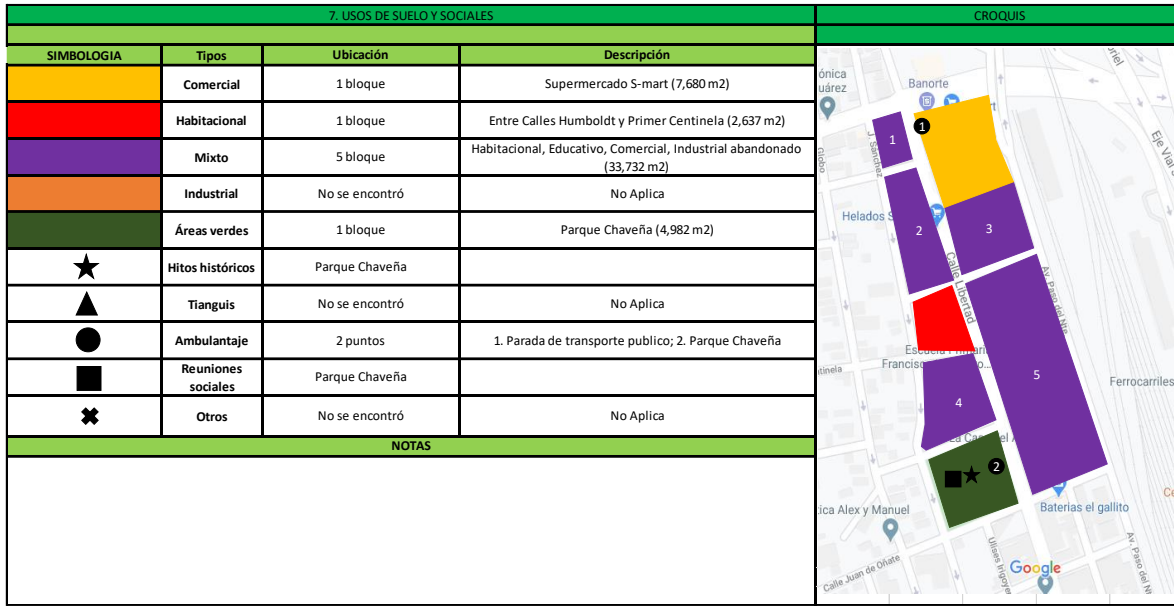


Figura 48: Datos recolectados de “usos de suelo y sociales” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

Para el caso particular de este pilotaje y considerando los componentes para técnicas de infraestructura verde propuestas en el Manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde para Municipios Mexicanos (IMPLAN, 2017), se podría considerar la implementación de las siguientes técnicas en el sitio para mitigar el problema de inundaciones recurrentes:

1. Jardín de Microcuencas (ver figura 49) en el área del Parque de la Chaveña y la parada de transporte público en el Supermercado S-mart Libertad

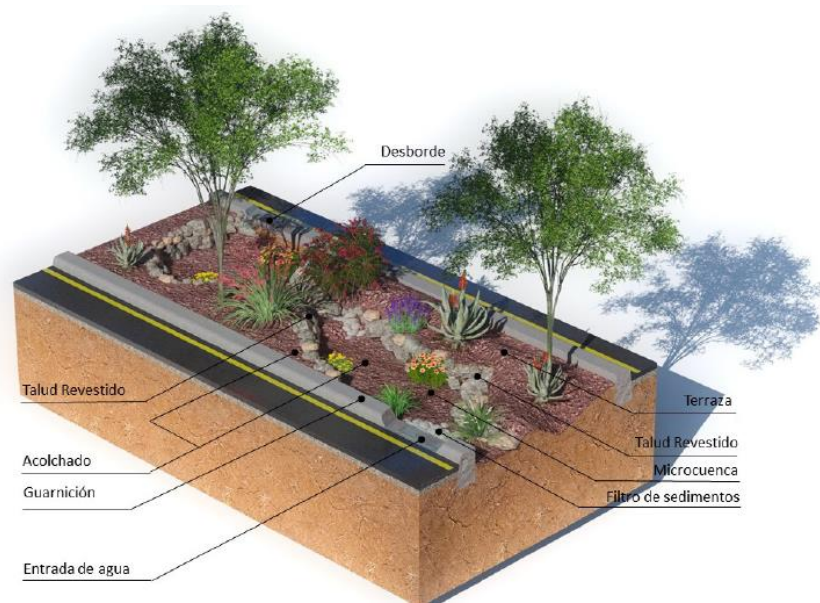


Figura 49: Gráfico ilustrativo de Jardín de Microcuencas

Fuente: (IMPLAN, 2017)

2. Jardín de Lluvia (ver figura 50), frente la Escuela Francisco I. Madero y zonas industriales abandonadas en la Calle Paso del Norte

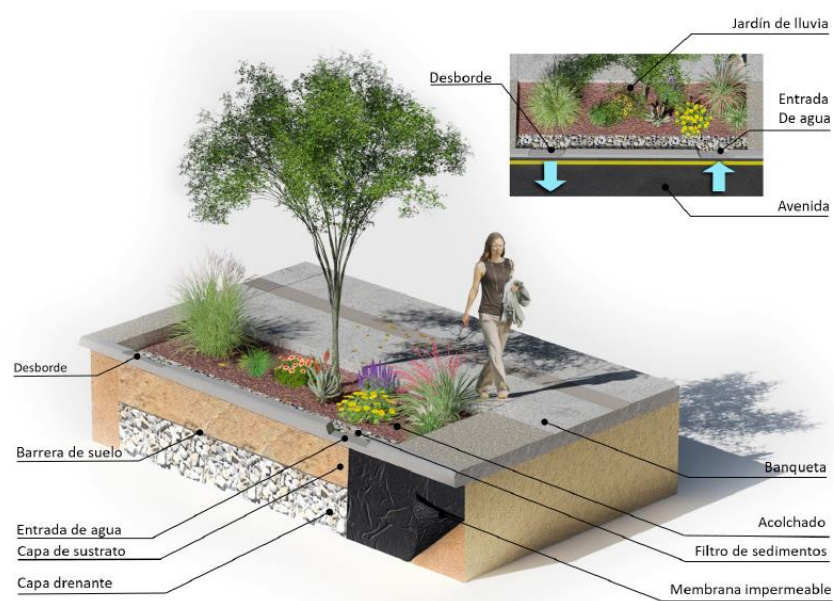


Figura 50: Gráfico ilustrativo de Jardín de Lluvia

Fuente: (IMPLAN, 2017)

3. Pozo de infiltración con muros de mampostería (ver figura 51) en estacionamiento de locales comerciales frente al Parque La Chaveña y Supermercado S-Mart Libertad

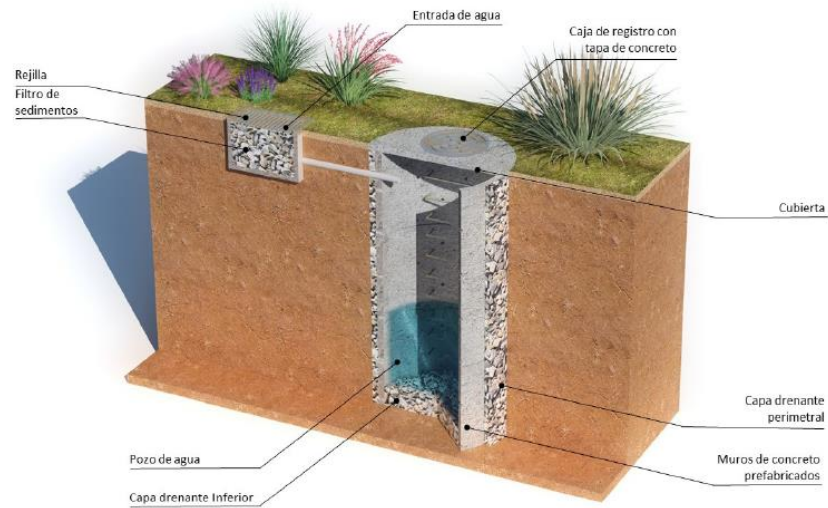


Figura 51: Gráfico ilustrativo de Pozo de infiltración con muros de mampostería

Fuente: (IMPLAN, 2017)

4. Cisternas en sistema seco (ver figura 52) para naves industriales en funcionamiento y Supermercado S-mart libertad.

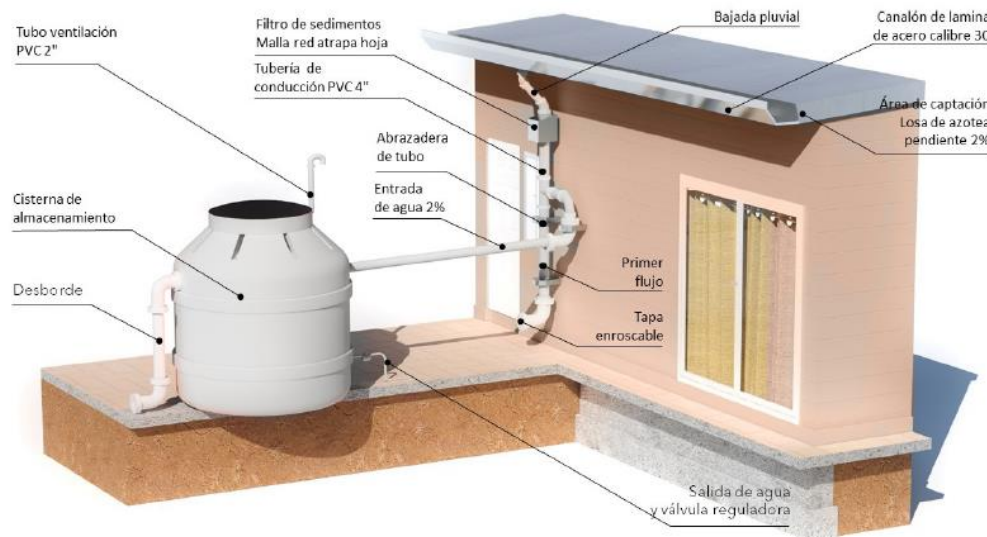


Figura 52: Gráfico ilustrativo de cisterna sistema seco

Fuente: (IMPLAN, 2017)

5.3.1. Conclusiones de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

La aplicación de las 7 secciones que conforman la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde ya en un contexto urbano real fue de mucho beneficio, ya que aunque se contara con una amplia gama de datos considerados para su recolección, 44 puntos a cubrir con distintos sufijos cada uno, las condiciones en el campo siempre hacen evidente muchos otros puntos que no están dentro de las consideraciones iniciales de los datos necesarios para un análisis integral de la zona.

Es desde estos hallazgos al momento de la aplicación del pilotaje inicial donde se encuentra una fuente enriquecedora la cual retroalimenta las suposiciones iniciales en beneficio de la creación de una herramienta más concisa, robusta y con un grado de precisión más alto. Dentro de las observaciones que se pueden extraer de este ejercicio descubrimos las siguientes recomendaciones para ser explorada dentro de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde:

- a) La integración de una representación gráfica que indique los límites del polígono que se analizará y al igual otra que represente el eje en donde se pretendería hacer la implementación (ver figura 53).

1. UBICACIÓN					CROQUIS
1.1 COLONIA					
1.2 CALLE					
1.3 EJE PRINCIPAL DE ANALISIS					
1.4 ENTRE CALLES	NORTE	SUR	ORIENTE	PONIENTE	
1.5 LONGITUD					
1.6 COORDENADAS GEOGRAFICAS	INICIO		FIN		
1.7 POLIGONO DE ANALISIS					
	Superficie aproximada (m2)				
	Medidas (m)				
	MARCADOR		Medida		
	1				
	2				
	3				
	4				
5					
6					
NOTAS					

Figura 53: Actualización de la sección 1 “ubicación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

- b) La integración de los factores normativos que indiquen las áreas verdes que deberían de existir en la zona de análisis, haciendo énfasis que sería un rubro totalmente diferente al porcentaje de superficie permeable requerido (ver figura 54).





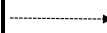
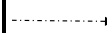

2. HIDROLOGIA URBANA				CROQUIS
2. 1 DATOS DE LA CUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA INFLUENCIA DIRECTA
	NOTAS			
2.2 ESCORRENTIAS PLUVIALES	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	NOTAS	
2.3 ARROYOS SUPERFICIALES	NOTAS			
				
2.4 ACEQUIAS	NOTAS			
				
2.5 ZONAS DE INUNDACION	NOTAS			
				
2.6 COS	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL	
2.7 CUS	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL	
2.8 % SUPERFICIE PERMEABLE	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL	
2.9 % SUPERFICIE DE AREAS VERDES	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL	
2.10 % DE PENDIENTES	0% A 3%	3% A 5%	5% A 8%	MAS DE 8%
				
NOTAS				NOTAS
*				**

Figura 54: Actualización de la sección 2 “hidrología urbana” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

- c) La integración de una base de datos centralizada sobre la configuración de las instalaciones subterráneas de la ciudad, ésta, alimentada y actualizada por las instancias públicas y privadas que las administran.
- d) La integración de la localización de estructuras para captación de aguas existentes (ver figura 55), para identificar la presencia de implementación de tipo gris, conocidas así por estar construidas de concreto, o verde en el sitio de análisis.

3. FORMA DE LA SECCION DE VIAL					CROQUIS
3.1 CALLE	Ancho	No. De Carriles	Ancho de Carriles	Recubrimiento	1 2 3
	Tipo de Calle				
3.2 CAMELLON	Ancho	Longitud	TIPO DE CAMELLON		1 2 3
3.3 BANQUETAS	Ancho	Longitud	TIPO DE BANQUETA		1 2 3
3.4 GUARNICIONES	Ancho	Peralte	TIPO DE GUARNICION		1 2 3
3.5 INFRAESTRUCTURA SUBTERRANEA	JMAS				1 2 3
	Agua	Drenaje	Agua Tratada		
	GAS	CFE	TELMEX	CABLE	
	PEMEX	NOTAS			
3.6 INFRAESTRUCTURA PARA GESTION DE AGUAS PLUVIALES	INFRAESTRUCTURA GRIS				1 2 3
	Simbologia	TIPO			
	INFRAESTRUCTURA VERDE				
	Simbologia	TIPO			
NOTAS					
*					
**					

1					
2					
3					

Figura 55: Actualización de la sección 3 “forma de la sección vial” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

- e) La integración de un esquema para una prueba sencilla de infiltración elaborada en campo para determinar el tipo de suelo que se encuentra dentro de la zona de análisis (ver figura 56).

4. GRUPOS DE SUELOS HIDROLOGICOS		CROQUIS
4.1 Clasificación	Coefficiente de infiltración	
A	mas de 7 mm/hr (0.30 in/hr)	
B	entre 7 mm/hr a 3.5 mm/hr (0.30 in/hr-0.15in/hr)	1
C	entre 1. 3mm/hr a 3.5 mm/hr (0.05 in/hr-0.15in/hr)	2
D	entre 0.0 mm /hr a 1.3 mm/hr (0.0 in/hr-0.05in/hr)	3
4.2 ZONAS PARA MUESTREO DE INFILTRACION		
Marcador	Ubicación	Clasificación de Suelo*
1		
2		
3		
* Basado en el coeficiente de infiltración		
4.3 ESQUEMA PARA PRUEBA DE INFILTRACION EN CAMPO **		
	Esta prueba esta basada en el método de Porchet, el cual consiste en un agujero cilíndrico, excavado en tierra de radio y profundidad constante, en el cual se mide el descenso del nivel del agua del pozo a través del tiempo	
	De esta manera "H", que representa la altura, la cual deberá tener el mismo valor que 2a, la cual representa el diámetro del cilindro.	
	La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m ²), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o l/m ² . Nótese que 1 milímetro de agua de lluvia equivale a 1 L de agua por m ² . ***	
	DATOS	
H=	40 cm	Para esta prueba:
2a =	40 cm	Área de circunferencia= $\pi \times r^2$
Cantidad de agua (Its)	19 Its	Cada 1 cm de altura infiltrado en el pozo representan 1.22 mm de precipitación pluvial
Tiempo de infiltración (min)		
	a) La recomendación es que se respeten las medidas propuestas en los datos ya que con esto la cantidad necesaria para llenar el pozo para su medición sería una cubeta estándar de 19 Its.	
	b) Al tener el tiempo de infiltración de la prueba de campo se hará una simple regla de tres en donde se considera : si X cantidad de cm se infiltraron en X tiempo, entonces, cuantos cm se infiltrarían en 1 hora. Eso multiplicado por los 1.2 mm que representan cada centímetro en el pozo nos daría un coeficiente de infiltración por hora y podríamos saber el tipo de suelo que tenemos en ese punto en particular	
** Fuente : Alvarado Batres, C., & Barahona-Palomo, M. (2017). Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la cuenca del río Suquiapa, El Salvador. Cuadernos de Investigación UNED, 9(1), 23-33.		
*** Fuente : http://www.meteolobios.es/lluvia.htm#:~:text=La%20precipitaci%C3%B3n%20se%20mide%20en,L%20de%20agua%20por%20m%C2%B2.		

Figura 56: Actualización de la sección 4 “grupo de suelos hidrológicos” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

- f) La integración de un anexo con una lista de sustitución de especie no endémicas por endémicas, que incluya los mejores usos de cada planta y lugares potenciales en donde poder adquirirlas (ver figura 57).

5. VEGETACION					CROQUIS
5.1 Tipos de vegetacion en el sitio					
SIMBOLOGIA	Niveles de Vegetacion	Especies presentes	Estado	Plantadas/crecimiento espontaneo	
	Cubresuelos				
	Pastos				
	Arbustos				
	Arboles (Talla mediana)				
	Arboles (Talla grande)				
5.2 Vegetacion Sugerida*					
Cubresuelos	Pastos	Arbustos	Arboles (Talla Mediana)	Arboles (Talla Grande)	
NOTAS					

* Fuente : Recommended Southwestern Native Plants for the El Paso/Las Cruces Area of the Chihuahuan Desert Region, Autor: Wynn Anderson (2006)

Figura 57: Actualización de la sección 5 “vegetación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

g) La integración de la localización de emisiones y contaminación en el suelo por procesos industriales, comerciales o habitacionales (ver figura 58).

6. FUENTES DE CONTAMINACION				CROQUIS
SIMBOLOGIA	Tipos	Ubicación	Descripción	
	Terrenos descubiertos			
	Vialidades sin recubrimiento			
	Tiraderos clandestinos			
	Tianguis			
	Ambulantaje			
	Talleres mecánicos			
	Gasolineras			
	Industria pesada			
	Otros			
	Contaminación en suelo			
	Emisiones			
NOTAS				

Figura 58: Actualización de la sección 6 “fuentes de contaminación” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

- h) La integración de una sección en donde se exploren las necesidades, opiniones, percepciones y quejas de los habitantes de la zona de análisis, esto con el fin de integrar esos conceptos a futuras implementaciones (ver figura 59).
- i) La integración de una sección en donde se exploren las dificultades de la administración, ejecución, seguimiento y mantenimiento de las implementaciones, esto, desde la perspectiva de las instancias públicas y privadas que dan servicio en los distintos rubros que las conllevan ver figura 59).

8. PERCEPCION Y MANTENIMIENTO							CROQUIS
Encuesta de percepción del espacio a transeúntes, vecinos y otros usuarios							
Sexo, edad y ubicación del encuestado	1. ¿Hay suficientes áreas verdes en la zona ?	2. ¿Hay suficiente vegetación en la zona ?	3. ¿Tienen problemas de inundación en la zona ?	4. ¿Las inundaciones causan daños fuertes en la zona ?	6. ¿Hay mantenimiento de la zona por parte del gobierno ?	6. ¿Hay mantenimiento de la zona por parte de los vecinos ?	1
1							
2							
3							
4							
5							
Dependencias involucradas en el mantenimiento o seguimiento del área							
Rubros	Dependencia a cargo	Contacto de persona encargada	Teléfonos de contacto, correo electrónico, dirección			Notas	
Mantenimiento de áreas verdes							
Mantenimiento de calles							
Limpieza de calles							
Alumbrado							
Basura							
Equipamiento							
Seguimiento por Vecinos							
Seguimiento general							

Figura 59: Sección 8 “percepción y mantenimiento” para bitácora de campo de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde

Estos son los puntos que fueron más evidentes como aquellos que fueron integrados a una primera versión revisada de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde, con la visión que esta deberá evolucionar con los tiempos y los nuevos enfoques del siempre cambiante fenómeno de la ciudad.

5.4. Conclusión general y reflexiones

Al analizar la pregunta de investigación encontramos que los obstáculos técnicos estaban fuertemente ligados a la calidad de la urbanización y el cumplimiento de la normatividad establecida en los planes de desarrollo urbano. Factores como la falta de pavimentación, la morfología general de las calles, en donde, los espacios peatonales no eran respetados para su función primaria, mucho menos la existencia de un espacio excedente para algún tipo de implementación de infraestructura verde.

El diseño de las secciones viales no está pensado con el fin de conducir las escorrentías hacia espacios diseñados para su captación y absorción, mismos que están muy por debajo de lo estipulado dentro de las normativas para el buen funcionamiento del sistema de gestión de aguas , esto evidenciado en la sección 2 de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde, ya que se encontró que una fuerte correlación entre los recurrentes eventos de inundación que se presentan en la zona por el incumplimiento normativo del porcentaje de superficies permeables que deberían existir, un 25% (IMIP,2016c), con solamente un 6.2% de superficie no construida, la cual no necesariamente se pudieran considerar como áreas permeables dentro del polígono analizado.

Aunado a esto se encuentra el uso de vegetación importada de otras latitudes, la cual, a diferencia de la endémica del desierto de Chihuahua, no tienen la capacidad de gestionar de manera rápida y efectiva la presencia de agua en el suelo, el cual al estar saturado no tiene un buen factor de drenaje, aportando uno de los obstáculos más determinantes para el buen funcionamiento de una implementación de infraestructura verde.

A su vez, los usos del espacio tienen un gran efecto en la manera que funciona, desde el ocio, las reuniones sociales, el ambulante y sobre todo la presencia de espacios históricos públicos, determinan si la imposición de una implementación de infraestructura verde puede ser exitosa, ya que las actividades que los lugares han desempeñado a través de años, inclusive décadas, pueden entrar en conflicto con la nueva configuración del espacio, lo cual

estaría prácticamente dictando la sentencia previa de una implementación destinada a fracasar.

Dentro de estos usos también se encontró que el contexto urbano en el que se encuentra la implementación afectaría en su comportamiento, desde los usos de suelos normativos, hasta la configuración del espacio urbano con sus diversas funciones, influyen en la forma que se debería abordar. También la consideración de los efectos que dichas actividades tienen en factores contaminantes y esto como afectaría a la calidad del agua a gestionar. Todo este tipo de factores estarían ligados directamente al contexto antes mencionado, una zona meramente habitacional no funcionaría de la misma manera que una industrial.

Gracias a la particularidad de estos usos entre mezclados es que la limitación de la zona propuesta en la sección 1 de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde era solamente una primera aproximación al sitio. Si en el primer análisis se determina que no hay suficientes oportunidades para infiltrar escorrentías con infraestructura verde, entonces será necesario ampliar el área de estudio en una segunda vuelta y así sucesivamente hasta encontrar suficientes áreas de infiltración o considerar complementar con otras intervenciones de infraestructura gris.

De ahí la necesidad de proponer una metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde, la cual englobara no solo las cuestiones técnicas y normativas, sino también que tomara una postura de un análisis profundo del contexto urbano y todas las sutilezas que lo hacen particular pero medible, que tuviera la capacidad de capturar a nivel de calle como el quehacer urbano se está desarrollando y como los usos de sus habitantes de este contexto afectan directamente a la conformación de una realidad urbana que no puede ser leída en las normativas o en los planes de desarrollo urbano.

La visión de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde es la de una herramienta perfectible, la cual, se encontraría en un bucle perpetuo de

experimentación, reflexión y retroalimentación. Siempre en la búsqueda de adaptarse a los tiempos cambiantes y evolucionando con las necesidades que se vayan presentando en las nuevas directrices dentro de la planificación y desarrollo urbano.

De esta investigación surgen un par de ejes los cuales, por cuestiones de la contingencia sanitaria, no pudieron ser explorados. El primero, propuesto como la sección 8 de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde (ver anexo I, ficha 11), es la percepción de los usuarios y los funcionarios públicos. Enfocado particularmente en los usuarios de los espacios públicos y en los funcionarios gubernamentales que tienen el poder de las decisiones en el cómo proceder en las intervenciones de estos espacios, que potencialmente pudieran ser utilizados para cumplir con aspectos eco-sistémicos tan necesitados en Ciudad Juárez implementando infraestructura verde. Estos aspectos se piensan retomar en futuras investigaciones con una serie de encuestas y entrevistas para complementar con un par de secciones a la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde desde una dimensión cualitativa.

El segundo es un análisis de costo-beneficio de una implementación de infraestructura verde. En el cual, analizara el costo causado por los daños generados por las inundaciones contrastado con el costo de la ejecución de un plan de infraestructura verde integral para las zonas afectadas. Analizando los tiempos de amortización, el ahorro a mediano y largo plazo y los beneficios sociales que se derivan de los servicios eco-sistémicos que otorgan este tipo de inversiones. Tomando como idea principal que estas inversiones serían costeadas una sola vez, con un presupuesto mínimo para su mantenimiento, a diferencia del gasto recurrente que ocasionan los daños presentados en los eventos de inundación.

Por la naturaleza de la capacidad de gestión de agua de la infraestructura verde esta es considerada como un elemento dentro un sistema más grande de gestión del agua urbana, y su principal aportación es la mitigación de los problemas de inundación, esto no necesariamente quiere decir que eliminaría por completo el problema, de ahí la necesidad

de la metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde para otorgar más elementos para aumentar su probabilidad de éxito, aun así, es una solución multidimensional la cual aportaría no solo un eje para la mitigación de un problema tan imperante como el cambio climático, pero también una serie de servicios eco-sistémicos por un costo relativamente bajo con un régimen de mantenimiento sencillo.

Es por esto que es muy pertinente la amplia propagación de las técnicas de infraestructura verde dentro de los planes de desarrollo urbano y en manuales informativos para la comunidad en general. Donde se expongan de una manera práctica y concisa los conceptos para la implementación exitosa de un sistema de gestión de aguas, acompañados de esquemas ejecutables para los distintos niveles de actuación, conceptos sencillos para que la comunidad pueda auto-gestionarlos y adaptables para cumplir una función más compleja a nivel ciudad. Convirtiendo a la infraestructura verde en una herramienta compartida para mejorar la calidad de la urbanización y por consiguiente la calidad de vida de sus habitantes.

Referencias

- (Editores), M. R. (2015). *Planeación urbana y regional: teoría y práctica*. Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Aguado, I. y. (2003). Local y Sostenible: La Agenda Local 21 en la CAPV. *XXIX Reunión de Estudios Regionales*, 1-22.
- Alvarado Batres, C. &-P. (2017). Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la cuenca del río Suquiapa. *Cuadernos de Investigación UNED 9 (1)*, 23-33.
- Anderson, W. (2006). *Recommended Southwestern Native Plants for the El Paso/Las Cruces Area of the Chihuahuan Desert Region*. El Paso, Texas: University of Texas at El Paso.
- BDAN. (2017). *Manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde*. BDAN.
- Berruecos Camarena, P. (2012). Proyecto de infraestructura verde: ejercicio de integración transdisciplinaria en la UNAM. *Bitácora Arquitectura*, 38-43.
- Brundtland, G. H.-A. (1987). *Our common future*. New York: United Nations.
- CABESPACE. (2003.). *Is the grass greener...?. Learning from the international innovations in urban green space management*. London: CABE Space, Bartlett School of Planning, University College.
- Campos Aranda, D. F. (2010). *Introducción a la hidrología urbana*. San Luis Potosí: Printego.
- Constanza, R.; D'Arge, R.; De Groot, R.; Farberk, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.; Paruelo, J.; Raskin, R.; Suttonnkk, P. & Van den Belt (1997). The Value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature Vol. 387* , 253-260.
- Córdova y Vázquez, A. (2014). Infraestructura Verde como enfoque emergente de planeación ambiental. En M. y. Rodríguez Sosa, *Planeación urbana y regional: teoría y práctica*. (págs. 182-218). Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Cronshey, R. (1986). *Urban hydrology for small watersheds*. Washington, EUA: US Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, Engineering Division.

- de Barcelona, A. (2013). *Plan del verde y la biodiversidad de Barcelona 2020*. Barcelona, España: Ayuntamiento de Barcelona.
- De Lisio, A. (1999). Desarrollo sustentable: opciones y limitaciones para América Latina y el Caribe. *Cuadernos del CENDES No. 42*, 1-23.
- Delgado, R. R. (2011). *Escritos ambientalistas: una mirada desde el desierto*. Ciudad Juárez.: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Flores, E. S. (2013). *Dinámicas locales del cambio ambiental global: aplicaciones de percepción remota y análisis espacial en la evaluación del territorio*. Ciudad Juárez.: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Gill, S., Handley, J., & Ennos, A. &. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment, Vol. 33, No. 1*, 115-133.
- Granados, A. (. (2012). Cambios en el uso de suelo urbano: evaluación de riegos hidrometeorológicos en la región Paso del Norte aplicando Sistemas de Información Geográfica. En E. y. Sánchez, *Dinámicas locales del cambio ambiental global: Aplicaciones de percepción remota y análisis espacial en la evaluación del territorio* (págs. 447-469). Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- i Agut, R. M. (2010). *EL ÍNDICE n DE LA PRECIPITACIÓN INTENSA*. Valencia, España: Departament de Física de la Terra i Termodinàmica. Universitat de Valencia.
- IMIP. (2004). *Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial*. Ciudad Juárez: Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez.
- IMIP. (2009). *Estudio, estrategias y propuestas para el control y manejo de agua pluvial en las zonas sur y oriente de Ciudad Juárez, Chih.* Ciudad Juárez: Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez.
- IMIP. (2014). *Plan Maestro de Desarrollo Urbano del Centro Histórico de Ciudad Juárez.* . Ciudad Juárez: Instituto Municipal de Investigación y Planeación.
- IMIP. (2016a). *Atlas de Riesgos Naturales y Riesgos Antropogénicos, Vol. 1*. Ciudad Juárez: Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez.
- IMIP. (2016b). *Guía de diseño para la infraestructura verde. Plan de Desarrollo Urbano Sostenible de Ciudad Juárez 2016*. Ciudad Juárez. Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez.


- IMIP. (2016c). *Plan de desarrollo Urbano Sostenible (PDUS)*. Ciudad Juárez. Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez.
- IMPLAN. (2017). *Manual de lineamientos de Diseño de infraestructura verde para municipios mexicanos*. Hermosillo, Sonora: Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo.
- Leff, E. (2002). *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- MacAdam, J. (2012). *Green Infrastructure for Southwestern Neighborhoods*. Tucson: Watershed Management Group.
- Martínez Lazo, J. A., Sánchez, D. O., & Chacón, D. (1998). *Salvemos las acequias, la vida del campo dentro de ciudad Juárez como patrimonio cultural y ambiental*. Ciudad Juárez.
- ONU. (1993). *Comisión sobre desarrollo Sostenible-Agenda 21*. Rio de Janeiro, Brazil. Organización de las Naciones Unidas.
- ONU. (1996). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre los asentamientos humanos*. Estambul, Turquía. Organización de las Naciones Unidas.
- ONU. (2017). *Nueva Agenda Urbana*. Quito, Ecuador. Organización de Naciones Unidas.
- Resiliente, J. (2018). *Estrategia de Resiliencia*. Ciudad Juárez: Juárez Resiliente.
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México. McGraw Hill México.
- Santiago-Ramos, J. (2008). *La naturaleza en la Ciudad: perspectivas teóricas y metodológicas para el estudio de la funcionalidad del espacio Libre*. Sevilla, España. Junta de Andalucía. Consejería de Obras Públicas Y Transportes.
- Vásquez, A. E. (2014). Infraestructura Verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande* 63, 63-86.
- VG, A. (2014). *La infraestructura verde de Vitoria-Gasteiz*. Araba, España: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.
- Zaragoza, A. d. (2013). *Propuesta de Plan Director Infraestructura Verde de Zaragoza*. Zaragoza, España: Agencia Medio Ambiente y Sostenibilidad. Ayuntamiento de Zaragoza.

ANEXOS




ANEXO I

FICHAS

Ficha 1: Ficha de medición de efectividad de la infraestructura verde.

FICHA DE MEDICIÓN DE EFECTIVIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE					CROQUIS DE SITIO			
Sitio y ubicación	Fecha de Lluvia	Intensidad	Tiempo Aproximado de duración	Presencia de agua en la vialidad después del evento				
Tipologías de infraestructura verde presentes en el sitio								
								
Volumen de Sedimentos en calle (m3)	Calidad del agua							
	Color	Presencia de Sólidos y/o sedimentos	Presencia de basura	Presencia de contaminantes				
Presencia de agua superficial en cuencas de captación (después de evento)								
12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas				
Basura								
En banquetas	En calle	En entradas de agua	En cuencas de captación	En planicies de inundación				
Sedimentos								
En banquetas	En calle	En entradas de agua	En cuencas de captación	En planicies de inundación				
SI	SI	SI	NO	NO	NOTAS			
Intensidad de Lluvia (milímetros/hora) :Moderadas = >2 y ≤ 15; Fuertes= >15 y ≤30; Muy Fuertes= >30y ≤60 (Clasificación por AEMET)		Análisis visual		Valores de temperatura máxima (°C) y humedad máxima (%)				
El análisis del volumen aproximado de sedimentos se realizó midiendo el espesor promedio de la cobertura (m), el área de cobertura (ancho (m) x largo (m))		Fecha	Fecha	Fecha				

Ficha 2: Ficha de memoria fotográfica de medición de efectividad de la infraestructura verde.

FECHA DE TOMA		HORARIO	UBICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS	
NO. DE FOTO	DESCRIPCIÓN			
 1				
 2				
 3				
 4				
 5				
 6				
 7				
 8				
 9				
 10				
FOTOGRAFÍAS				

Ficha 3: Ficha de observación de uso del espacio de infraestructura verde

FICHA DE OBSERVACION DEL ESPACIO DE INFRAESTRUCTURA VERDE				CROQUIS
Fecha	16 de noviembre de 2019			
Rango de horario	8:00 a.m. a 10:00 a.m.			
Día de la semana	Sábado			
Punto de observación		Bancas en cruce de las calles Valle del Sol y Solares		
Actividades				
Tipo de actividad	No. De personas	Tiempo de permanencia	Notas	
Caminar				
Correr				
Esperar				
Ejercicio				
Ocio				
Otras				
Puntos focales de actividad				
Tipo de actividad	Simbología	Notas		
Espera				
Ocio				
Otros				
Recorridos dentro del espacio				
Tipo de recorrido	No. De personas	Simbología	Notas	
Caminando				
Corriendo				
Con carriola				
Silla de ruedas				
Otros medios				

Ficha 4: Ficha de ubicación de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

1. UBICACIÓN				CROQUIS	
1.1 COLONIA					
1.2 CALLE					
1.3 EJE PRINCIPAL DE ANALISIS					
1.4 ENTRE CALLES	NORTE	SUR	ORIENTE		PONIENTE
1.5 LONGITUD					
1.6 COORDENADAS GEOGRAFICAS	INICIO	FIN			
1.7 POLIGONO DE ANALISIS					
	Superficie aproximada (m2)				
	Medidas (m)				
	MARCADOR	Medida			
NOTAS					

Ficha 5: Ficha de hidrología urbana de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

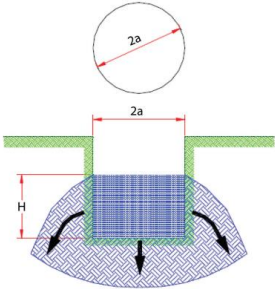
2. HIDROLOGÍA URBANA					CROQUIS
2.1 DATOS DE LA CUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA INFLUENCIA DIRECTA	
	NOTAS				
2.2 ESCORRENTIAS PLUVIALES	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	NOTAS		
	NOTAS				
2.3 ARROYOS SUPERFICIALES					
NOTAS					
2.4 ACEQUIAS					
NOTAS					
2.5 ZONAS DE INUNDACION					
	NOTAS				
2.6 COS	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL		
2.7 CUS	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL		
2.8 % SUPERFICIE PERMEABLE	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL		
2.9 % SUPERFICIE DE AREAS VERDES	SEGÚN REGLAMENTO		ACTUAL		
2.10 % DE PENDIENTES	0% A 3%	3% A 5%	5% A 8%	MÁS DE 8%	
	NOTAS				
					NOTAS
					**

Ficha 6: Ficha de forma de la sección vial de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.






3. FORMA DE LA SECCION DE VIAL					CROQUIS
3.1 CALLE	Ancho	No. De Carriles	Ancho de Carriles	Recubrimiento	
	Tipo de Calle				
3.2 CAMELLON	Ancho	Longitud	TIPO DE CAMELLON		2
	NOTAS				
3.3 BANQUETAS	Ancho	Longitud	TIPO DE BANQUETA		3
	NOTAS				
3.4 GUARNICIONES	Ancho	Peralte	TIPO DE GUARNICION		
	NOTAS				
3.5 INFRAESTRUCTURA SUBTERRANEA	JMAS				
	Agua	Drenaje	Agua Tratada		
	GAS	CFE	TELMEX	CABLE	
	PEMEX	NOTAS			
	NOTAS				
3.6 INFRAESTRUCTURA PARA GESTION DE AGUAS PLUVIALES	INFRAESTRUCTURA GRIS				
	Simbologia	TIPO			
	NOTAS				
	INFRAESTRUCTURA VERDE				
	Simbologia	TIPO			
NOTAS					
*					
**					

1					
2					
3					

Ficha 7: Ficha de grupos de suelos hidrológicos de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.












4. GRUPOS DE SUELOS HIDROLOGICOS		CROQUIS													
4.1 Clasificación	Coefficiente de infiltración														
A	mas de 7 mm/hr (0.30 in/hr)														
B	entre 7 mm/hr a 3.5 mm/hr (0.30 in/hr-0.15in/hr)														
C	entre 1. 3mm/hr a 3.5 mm/hr (0.05 in/hr-0.15in/hr)														
D	entre 0.0 mm /hr a 1.3 mm/hr (0.0 in/hr-0.05in/hr)														
4.2 ZONAS PARA MUESTREO DE INFILTRACION															
Marcador	Ubicación	Clasificación de Suelo*													
1															
2															
3															
* Basado en el coeficiente de infiltración															
4.3 ESQUEMA PARA PRUEBA DE INFILTRACION EN CAMPO **															
	<p>Esta prueba esta basada en el método de Porchet, el cual consiste en un agujero cilíndrico, excavado en tierra de radio y profundidad constante, en el cual se mide el descenso del nivel del agua del pozo a través del tiempo</p> <p>De esta manera "H", que representa la altura, la cual debera tener el mismo valor que 2a, la cual representa el diametro del cilindro.</p> <p>La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m²), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o l/m². Nótese que 1 milímetro de agua de lluvia equivale a 1 L de agua por m². ***</p>														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">DATOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H=</td> <td>40 cm</td> <td>Para esta prueba:</td> </tr> <tr> <td>2a =</td> <td>40 cm</td> <td>Area de circunferencia= $\pi \times r^2$</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de agua (lts)</td> <td>19 lts</td> <td>Cada 1 cm de altura infiltrado en el pozo representan 1.22 mm de precipitacion pluvial</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de infiltracion (min)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>a)La recomendación es que se respeten las medidas propuestas en los datos ya que con esto la cantidad necesaria para llenar el pozo para su medicion seria una cubeta estandar de 19 lts.</p> <p>b) Al tener el tiempo de infiltracion de la prueba de campo se hara una simple regla de tres en donde se considera : si X cantidad de cm se infiltraron en X tiempo, entonces, cuantos cm se infiltrarian en 1 hora. Eso multiplicado por los 1.2 mm que representan cada centimetro en el pozo nos daria un coeficiente de infiltracion por hora y podriamos saber el tipo de suelo que tenemos en ese punto en particular</p>	DATOS			H=	40 cm	Para esta prueba:	2a =	40 cm	Area de circunferencia= $\pi \times r^2$	Cantidad de agua (lts)	19 lts	Cada 1 cm de altura infiltrado en el pozo representan 1.22 mm de precipitacion pluvial	Tiempo de infiltracion (min)	
DATOS															
H=	40 cm	Para esta prueba:													
2a =	40 cm	Area de circunferencia= $\pi \times r^2$													
Cantidad de agua (lts)	19 lts	Cada 1 cm de altura infiltrado en el pozo representan 1.22 mm de precipitacion pluvial													
Tiempo de infiltracion (min)															
** Fuente : Alvarado Batres, C., & Barahona-Palomo, M. (2017). Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la cuenca del río Suquiapa, El Salvador. Cuadernos de Investigación UNED, 9(1), 23-33.															
*** Fuente : http://www.meteolobios.es/lluvia.htm#:~:text=La%20precipitaci%C3%B3n%20se%20mide%20en,L%20de%20agua%20por%20m%C2%B2.															

Ficha 8: Ficha de vegetación de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

5. VEGETACION					CROQUIS
5.1 Tipos de vegetacion en el sitio					
SIMBOLOGIA	Niveles de Vegetacion	Especies presentes	Estado	Plantadas/crecimiento espontaneo	
	Cubresuelos				
	Pastos				
	Arbustos				
	Arboles (Talla mediana)				
	Arboles (Talla grande)				
5.2 Vegetacion Sugerida*					
Cubresuelos	Pastos	Arbustos	Arboles (Talla Mediana)	Arboles (Talla Grande)	
NOTAS					

* Fuente : Recommended Southwestern Native Plants for the El Paso/Las Cruces Area of the Chihuahuan Desert Region, Autor: Wynn Anderson (2006)

Ficha 9: Ficha de fuentes de contaminación de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

6. FUENTES DE CONTAMINACION				CROQUIS
SIMBOLOGIA	Tipos	Ubicación	Descripción	
	Terrenos descubiertos			
	Vialidades sin recubrimiento			
	Tiraderos clandestinos			
	Tianguis			
	Ambulantaje			
	Talleres mecánicos			
	Gasolineras			
	Industria pesada			
	Otros			
	Contaminación en suelo			
	Emisiones			
NOTAS				

Ficha 10: Ficha de usos de suelo y sociales de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

7. USOS DE SUELO Y SOCIALES				CROQUIS
SIMBOLOGIA	Tipos	Ubicación	Descripción	
	Comercial			
	Habitacional			
	Mixto			
	Industrial			
	Áreas verdes			
	Hitos históricos			
	Tianguis			
	Ambulantaje			
	Reuniones sociales			
	Otros			
NOTAS				

Ficha 11: Ficha de percepción y mantenimiento de metodología para medir el potencial de implementación de infraestructura verde.

8. PERCEPCION Y MANTENIMIENTO							CROQUIS
Encuesta de percepción del espacio a transeúntes, vecinos y otros usuarios							
Sexo, edad y ubicación del encuestado	1. ¿Hay suficientes áreas verdes en la zona ?	2. ¿Hay suficiente vegetación en la zona ?	3. ¿Tienen problemas de inundación en la zona ?	4. ¿Las inundaciones causan daños fuertes en la zona ?	6. ¿Hay mantenimiento de la zona por parte del gobierno ?	6. ¿Hay mantenimiento de la zona por parte de los vecinos ?	
Dependencias involucradas en el mantenimiento o seguimiento del área							
Rubros	Dependencia a cargo	Contacto de persona encargada	Teléfonos de contacto, correo electrónico, dirección		Notas		
Mantenimiento de áreas verdes							
Mantenimiento de calles							
Alumbrado							
Basura							
Equipamiento							
Seguimiento por Vecinos							
Seguimiento general							