UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROPUESTA DE GENERACIÓN DE ÁREAS PERMEABLES EN ZONAS URBANAS PARA DISMINUIR EL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO EN DESARROLLOS HABITACIONALES DE LA CIUDAD DE CULIACÁN, SINALOA.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTA:
ARQ. EDGAR EDUARDO JIMÉNEZ ELIZALDE

DIRECTOR:
DR. MANUEL DE JESUS PELLEGRINI CERVANTES

CODIRECTOR:
DR. CUAUHTÉMOC FRANCO OCHOA

CULIACAN, SINALOA, ENERO DE 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

REPOSITORIO INSTITUCIONAL

UAS- Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.

DEDICATORIA:

A mi esposa por alentarme a alcanzar las metas que me propongo, a mis hijos para demostrarles que con trabajo y esfuerzo se logran los sueños y a mi madre por formarme como persona de bien. Porque todos han estado apoyándome a obtener este logro. Algunas veces siendo mis oyentes cuando practicaba alguna exposición, algunas otras dándome ánimo para continuar. Los amo y con mucho cariño esta tesis va dedicada a ustedes.

AGRADECIMIENTO:

En primera instancia agradezco a Dios y mi familia por formarme como persona de principios y valores, por el apoyo brindado en esta etapa de mi vida y sobre todo por su amor incondicional.

A la Facultad de Ingeniería Culiacán, por darme la oportunidad para superarme como profesional, aun cuando siendo arquitecto, me seleccionaron sobre muchos ingenieros civiles. Creo que la mejor manera de agradecerles, es concluyendo este proyecto.

Al Dr. Manuel de Jesús Pellegrini, mi director de tesis, por alentarme más de una vez cuando sentía que la situación estaba muy complicada, supo darme palabras de aliento. Creo que si no hubiera sido por esas pláticas, probablemente siguiera postergando el trabajo. Muchas gracias Doctor.

A la Maestra Alejandra Brambila, por su apoyo y paciencia. Usted me demostró que una persona joven y divertida, también puede ser muy profesional y muy buena en su trabajo. Muchas gracias Maestra.

A todos los maestros que con su conocimiento y dedicación dejaron mucho conocimiento en mí. Todas las materias me gustaron y de todas aprendí mucho, incluso, no descarto algún día estudiar ingeniería civil.

A todos mis compañeros de curso, me siento muy afortunado de haberlos conocido a todos. Jóvenes inquietos muy inteligentes y profesionales. Gracias por su apoyo.

Por último y muy importante al Arq. Antonio Medrano, mi socio, por apoyarme en la empresa por todo el tiempo que estuve en clase.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN:

A medida que las ciudades van creciendo, las áreas verdes van disminuyendo y con ello la permeabilidad del suelo. En este proyecto de intervención se hizo el análisis del impacto en el escurrimiento que provocará la construcción de un nuevo desarrollo habitacional para conocer el gasto que aportará al dren contiguo a su ubicación. Tomando en cuenta el problema actual que sufren las ciudades en crecimiento como lo son la falta de árboles y espacios de recreación que a su vez permitan la infiltración del agua al subsuelo, se realizó una propuesta para este fraccionamiento, el cual cumpla tres aspectos importantes, ampliar las áreas verdes para reforestar los espacios inmediatos a las viviendas, ampliar las áreas de recreación y que sirvan para la infiltración de agua al subsuelo. El segundo aspecto es reducir el factor de escurrimiento del desarrollo habitacional para disminuir la aportación de aguas pluviales al dren y el tercero es conservar el número de viviendas de la propuesta original y no reducir las áreas de construcción vendible para que la propuesta siga siendo viable para el inversionista. Después de analizar la nueva propuesta de lotificación de vivienda podemos observar en los resultados obtenidos la disminución de las áreas no permeables y por ende la reducción en un 31.25% la aportación de agua de lluvia al dren. Las áreas verdes pasaron de ser un 9.32% a un 38.04%, lo que elevará indudablemente la calidad de vida de los residentes al tener cuatro veces más área de recreación; el espacio entre viviendas pasó de ser nada a una distancia de cuatro metros entre cada una, lo que dará mucha más privacidad y confort a los habitantes.

ABSTRACT:

As cities grow, green areas are decreasing and with it the permeability of the soil. In this intervention project, an analysis was made of the impact on the runoff that will cause the construction of a new housing development to know the cost that it will contribute to the drain adjacent to its location. Taking into account the current problem suffered by growing cities such as the lack of trees and recreational spaces that in turn allow the infiltration of water into the subsoil, a proposal was made for this division, which meets three important aspects, expand the green areas to reforest the immediate spaces to the houses, expand the recreation areas and that serve for the infiltration of water into the subsoil. The second aspect is to reduce the runoff factor of the housing development to reduce the contribution of rainwater to the drain and the third is to conserve the number of homes in the original proposal and not reduce the salable construction areas so that the proposal remains viable for the investor. After analyzing the new housing subdivision proposal, we can observe in the results obtained the reduction of the non-permeable areas and therefore the reduction by 31.25% of the contribution of rainwater to the drain. Green areas went from being 9.32% to 38.04%, which will undoubtedly raise the quality of life of residents by having four times more recreation area; the space between houses went from being nothing to a distance of four meters between each one, which will give much more privacy and comfort to the inhabitants.

PALABRAS CLAVE:

“ÁREAS PERMEABLES”, “ESCURRIMIENTO”, “INUNDACIONES”, “COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO”, “GASTO DE DISEÑO”.

Tabla de contenido

1. Introducción 1
1.1. Presentación. 1
1.2. Análisis situacional. 1
1.3. Definición del problema seleccionado. 2
2. Fundamento Teórico. 4
2.1. Marco Histórico y Contextual. 4
2.2. Estado del Arte. 6
2.3. Marco Teórico. 10
2.4. Marco Legal. 13
3. Proyecto de Intervención. 14
3.1. Objetivo General. 14
3.2. Objetivos Específicos. 14
3.3. Justificación. 14
3.4. Metodología. 15
3.4.1. Recopilación de Información. 16
3.4.2. Estudio de Reglamentación. 17
3.4.3. Propuesta de Lotificación. 25
3.4.4. Cálculo de Coeficientes de ocupación CAS, COS, CUS. 26
3.4.5. Análisis del Estudio Hidrológico. 26
3.4.6. Análisis integral del proyecto. 38
3.5. Análisis de los Resultados. 39
3.5.1. Propuesta de Nueva lotificación. 39
3.5.2. Análisis de Coeficientes de Ocupación CAS, COS, CUS. 43
3.5.3. Análisis del Estudio Hidrológico. 45
3.5.4. Proyecto de niveles de pavimento. 50
3.5.5. Análisis de Cuencas. 50
3.5.6. Cálculo de Coeficientes de escurrimiento. 51
3.5.7. Cálculo del tiempo de concentración. 53
3.5.8. Cálculo de caudales de diseño. 54
3.5.9. Análisis integral de propuesta. 57
3.5.10. Recomendaciones para mejoramiento de sistema pluvial. 58

4. Estrategias de Implementación. 60
4.1. Plan de Acción. 60
4.2. Estrategias usadas para presentar y persuadir a los involucrados en el proyecto. 60
5. Conclusiones y Recomendaciones. 61
5.1. Conclusiones. 61
5.2. Recomendaciones. 61
6. Referencias documentales y bibliografía complementaria. 63
6.1. Referencias Documentales. 63
6.2. Bibliografía complementaria. 63

1. Introducción

1.1. Presentación.

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un análisis de las áreas permeables de un desarrollo habitacional con una lotificación y sembrado de vivienda propuesto por el departamento de proyectos de la empresa Inmobiliaria JEMA, S.A. de C.V.

Inmobiliaria JEMA, S.A. de C.V., es una empresa sinaloense fundada en el año 2003. Tiene como visión "desarrollar espacios de calidad e innovadores que den valor, tranquilidad y seguridad a las familias, donde sus hijos puedan crecer en un entorno sano" y su misión es "Ser la mejor opción en desarrollos de vivienda en el estado de Sinaloa, construyendo el mejor patrimonio que podemos otorgar a las familias Sinaloenses".

Tomando el concepto de espacios innovadores de la misión, propondremos en este proyecto un diseño de un desarrollo habitacional que considere tres ámbitos muy importantes que garantizarán una mejor calidad de vida a sus habitantes. El primer punto es el ambiental; propondremos ampliar el área permeable en el interior de los lotes vendibles a través de restricciones de construcción laterales y traseras del terreno; áreas de donación con un diseño que favorezca la infiltración del agua al subsuelo y que retarde la aportación de agua al dren en temporada de lluvias; área de estacionamiento con materiales permeables que nos ayuden a disminuir el coeficiente de escurrimiento. El segundo punto es el social; al tener más áreas verdes tanto en viviendas como en las áreas comunes, tendremos mejor calidad de aire, la oportunidad de tener árboles frutales en casa o en un huerto común; más espacio entre vecinos que ayudará a tener mayor tranquilidad en sus hogares. Y el tercer punto es el económico; para este punto tendremos que buscar el equilibrio de las áreas vendibles y comunes que le permita a la empresa tener cuando menos los mismos rendimientos en su inversión.

El desarrollo que analizaremos está ubicado al poniente de la ciudad de Culiacán en el sector de La Conquista contiguo al Dren Bacurimí. El fraccionamiento tiene un proyecto hidrológico y de rasantes, donde se pretende conducir el agua pluvial a través del escurrimiento por las vialidades hacia este dren. Se analizará la aportación de agua que este proyecto sumará al cauce del Dren Bacurimí para comparar con las diferentes propuestas de diseño de áreas verdes y de la ampliación del coeficiente de absorción del suelo (CAS), para encontrar el coeficiente de ocupación del suelo (COS) y coeficiente de utilización del suelo (CUS) que nos permita encontrar el equilibrio entre la densidad, aportación de agua al dren y utilidad mínima requerida por la empresa.

1.2. Análisis situacional.

Inmobiliaria Jema es una empresa fundada en el año 2003 en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. Forma parte de Grupo El Rey junto con otras empresas. Es una empresa inmobiliaria que desarrolla fraccionamientos de nivel medio. Sus oficinas están ubicadas en prolongación Álvaro Obregón # 1750 Col. Guadalupe C.P. 80220, Culiacán, Sinaloa.

El concepto en el que se basa Jema es la importancia de brindar la máxima seguridad a sus clientes, por lo que todos sus desarrollos están conformados por privadas con accesos controlados y vigilancia las 24 horas.

Actualmente cuenta con seis desarrollos finalizados y 3 proyectos en proceso, de los cuales dos son residenciales y uno comercial.

El departamento de proyectos de Inmobiliaria Jema es el encargado de diseñar los desarrollos habitacionales y los prototipos de vivienda. Estos desarrollos se proyectan cumpliendo las áreas mínimas requeridas en el Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán en cuanto a áreas verdes se refiere, sin embargo con este proyecto de intervención, se hace una propuesta para incrementar las áreas verdes para potencializar todos los beneficios sociales y ecológicos para innovar en la propuesta de desarrollos habitacionales.

El crecimiento demográfico de las ciudades, nos obliga a seguir construyendo vivienda para cubrir esta necesidad, lo cual, no debe de combatir con la naturaleza, sino por el contrario, debemos integrarnos a ella para disfrutar de sus beneficios. Cada vez vemos menos áreas verdes en los nuevos fraccionamientos, incluso se ven menos árboles, por lo que su presencia se irá convirtiendo cada vez más necesaria para las personas. Previendo esta futura necesidad tomaremos dichas áreas como el mayor elemento de plusvalía de los nuevos desarrollos habitacionales.

1.3. Definición del problema seleccionado.

Cada año se presentan fenómenos meteorológicos más devastadores como ciclones y tormentas, éstos cobran vidas y cuantiosos daños a la infraestructura de las ciudades y sus ciudadanos. También se registran cada vez temperaturas más altas y no es coincidencia que cada año las manchas urbanas siguen creciendo. El calentamiento global está generando estos fenómenos que nos afectan cada vez más, y aunque muchas personas lo desconocen o no quieren creerlo, es algo real y sufrimos sus efectos.

El crecimiento de las ciudades con sus calles de asfalto o concreto, lotificación mínima para construcción de espacios y pocas áreas verdes, disminuyen considerablemente el área permeable. Lo que trae consigo afectaciones como abatimiento de mantos freáticos, sequía de manantiales o hasta la intrusión salina de acuíferos costeros, provocando la salinización del agua e indirectamente la de los suelos agrícolas.

En la mayor parte de la ciudad de Culiacán, el agua de la lluvia se conduce a través de las vialidades en el sentido de la pendiente que se les da a éstas, y los pocos sistemas de drenaje pluvial que tenemos, son insuficientes, por lo que las zonas bajas de la ciudad sufren inundaciones.

En el año 2006, el Instituto Municipal de Planeación Urbana (Implan) de Culiacán elaboró un estudio integral de drenaje pluvial de la capital del estado consistente en el censo de estudios hidrológicos preliminares de las cuencas y arroyos de mayor extensión, el cual sirvió de información básica para estudios y proyectos, pero que no se utilizó como instrumento de regulación y planeación en esta área del quehacer municipal.

Durante este lapso del 2006 al 2010 las inversiones en obras de infraestructura para protección pluvial para la ciudad rebasaron los 100 millones de pesos por año, en promedio. Fue hasta el 2012 que se plantea por primera vez por parte del área de infraestructura del Ayuntamiento de Culiacán la necesidad de elaborar un plan maestro de drenaje pluvial para la ciudad. Para el periodo 2011 al 2013 las inversiones sumaron sólo 35 millones de pesos en la capital del estado.

La ubicación geográfica del estado influye que esta situación se agrave debido a la llegada de huracanes y ciclones tropicales en cada temporada de lluvias. Mientras que la media histórica es de 770 milímetros, las ciudades de Culiacán y Navolato se encuentran en una zona con una precipitación media anual del orden de los 600 milímetros.

El crecimiento urbano desordenado e irregular, aunado a la falta de inversión y planeación en materia de drenaje pluvial en las ciudades, ha provocado la acumulación de un rezago bastante grande en la construcción de obras e infraestructura de protección contra los efectos de los fenómenos pluviales que se presentan.

Por lo anteriormente descrito las acciones que podemos tomar como un desarrollo privado es reducir el coeficiente de escurrimiento incrementando las áreas permeables. Si se adoptara esta filosofía para todos los desarrollos habitacionales, la ciudad tendría menor escurrimiento de lluvia por sus vialidades, reduciendo todos los problemas que esto trae consigo.

2. Fundamento Teórico.

2.1. Marco Histórico y Contextual.

En las riberas de los ríos actualmente se encuentra el Malecón. Anteriormente en la década de 1930 se llamaba Calle del Río, en la cual habitaban personas de muy bajos recursos económicos que estaban expuestas a las inundaciones provocadas por los ríos Humaya y Tamazula. A principios de dicha década, la zona correspondiente al margen izquierdo del río Tamazula, se remozó y adecuó, introduciendo banquetas y alumbrado, denominándosele "Malecón Humaya" o "Paseo Humaya" (hoy Paseo Niños Héroes). Para esa época, la mancha urbana de la ciudad era de 269 hectáreas y en el año 2000 la población era de 540,823 habitantes. (Culiacán, INEGI, 2000, 1998 y Verdugo, 1981).

Con la adecuación del Malecón Humaya o Paseo Humaya, que se extendía de oriente a poniente, se fueron construyendo numerosas residencias con vista hacia la otra margen del río, para personas con fuerte poder adquisitivo (Verdugo, 1981), desplazando a los colonos originales. En esta etapa se desarrolla el primer asentamiento residencial, la colonia "Chapultepec", en el margen opuesto a los desarrollos del Paseo Humaya.

En los años siguientes continuó el crecimiento exponencial de la zona urbana propiciado por la edificación de las presas Sanalona y López Mateos. En 1940 la ciudad ya tenía 22.025 habitantes y para el año de 1943 se observa un considerable crecimiento de la mancha urbana.

En el año de 1950 Culiacán contaba con 48.963 habitantes y, con el inicio de la agricultura de diversos granos y hortalizas a gran escala en el valle de Culiacán, se comienzan las primeras obras hidráulicas de gran magnitud; primeramente, la construcción de los canales de riego hacia el valle, el canal Rosales hacia el noroeste y el canal Principal hacia el suroeste, que nacen en la presa derivadora, justo en la confluencia de los ríos Humaya y Tamazula.

La construcción de las presas Sanalona (1939-1948) y Adolfo López Mateos (1957-1964) vino a detonar el crecimiento agrícola de la zona del valle de Culiacán y el crecimiento urbano de la ciudad de Culiacán.

El 10 de diciembre de 1963 nuevamente se presenta en Culiacán una de las peores inundaciones de su historia, debido a las constantes lluvias. (Verdugo, 1981). Hacia los años 1970 predomina el uso de suelo residencial en la ciudad destacando el comercio solo en la zona centro, se crean asentamientos en la zona norte y la ciudad tiene en este momento 165.956 habitantes.

Inicialmente, a principios del siglo XX, se evitaron los asentamientos en las márgenes de los ríos y, de esta manera, aprovechar todavía las grandes crecidas del río en época de lluvias para destinar a las fértiles tierras aledañas al cultivo.

Durante las décadas de 1970 y 1980 el desarrollo urbano se da a través de invasiones, sin ningún tipo de planeación, a excepción de ciertas zonas donde surgen colonias y fraccionamientos de interés social.

A partir de la década de 1990, se promueve un proyecto de rescate de las márgenes y modificación de los cauces de los tres ríos; el denominado "Desarrollo Urbano Tres Ríos". Uno de los planteamientos de este proyecto era el de reducir el riesgo de inundaciones que cada año, en temporada de lluvias, provocaban los ríos que atraviesan la ciudad de Culiacán, para de esta manera proteger la vida y propiedades de sus habitantes. (Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento POES, 1991).

El Desarrollo Urbano Tres Ríos (DUTR) surge de la idea de modernizar a Culiacán y situarla dentro de las mejores ciudades del país. Contando con 1.413 hectáreas, inició sus obras en el año de 1991. Esta constituido como un Organismo Público Descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, según sus estatutos; fue creado mediante decreto por el Gobierno del Estado de Sinaloa el 9 de abril de 1991 y hecho público en el Periódico Oficial del Estado de Sinaloa el 22 de abril de 1991 (POES, 1991)

Los objetivos del Desarrollo Urbano Tres Ríos son:

• Reducir el riesgo de inundaciones.

• Crear reservas territoriales.

• Solucionar los problemas de vialidades.

• Mejorar el medio natural.

• Aprovechar el paisaje urbano y el valor estético de la zona.

Dentro de sus atribuciones se encuentran la promoción de la construcción de obras hidráulicas para mitigar inundaciones mediante la asociación con particulares y otros organismos para lograr sus objetivos de promover y mejorar la regeneración y rehabilitación de las áreas de influencia de las riberas de los ríos, regular la tenencia de la tierra, mejorar los servicios públicos y promover la comercialización de inmuebles.

A finales del año de 1991 y principios de 1992, durante los meses de enero y febrero, se presentaron en la ciudad lluvias que se prolongaron por varios días provocando con ello un gran aforo en las presas de la región, que llegaron al 100% de su capacidad total. La intensidad de las lluvias que se presentaron, ocasionaron que los trabajos del Desarrollo Urbano Tres Ríos que en esos momentos se realizaban en el río Tamazula se atrasaran considerablemente.

Después del año de 1992, en la ciudad de Culiacán no se presentan fenómenos meteorológicos que impacten en grandes inundaciones; en este sentido la confianza que existe para las edificaciones del Desarrollo Urbano Tres Ríos en las riberas de los ríos Humaya y Tamazula se consolidó. En la década reciente se ubican asentamientos urbanos planeados cercanos a las márgenes del río Humaya, que se suman al desarrollo que se ha llevado a cabo mayormente en las márgenes del río Tamazula.

Este tipo de urbanización es provocada por la tendencia de crecimiento económico que se observa en Culiacán y en el resto del país donde las economías de algunas ciudades tienden

a la tercerización producto de la industrialización del campo y la demanda de servicios. En la ciudad de Culiacán la experiencia se plasma principalmente en el proyecto Desarrollo Urbano Tres Ríos.

De esta manera el desarrollo urbano de esta zona ha creado nuevas áreas de exposición, que pueden ser vulnerables a los efectos derivados de fenómenos hidrometeorológicos, particularmente inundaciones.

A su paso por el estado de Sinaloa el día 19 de septiembre de 2013, el huracán Manuel de categoría 1 causó daños principalmente en la zona centro del estado; este fenómeno tocó tierra entre las 8:30 y 9:00 de la mañana en la Isla de Altamura (municipio de Angostura), captando una precipitación pluvial record de 410mm en tres días de intensas lluvias.

La inundación más reciente fue provocada por la depresión tropical 19-E en septiembre de 2018 que provocó inundaciones en varios municipios de Sinaloa y Sonora. Se registró una máxima de 442.5 milímetros y una mínima de 320 milímetros los cuales ocasionaron desbordamientos en arroyos incrementando los niveles de las presas, inundaciones pluviales y fluviales en zonas urbanas y rurales, así como en diferentes áreas de cultivo.

2.2. Estado del Arte.

La naturaleza nos ha dado la vegetación como parte del ciclo de vida del planeta. Tanto así que produce el oxígeno que los humanos necesitamos respirar, y se alimenta del dióxido de carbono que los humanos expedimos. Por lo que nos complementamos entre ambas especies.

El objetivo general establecido por la OMS, es la disponibilidad de un mínimo de 9 m2 de espacio verde por habitante. Actualmente las ciudades de América Latina sólo ofrecen un promedio de 3.5 m2 por habitante. En 1998 Mark Sorensen, Valerie Barzetti Kari Keipi y John Williams escribieron el documento “Manejo de las Áreas Verdes Urbanas”, donde proponen un programa de áreas verdes urbanas que a través de la participación ciudadana y la educación se motive a distintos segmentos de la sociedad, desde niños hasta adultos, y se les informa de los beneficios de los espacios verdes urbanos. Los sistemas de áreas verdes deben ser diseñados para alcanzar objetivos de manejo de las cuencas hidrográficas y de manejo de los recursos naturales en general, así como para contribuir a redes de ecosistemas protegidos las cuales sirven de salvaguardia para los hábitats de la fauna y flora silvestre y de la diversidad biológica. En cuanto a los beneficios económicos, por ejemplo, al reducir la erosión y la sedimentación, las áreas verdes evitan daños causados por las inundaciones y reducen los costos de dragados de presas. Los conceptos de áreas verdes urbanas pueden y deberían ser utilizadas de manera integrada y holística para muchos otros beneficios sociales y ambientales, más allá del uso recreativo o estético. Entre estos beneficios se incluyen mejoras en la sanidad básico, el abastecimiento de agua potable, el control de inundaciones, el tratamiento de aguas residuales, la reducción de la contaminación del aire, el manejo de residuos sólidos, la atemperación tanto del macro como de microclimas, el enriquecimiento de la biodiversidad y la reducción de la pobreza mediante la generación de ingresos.

Las inundaciones son una consecuencia derivada de otros procesos de recurrencia interanual, como son las crecidas de los cursos de agua, sumado ello a condiciones de insuficiencia de los sistemas de evacuación, sean estos cauces naturales, sistemas de drenaje artificializados,

colectores urbanos, etc. Si bien ello es cierto, existen complicaciones. Estas se derivan de los cambios en la permeabilidad, en la saturación del suelo y en la micro-topografía de la superficie, ya sean por causas naturales o artificiales. En el escenario en que el cambio climático global nos coloca, cualquiera sea la causa, la gestión integral de cuencas aparece como una herramienta que puede contribuir a la mitigación de los procesos de inundación, especialmente en aquella parte que deriva de las manifestaciones a las que la naturaleza nos está sometiendo. Siendo las cuencas hidrográficas sistemas naturales que conforman unidades espaciales constitutivas de los territorios, del mismo modo que las células de un tejido orgánico, no hay lugar de las superficies continentales que no pertenezca a una de ellas. Visto así, estos sistemas naturales y dinámicos se convierten en unidades de gestión en los que el efecto mariposa está siempre presente. Lo que se haga en un lugar de una cuenca repercutirá, más tarde o más temprano, en el resto de ella. Las intervenciones modificantes de sus características naturales en un sentido negativo y, en respuesta, el manejo de cuencas en un sentido positivo, al buscar retrotraer o resarcir los efectos negativos mediante intervenciones adecuadas en tiempo y lugar. Ferrando, F. J. (2006).

En 2007 Walker, F. B., Fernández, P. W., & Freitas, J. M. escribieron el artículo "Modelo de cálculo de áreas verdes en planificación urbana desde la densidad habitacional" en la revista "Urbano" de la Universidad del Bío Bío de Chile, donde proponen un modelo para desarrollar la dotación de áreas verdes incorporando dos conceptos, en primer lugar, vincular la necesidad de áreas verdes a las personas y no a la superficie, es decir, tomar conciencia que a mayor cantidad de personas, mayor será el uso de los espacios verdes. Vincular el tamaño de las zonas verdes a la densidad, a la cantidad de habitantes y no a un porcentaje de cesión de terreno. En segundo lugar, sería interesante que las áreas verdes no se exigieran todas juntas, es decir que se reconozca las escalas de dichas áreas y acercarnos un poco a los parámetros dotacionales internacionales, no por cantidad sino más bien por escala, es decir, no exigir, por ejemplo, una plaza de vecindario con superficie y tamaño de una plaza de barrio.

Jon Sukia Irastortza en su tesina de especialidad de título "Recarga de acuíferos mediante agua de lluvia" en 2009 puso como objetivos la recopilación, ordenación y síntesis de la información dispersa sobre la recarga artificial de acuíferos, haciendo hincapié en los métodos de filtración utilizados básicamente para potabilizar el agua de tormenta. Se concentró básicamente en recargar con agua de tormenta, pero no significa que su trabajo no sirva de guía para la recarga de otros tipos de agua o cuya recuperación esté destinada a otro uso que no sea el consumo humano. La calidad de filtración que se ha estudiado (destinada para su consumo humano, es decir, potabilizarla) es la más restrictiva de todas las posibles. Este material puede ser válido como guía para agua destinada a usos menos restrictivos como los industriales, el riego, etc. La recarga natural es una etapa dentro del ciclo del agua, que se genera como consecuencia de la diferencia existente entre entradas de agua al suelo (precipitación e infiltración desde ríos, lagos o cualquier otra masa de agua) y salidas (evapotranspiración y ESCURRIMIENTO). En climas templados húmedos la recarga natural puede suponer de un 30 a un 50% de la precipitación, en el clima Mediterráneo ronda entre un 10 y 20%, mientras que en climas secos no pasa de un 2% (pudiendo incluso ser nulo). La recarga natural se puede mejorar reemplazando la vegetación de raíces profundas por una vegetación con unas raíces más cortas. Si se evita en lo posible la interferencia de las hojas con el agua también se consigue que llegue más agua al suelo (en bosques se pueden cambiar

coníferas por árboles de hoja caduca). La recarga artificial se puede llevar a cabo partiendo de diferentes fuentes de agua. Así, se puede tomar el agua de ríos, presas, acuíferos, acueductos, alcantarillado, zonas de regadío, plantas de tratamiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de tratamiento de agua de tormenta, etc. Aparte del objetivo principal de aumentar la disponibilidad de agua con ciertos requisitos de calidad, la recarga artificial de acuíferos persigue muchos objetivos adicionales. Algunos de estos objetivos varían de un lugar a otro por factores climáticos, morfológicos, económicos, etc. Incluso en un mismo lugar pueden variar los motivos a lo largo del tiempo a medida que las necesidades o exigencias sociales han ido cambiando.

En el año 2012, Sánchez Román, L. A., & Martínez González, Y. escribieron el artículo "Inundaciones pluviales en una cuenca urbana aplicando el método de ponderación mixta" donde describen los criterios de riesgo por inundaciones pluviales que consideran la acción conjunta de calados y velocidades, en su mayoría han sido desarrollados para cuencas rurales y son aplicados en casos de inundaciones provocadas por desbordamiento de ríos. Con la aparición de los Sistemas de Información Geográfica se han desarrollado técnicas para el análisis de riesgo en cuencas urbanas basadas en análisis multi-criterio y en la ponderación de factores combinatorios de distinta naturaleza. Este artículo presenta aportes al método de ponderación mixta para calcular la peligrosidad o amenaza por inundaciones en calles para zonas urbanas, específicamente en la escala de normalización del subíndice o indicador de propiedades de inundación, construyendo el mapa de peligrosidad en un caso de estudio. Las metodologías y los criterios utilizados para cuantificar la peligrosidad asociada al flujo en calles es un tema en el cual no existe consenso, por esta razón, es común encontrarse investigaciones donde se construyen mapas de peligrosidad y riesgo pluvial aplicando los mismos criterios que se utilizan en la gestión de inundaciones ocurridas en ambientes rurales. A diferencia de la gestión de inundaciones de origen fluvial (por desbordamiento de ríos), la gestión del drenaje pluvial urbano requiere del conocimiento exhaustivo de la evolución de caudales y profundidades de flujo en las calles y avenidas de la zona urbana.

El escurrimiento directo es el efecto integrado de la lluvia, intercepción, evapotranspiración, infiltración y el escurrimiento en lámina sobre el terreno, en un punto específico de una cuenca. La conversión de las lluvias a escurrimiento es un proceso complejo que depende tanto de la distribución espacial y temporal de las lluvias como de las características físicas de la cuenca (Quevedo-Tiznado, et Al 2016). Realizaron un estudio con el objetivo plantear procedimientos para simular el escurrimiento directo a escala de evento en cuencas pequeñas.

Las simulaciones se realizaron con un modelo hidrológico propio denominado HIDRAS, en el cual se implementaron los métodos propuestos por Haan et al. (1994) y Sánchez y Gracia (1997) para calcular hidrogramas, usando un esquema de respuesta unitaria para corregir los efectos de regulación.

Los sistemas de drenaje urbanos están principalmente diseñados para que los conductos subterráneos no se vean afectados por los flujos de superficie durante una tormenta con determinado periodo de retorno. La modelación de un sistema de drenaje pluvial se basa en la descomposición del proceso en sub-procesos como: intercepción (principalmente de depresiones superficiales), infiltración, flujo sobre la superficie, flujo a lo largo de la calle (flujo de cuneta), flujo en estructuras de entrada y flujo en redes de alcantarillado. Una de las

mayores deficiencias en el diseño del drenaje urbano en la actualidad es la complejidad para modelar el proceso de inundación. Por ejemplo, cuando un sistema subterráneo está lleno, y fue delineado para conducir aguas residuales, el agua que sale del sistema interfiere con el agua que fluye superficialmente porque no hay más capacidad de transporte del sistema de alcantarillado. Morales, M. S. R., Mendoza, J. A. S. P., & Esparza, A. R. (2015).

La gestión de aguas pluviales ha estado enfocada en resolver problemas de inundación transfiriendo grandes volúmenes de agua lo más rápido posible. Esto aumenta inevitablemente el volumen y descargas máximas causando daños no sólo a los tramos aguas abajo, sino también a los cuerpos receptores naturales, así como al ambiente en su conjunto. El control de la fuente es una estrategia alternativa que trata de emular las condiciones naturales de captación y así adelantarse o revertir las consecuencias negativas. La filosofía general es reducir y atenuar los flujos de la tormenta antes que lleguen a la red de drenaje y mejorar la calidad del agua permitiendo que tome lugar un tratamiento natural (Maksimovic & Prodanovic, 2001).

El crecimiento de las ciudades provoca modificaciones sustanciales en el ciclo hidrológico natural en entornos urbanos. Con la impermeabilización del suelo -efecto representativo del desarrollo urbano-, se reduce la infiltración y, por consiguiente, aumenta la ESCURRIMIENTO superficial. Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) contribuyen a revertir, al menos en parte, estas consecuencias adversas del proceso de urbanización. En el presente trabajo se lleva a cabo un análisis de las implicaciones hidrológico-hidráulicas de la implantación de SUDS en entornos urbanos. A partir del supuesto de la urbanización de un típico sector urbano, se relacionan las disminuciones del coeficiente de ESCURRIMIENTO asociadas a diversos grados de implantación de SUDS, con las correspondientes reducciones del caudal punta y del diámetro del colector que drena la cuenca de estudio, aplicando modelos de cálculo tradicionales, como son el Método Racional y la fórmula de Manning, respectivamente. Asimismo, se ha evaluado la influencia del coeficiente de ESCURRIMIENTO sobre el riesgo de inundación en base a la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento de precipitación, según diferentes periodos de retorno. Los resultados obtenidos permiten cuantificar los efectos hidrológico-hidráulicos de la implementación de SUDS en cuencas urbanas, comprobándose que las reducciones porcentuales del coeficiente de ESCURRIMIENTO implican reducciones porcentuales idénticas del caudal de ESCURRIMIENTO generado en la cuenca, que con la reducción porcentual del coeficiente de ESCURRIMIENTO de la cuenca se obtiene una significativa disminución porcentual del diámetro del colector de drenaje y que la reducción porcentual del coeficiente de ESCURRIMIENTO representa una disminución de la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento de precipitación, disminuyendo, en consecuencia, el riesgo de inundación. Jaume, A. T. (2017).

El Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán (PDDUC) dice que, para las Zonas Urbanizables, los proyectos propuestos se someterán a estudios de factibilidad en función de las nuevas políticas del PDDUC para que no propicien impactos negativos al proceso de desarrollo de la ciudad. Estarán sujetas a condiciones de desarrollo como: factibilidad de servicios públicos y proyecto en base a lineamientos de diseño urbano orientados al transporte sustentable. Podrán ser desarrolladas una vez que se ocupan un 70% de las áreas de la Zona de Primera Prioridad y sea justificable la necesidad de ocupar estas áreas. Los

proyectos solicitados deberán cumplir todos los lineamientos que caracterizan un desarrollo sustentable. Transporte, ahorro energético, manejo de residuos, captación de agua pluvial, áreas verdes de calidad y equipadas, equipamiento urbano cercano, usos mixtos, etc.

2.3. Marco Teórico.

Para abordar el desarrollo del proyecto, definiremos los conceptos relacionados con el tema:

Cuenca. Es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Aparicio Mijares, F.J. (1992).

Escurrimiento. Se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. Aparicio Mijares, F.J. (1992).

Infiltración. Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. Aparicio Mijares, F.J. (1992).

Permeabilidad. Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es despreciable.

La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos:

La porosidad del material y su estructura;

La viscosidad del fluido considerado, afectada por su temperatura;

La presión a que está sometido el fluido.

Para ser permeable, un material debe ser poroso, es decir, debe contener espacios vacíos o poros que permitan un paso fácil del fluido a través del material. A su vez, tales espacios deben estar interconectados para que el fluido disponga de caminos para pasar a través del material.

Escurrimiento. Es una corriente de agua de lluvia que circula sobre la superficie de la tierra cuando rebasa un depósito natural o superficial. El escurrimiento también se puede conocer como:

Aliviadero. También podemos decir que es una corriente de agua que se origina de las precipitaciones que, circula y se extiende sobre el suelo una vez que se ha superado la capacidad de evaporización y de infiltración de la misma. Por tanto, el escurrimiento que recorre el suelo y se expande libremente, es de suma importancia para el ser humano porque permite, principalmente, la recolección de agua. De allí, que en las civilizaciones antiguas se construyeron drenajes de agua que fueron destinados para regar los cultivos, para el uso y

consumo de las personas, generar energía o realizar diversos trabajos. Además, el escurrimiento es el que alimenta a los ríos, mares, océanos, embalses o cuencas. Asimismo, es la causante de la erosión de diversos terrenos.

Coeficiente de Escurrimiento. Se entiende por coeficiente de escurrimiento a la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente. El coeficiente de escurrimiento anual (Ce) adimensional será el cociente del volumen escurrido anual (VEA) al volumen precipitado anual (VPA), ambos en millones de m3 (Mm^3), esto es:

Ce=VEA/VPA

VPA=(Fc.PAeb.A)/1000

Siendo PAeb la precipitación anual (mm) en la estación base correspondiente al año analizado y A el área de cuenca en km2.

Áreas Verdes. Un área es una superficie que se desarrolla dentro de ciertos límites. Verde, por su parte, es el color que se forma a partir de la combinación de azul con amarillo y que se asocia a la tonalidad que suelen exhibir las hojas de las plantas. Un área verde, por lo tanto, es un terreno que se caracteriza por la presencia de vegetación. Un bosque, una selva, un parque y un jardín son áreas verdes que pueden tener características muy distintas entre sí. Hay áreas verdes que se desarrollan por acción natural. Otras, en cambio, son creadas por el hombre que impulsa el cultivo de las plantas con algún fin. Cabe destacar que el ser humano también incide en el desarrollo o el decrecimiento de las áreas verdes que surgieron por la naturaleza. Las áreas verdes tienen una gran importancia para la vida. Las plantas se encargan de absorber el dióxido de carbono de la atmósfera y liberan oxígeno. Además, ayudan a regular las temperaturas y reducen el impacto de la erosión. Sin áreas verdes, la vida no sería posible.

En los entornos urbanos, las áreas verdes son imprescindibles para contrarrestar el efecto de la contaminación. Las grandes ciudades cuentan con industrias desarrolladas y un elevado tráfico vehicular: los árboles y las plantas de las áreas verdes captan parte del dióxido de carbono que emiten y lo transforman en oxígeno. Por eso deben reservarse terrenos como parques, plazas y jardines y evitar que se construyan edificios en toda la superficie ya que, de lo contrario, el equilibrio ecológico resulta muy lejano.

Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS). El COS es el porcentaje de la superficie total del lote, donde se permitirá edificarse. Se presenta en número fraccionado y es el factor que, al multiplicarse por la superficie total del lote, se obtiene como resultado el total de metros cuadrados que se pueden construir en planta baja, entendiéndose por superficie construida aquella que está techada. Si la construcción incluye uno o más niveles de sótano, la superficie de cada uno de estos pisos de sótano tampoco podrá exceder el COS determinado en dicho predio, garantizando así el complemento del COS como superficie permeable. Solo podrá permitirse exceder la superficie de sótano de acuerdo al COS si se presenta un sistema de captación del agua equivalente a este excedente de suelo impermeable.

Coeficiente de Absorción del Suelo (CAS). Como su nombre lo indica es la parte de un predio que debe dejarse libre completamente sin construir con techos, pavimentos, sótanos o cualquier otro material impermeable. Dependiendo del país o ciudad del mundo donde te encuentres los valores podrían variar, pero siempre es importante consultar la reglamentación de tu ciudad con las autoridades competentes.

Como parte de la normatividad la sección VIII Ordenamiento Territorial del PDDUC establece los siguientes lineamientos:

Tabla 1. Características y Propuestas de Usos y Densidades generales para los Sectores Urbanos.

Sector	**Uso general actual**	**Características**	**Propuesta de usos y densidades**
17) La Conquista	Particularmente habitacional y en corredores urbanos mixto.	Sector constituido en su mayoría por fraccionamientos de interés social y medio; un porcentaje menor corresponde a residencias. Es uno de los sectores donde se localiza gran extensión de área libre de construcción.	Usos: Consolidación de usos mixtos Predominantemente habitacional. Densidad e intensidad de edificación: Densidades de población altas y medias con índices de edificabilidad bajo. Es un sector con mucha área urbanizable y en proceso de consolidación. Subcentro: Sector con alta influencia hacia el subcentro Humaya-Lola Beltrán.
18) Bacurimí	Habitacional mixto con industria	El uso que predomina es habitacional con características más tradicionales, es otro sector donde se localizan algunas extensiones de suelo libre de construcciones.	Usos: Consolidación de usos mixtos predominantemente habitacional. Densidad e intensidad de edificación: Densidades de población predominantemente medias con índices de edificabilidad bajo. Es un sector con mucha área urbanizable y en proceso de consolidación donde se mezclan también sectores conurbados de poblaciones suburbanas. Es recomendable, en las áreas con características suburbanas, impulsar el rescate de las características urbanas, culturales, sociales y económicas propias de su identidad. Subcentro: Sector con alta influencia hacia el subcentro Humaya-Lola Beltrán.

19) Villas de Río	Habitacional con comercio y servicios básicos	Es el sector donde se localiza el mayor número de superficie de área libre de construcción y el uso habitacional, se caracteriza por ser fraccionamientos.	Usos: Consolidación de usos mixtos predominantemente habitacional. Densidad e intensidad de edificación: Densidades de población altas con índices de edificabilidad bajo. Es un sector con alto grado de consolidación. Subcentro: Sector con alta influencia hacia el subcentro Humaya-Lola Beltrán.

Tabla 2. Normas Generales de Edificación. Habitacional Unifamiliar Mixto.

Uso de Suelo	**Hab/Ha máximo**	**Viv/Ha máximo**	**Lote mínimo (m^2)**	**COS**	**Superficie permeable**
HCS-B	200	50	160	0.70	0.30

Se considera sólo el área donde se realizará el proyecto que es La Conquista.

2.4. Marco Legal.

El desarrollo del proyecto de diseño de áreas permeables considerará en todo momento la siguiente normatividad:

- Reglamento de Construcción para el Municipio de Culiacán, Sinaloa.
- Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán. Sección VIII Ordenamiento Territorial.
- Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable para el Estado de Sinaloa.
- Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa.
- Ley de Desarrollo Forestal del Estado de Sinaloa.
- Ley de Vivienda para el Estado de Sinaloa.
- Ley de Protección Civil del Estado de Sinaloa.

3. Proyecto de Intervención.

3.1. Objetivo General.

Realizar análisis de las áreas permeables de desarrollo habitacional en la ciudad de Culiacán, Sinaloa para hacer propuesta del COS, CAS y CUS necesarios, que permita reducir el coeficiente de escurrimiento, aumentando las áreas permeables sin reducir el número de viviendas ni las áreas de construcción ofertada.

3.2. Objetivos Específicos.

- Analizar el impacto de la modificación de las áreas permeables en el fraccionamiento con la disminución del gasto de diseño ocasionado por las lluvias y reducir el coeficiente de escurrimiento hacia las zonas bajas urbanizadas de esta cuenca.
- Demostrar la importancia de la necesidad de ampliar las áreas permeables en todos los desarrollos futuros y proponer la ampliación del Coeficiente de Absorción del Suelo (CAS) y los m^2/hab en la legislación local vigente.
- Proponer áreas permeables en puntos estratégicos del fraccionamiento que reduzcan el coeficiente de escurrimiento que corre hacia el Dren Bacurimí.
- Analizar el impacto que tendrán las áreas permeables en el coeficiente de escurrimiento ponderado del conjunto habitacional.
- Comparar los caudales de diseño del proyecto actual con la propuesta del proyecto de intervención.
- Proponer la modificación de CAS, COS, CUS y los m^2/hab de áreas verdes en el Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán, así como en el reglamento de Construcción del Municipio.

3.3. Justificación.

Este proyecto de intervención pretende contribuir con el desarrollo sostenible de la ciudad, disminuyendo el coeficiente de escurrimiento de las zonas habitacionales a través del incremento de áreas permeables en este fraccionamiento que servirá como referencia para nuevos desarrollos. Estas áreas permeables tendrán otros beneficios a la sociedad como aprovechar los espacios para áreas de recreación, reforestación, retención e infiltración de agua para disminuir el caudal aportado al dren. Así mismo, proponer a consideración de éstas áreas como obligatorias en el diseño de nuevos desarrollos urbanos y el aumento en el porcentaje del área permeable establecido en el reglamento de construcción de Culiacán y en el plan de Desarrollo Municipal.

Actualmente el Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán considera tres puntos muy importantes para que desarrollo de la ciudad sea más sostenible, pero que muy pocas personas conocen, el COS, CAS y CUS. El COS y CAS, a nuestro juicio, deberían modificarse para garantizar el área verde por habitante recomendado por la Organización Mundial de la Salud, mientras que el CUS debe ampliarse de tal manera que permita la construcción de manera vertical para obtener más área verde y permeable, teniendo como restricción la densidad de población permitida para el área del desarrollo habitacional.

El crecimiento de las ciudades no debe ser sinónimo de la devastación de la naturaleza, es necesario que aprendamos a convivir en armonía con ella, ya que de ella depende nuestra permanencia en el planeta. Si las empresas desarrolladoras de vivienda lograran entender que las retribuciones económicas no dependen de sacrificar la tierra para construir más casas, tal vez podamos conseguir cambiar los típicos fraccionamientos donde las casas están unidas unas con otras, donde los accesos a las cocheras no permiten dejar árboles en las banquetas y donde las áreas de donación se convierten en espacios olvidados por no tener la sombra suficiente que proporcionan los árboles; por desarrollos habitacionales donde las viviendas estén rodeadas de áreas verdes con arborización, con espacios de recreación agradables para recorrer en cualquier época del año. Por estas razones, es necesario poder incrementar el número de niveles de construcción y eso se haría ampliando el CUS en el PDDUC.

Los sistemas de drenaje pluvial son otro punto importante a atender en la ciudad de Culiacán, y mientras eso no se haga, debemos considerar alternativas que disminuyan el escurrimiento de agua pluvial por las vialidades, ya que este escurrimiento ha cobrado vidas en eventos climáticos como tormentas y ciclones. Las vialidades en zonas habitacionales no deben ser para recorrerlas a gran velocidad, por lo que, podemos considerar opciones de pavimentos que permitan la permeabilidad y a su vez reducir el escurrimiento. Existen sistemas de avanzada tecnología como el concreto permeable, pero que todavía no es lo suficientemente económico y además se tiene que acompañar con un sistema de drenaje pluvial, lo que interfiere con la idea de los inversores. Sin embargo, existen sistemas tradicionales que nos pueden ayudar a reducir este coeficiente de escurrimiento, como lo pueden ser calles adoquinadas o empedradas, que calentarán mucho menos las áreas contiguas a estos pavimentos.

En la actualidad, todos los problemas ocasionados por el cambio climático nos están obligando a respetar la naturaleza. Los desarrolladores de vivienda pueden ver esto como una oportunidad en vez de hacerlo como un obstáculo. Si adoptamos los criterios propuestos en este proyecto de intervención, se puede vender el desarrollo habitacional como la nueva forma de vida. Así como llegó la pandemia de Covid 19 a enseñarnos a cuidarnos, así también, la naturaleza nos está enseñando a cuidarla. Con todos los beneficios que traen consigo las áreas verdes, quién no quisiera vivir rodeado de ella.

3.4. Metodología.

Para el desarrollo del presente proyecto de intervención, se trabajó en diferentes fases hasta llegar al análisis integral de la propuesta. Las fases la recopilación de información, el estudio de la reglamentación aplicable, propuesta de lotificación, cálculo de los coeficientes CAS, COS y CUS, análisis del estudio hidrológico, propuesta de rasantes, cálculo de subcuencas y por último el análisis integral de la propuesta.

En la siguiente figura podemos apreciar la metodología seguida hasta llegar a la conclusión del proyecto.

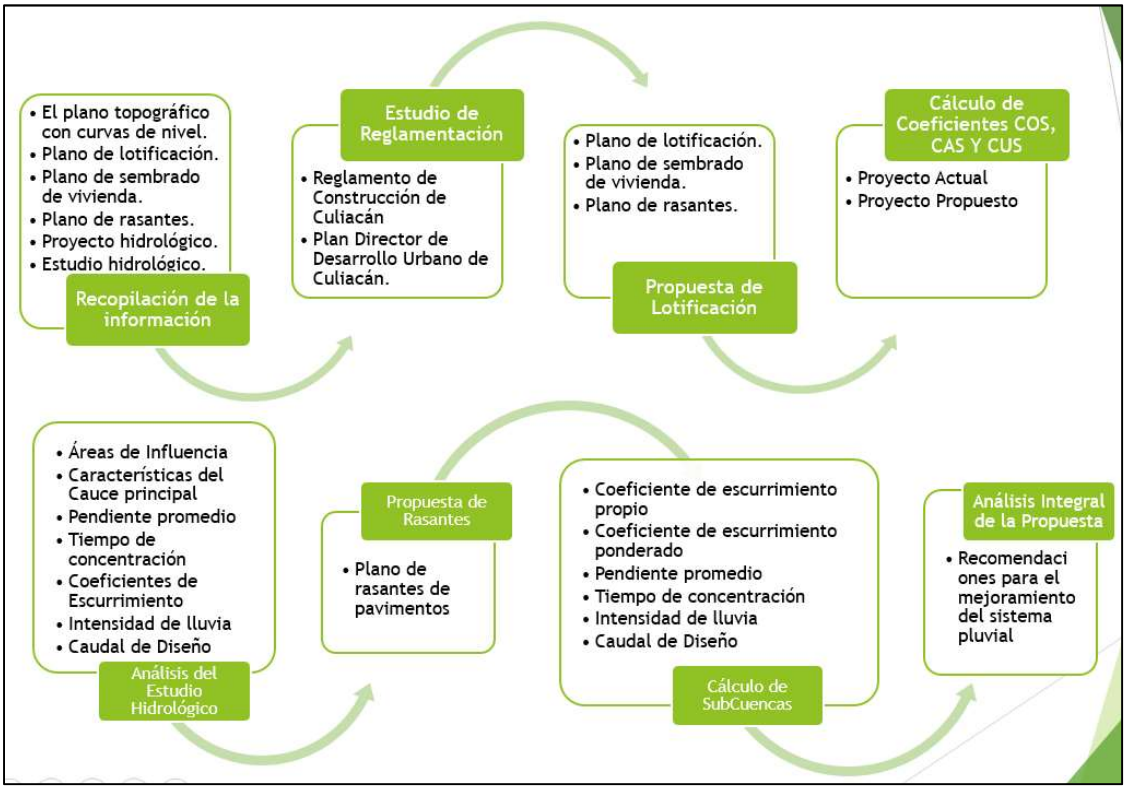

Figura 3.4.1. Diagrama de la metodología aplicada.

A continuación, se brinda información respectiva al desarrollo del estudio en cuestión para el cual se hicieron una serie de análisis, cálculos de áreas y coeficientes para cada prototipo de vivienda y en general todo el fraccionamiento tanto del proyecto original como de la propuesta planteada.

3.4.1. Recopilación de Información.

El departamento de proyectos de Inmobiliaria Jema, S.A. de C.V. estaba desarrollando el proyecto del fraccionamiento Bosques del Rey II sección Abundancia y se encontraba en ese momento con unas restricciones que tenían que ver con el Dren Bacurimí. Y fue por ese motivo que al plantear la propuesta de mi proyecto a esta empresa, estuvieron muy interesados.

Mediante la firma de una carta de confidencialidad, la empresa proporcionó lo que hasta en ese momento tenía en cuanto a planos y estudios, entre ellos:

- El plano topográfico con curvas de nivel.
- Plano de lotificación.
- Plano de sembrado de vivienda.
- Plano de rasantes.
- Proyecto hidrológico.

- Estudio hidrológico.

3.4.2. Estudio de Reglamentación.

Se hizo una revisión de los apartados y artículos del Reglamento de Construcción para el Municipio de Culiacán y el Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán en relación a las áreas permeables establecidas en éstos. Con el fin de hacer una revisión al proyecto propuesto por la empresa y determinar primeramente si cumple con las áreas establecidas. En caso de cumplir con estas áreas, se harán distintas propuestas al proyecto con el fin de incrementar las áreas permeables y, por ende, reducir el coeficiente de escurrimiento para disminuir el gasto hacia el Dren Bacurimí.

A continuación, se enlistan los artículos relacionados con nuestro proyecto:

3.4.2.1. REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL MUNICIPIO DE CULIACAN.

3.4.2.1.1. TITULO QUINTO
PROYECTO ARQUITECTÓNICO

CAPITULO I
REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Artículo 100. Ningún edificio podrá tener una altura mayor a 1 1/2 veces el ancho de la vialidad, en caso de ubicarse en esquina se tomará en cuenta la de mayor anchura. Para los predios que tengan frente a plazas o jardines, el alineamiento opuesto para los fines de este artículo se localizará a cinco metros de distancia hacia dentro del alineamiento de la acera opuesta.

El Ayuntamiento podrá fijar otras limitaciones a la altura de los edificios en determinadas zonas, de cada ciudad del Municipio, de conformidad a los planes y programas de desarrollo urbano.

Artículo 101. La superficie construida en los predios será la que se determine, de acuerdo con las Intensidades de Uso del Suelo y densidades máximas establecidas en los Planes y Programas de Desarrolla Urbano.

Para los efectos de este artículo, las áreas de estacionamiento no contarán como superficie construida, excepto los demás de una planta.

Artículo 102. Sin perjuicio de las superficies máximas permitidas a las que se refiere el artículo anterior, los predios con área menor a 500 m deberán dejar sin construir, como mínimo el 20 % de la superficie. Los predios con área mayor a 500 m2 los siguientes porcentajes:

Tabla 3.4.2.1.1 Porcentajes de área libre de construcción según la superficie del predio.

SUPERFICIE DEL PREDIO	ÁREA LIBRE (%)
De 500 hasta 2,000 m^2	17.50
De 2,000 hasta 3,500 m^2	15.00
De 3,500 hasta 5,500 m^2	12.50
De más de 5,500 m^2	10.00

Para efectos de las disposiciones de este reglamento, se considera un promedio de 5.0 habitantes por familia y por vivienda unifamiliar.

CAPÍTULO II

FRACCIONAMIENTOS PARA USO HABITACIONAL

Artículo 258. Los fraccionamientos de vivienda de objetivo social, de vivienda de Interés social, de vivienda popular deberán contar con las obras mínimas de urbanización siguientes:

V. Vialidades catalogadas como estructurales, primarias y secundarias, serán pavimentadas con concreto hidráulico y las restantes, serán pavimentadas de conformidad a lo dispuesto por este Reglamento y las especificaciones proporcionadas por la Dirección;

VIII. Arbolado en las calles;

IX. Arbolado y Jardinería en las áreas de donación;

Artículo 264. Los Fraccionamientos de Vivienda Media son los que, por su densidad de población, consideran dimensiones de lotes con frentes mínimos de ocho metros. Este tipo de fraccionamiento deberá contar con las obras mínimas de urbanización siguientes:

V. Vialidades catalogadas como estructurales, primarias y secundarias, sarán, pavimentadas con concreto hidráulico y las restantes, serán pavimentadas de conformidad a lo dispuesto por este Reglamento y las especificaciones proporcionadas por la Dirección;

VIII. Arbolado en las calles;

IX. Arbolado y Jardinería en las áreas de donación

Artículo 265. Los Fraccionamientos de Vivienda Residencial son los que, por su densidad de población, consideran dimensiones de lotes con frentes mínimos de doce metros. Este tipo de fraccionamiento deberá contar con las obras mínimas de urbanización siguientes:

V. Vialidades catalogadas como estructurales, primarias y secundarias, sarán, pavimentadas con concreto hidráulico y las restantes, serán pavimentadas de conformidad a lo dispuesto por este Reglamento y las especificaciones proporcionadas por la Dirección;

VIII. Arbolado en las calles;

IX. Arbolado y Jardinería en las áreas de donación

CAPITULO VII

DE LA EJECUC10N DE LAS OBRAS

Artículo 285. La Dirección, de conformidad con la Ley de Desarrollo Urbano, los planes y programas de desarrollo urbano y este Reglamento, establecerá las superficies mínimas de los lotes. La superficie mínima autorizada para un predio nunca será menor a 96 m2 y el ancho del terreno no menor a 6 metros.

La superficie y el ancho mínimo de los lotes en los fraccionamientos habitacionales serán las siguientes:

I. De vivienda de Objetivo Social, Interés Social, y con Servicios Progresivos, superficie mínima 96.00 metros cuadrados y ancho mínimo de lote 6.00 metros lineales.

II. De Vivienda Popular. Superficie mínima 119.00 metros cuadrados y ancho mínimo de lote, 7.00 metros lineales.

III. De vivienda Media, superficie mínima 160.00 metros cuadrados y ancho mínimo de 8.00 metros lineales.

IV. De Vivienda Residencial, superficie mínima 240.00 metros cuadrados y ancho mínimo de lote, 12.00 metros

CAPITULO VIII
OBLIGACIONES DEL FRACCIONADOR

Artículo 290. Los fraccionadores son responsables de la realización y del pago de todas las obras de urbanización e Infraestructura, así como de jardinería y arbolado en las zonas y vías públicas. Igualmente estarán a su cargo los hidratantes y el mobiliario urbano del fraccionamiento.

En relación a la realización de la jardinería, arborización y equipamiento en general de los bulevares, vías públicas, área de donación para uso recreativo, deportivo, parques, áreas verdes y jardines, el fraccionador estará obligado a cumplir lo siguiente:

I. Los boulevares deberán contar con árboles a una distancia mínima de 6 metros, así como con el servicio de agua, contratado ante la Junta de Agua Potable y Alcantarillado (JAPAC) y con válvulas de acoplamiento rápido de ¾”, por lo menos a 70 metros de separación entre válvula y válvula.

II. Las banquetas deberán contar por lo menos con un árbol en el frente de cada lote o casa habitación, esto dependiendo de la medida frontal del lote y considerando la separación entre árboles de 6 metros mínimo.

III. En el caso de las áreas para uso recreativo, deportivo, parques, áreas verdes y jardines, estas deberán contar con un proyecto de equipamiento, acorde con las posibilidades de la superficie del terreno de que se trate.

IV. Las áreas mencionadas en el párrafo anterior, deberán ser equipadas como mínimo con: arboles a cada 6 metros perimetralmente, arborización a lo largo de los andadores, jardinería, una toma de agua de ¾", contratada ante la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán (JAPAC), por cada 2000 m2 de terreno.

V. Los árboles que se instalarán en los boulevares, banquetas, áreas de donación para uso recreativo y deportivo, parques, áreas verdes y Jardines, deberán ser de las siguientes especies: Caoba, Amapa, Neem, Olivo negro, Almendro, o Lluvia de oro, además estos árboles deberán tener un diámetro de tallo mínimo de 1 pulgada y 1.20 metros Mínimo de altura, así como estar separados 5 metros de los postes de Comisión Federal de Electricidad y de los arbotantes de Alumbrado Público,

VI. Las Palmas y plantas de ornato que se instalarán en las áreas de donación para uso recreativo, deportivo, parques, áreas verdes y jardines, deberán ser perennes y de sol, preferentemente en el caso de las palmas: washingtonias, cocoplumosos o datileras.

Artículo 291. El fraccionador tendrá la obligación de ceder gratuitamente al Municipio parte de la superficie del fraccionamiento, a fin de que se utilice para equipamiento urbano y otros usos destinados al servicio público. De acuerdo a lo siguiente:

I. El quince por ciento de la superficie neta vendible de los fraccionamientos para uso habitacional, excepto los de vivienda campestre; y,

II. El diez por ciento de la superficie neta vendible de los fraccionamientos para uso Industrial y de vivienda campestre.

La localización de los terrenos que sean cedidos será hecha a propuesta del fraccionador y de común acuerdo con la Dirección de conformidad con los planes y programas de desarrollo urbano. En el caso de controversia se someterán las partes a la opinión y propuesta emitida por el Consejo.

El cálculo de la superficie neta vendible se obtendrá descontando de la superficie total del predio la ocupada por vías públicas, áreas cedidas y aquellas que por disposición de ley se encuentren afectas a un destino público.

En los casos de regímenes de propiedad en condominio, los porcentajes de las áreas destinadas al uso común serán Iguales a las de donación, establecidos en el presente artículo.

El Municipio destinará el 30% del área cedida para el uso recreativo y la construcción de parques y jardines.

CAPITULO IX
DE LAS OBLIGACIONES DEL MUNICIPIO

Artículo 298. El Municipio tomará las medidas necesarias para que se aprovechen en los términos estipulados los terrenos que le han sido cedidos o donados, y procederá con la participación de los vecinos a la construcción del equipamiento urbano, a cuya conservación y mejoramiento estarán obligados todos, los usuarios. Estos terrenos son imprescriptibles, Inalienables e Inembargables. Los actos de enajenación o disposición de los bienes donados

a los Municipios estarán afectados de nulidad absoluta, salvo que se enajenen o donen para los fines que fueron originalmente destinados. Los servidores públicos o autoridades que enajenen, dispongan o permitan esto, para fines diferentes de aquellos para los que los terrenos fueron originalmente destinados, serán responsables personalmente del pago al Municipio y a los usuarios, independientemente de la responsabilidad penal en la que hubieren Incurrido. Lo anterior será causa de separación de su empleo o cargo.

3.4.2.2. PLAN DIRECTOR DE DESARROLLO URBANO DE CULIACAN

3.4.2.2.1. 8. ORDENAMIENTO TERRITORIAL

8.1 ESTRUCTURA URBANA

Otro factor importante para definir las características de la estructura de la ciudad es la movilidad urbana y las actuales políticas que continúan un modelo difícil ya de sostener, basado en el uso del automóvil como principal medio de transporte que, a su vez, ha provocado una ciudad excesivamente horizontal y de baja densidad de población.

Otra medida importante para disminuir las necesidades de grandes desplazamientos consistirá en los nuevos desarrollos habitacionales que deberá orientarse más a ser desarrollos con equipamiento básico de primer nivel y a distancias óptimas para la nueva población que los habitará. En estos nuevos desarrollos habitacionales deberán considerarse procurar una mayor densidad de población a partir de darle prioridad a la verticalidad en los conjuntos habitacionales para propiciar también más áreas verdes y espacio público de calidad.

El siguiente esquema muestra la estructura de la zonificación primaria:

Figura 3.4.2.2.1. Esquema de Zonificación primaria

La ubicación del proyecto se encuentra en un área urbanizable condicionada de SEGUNDA PRIORIDAD.

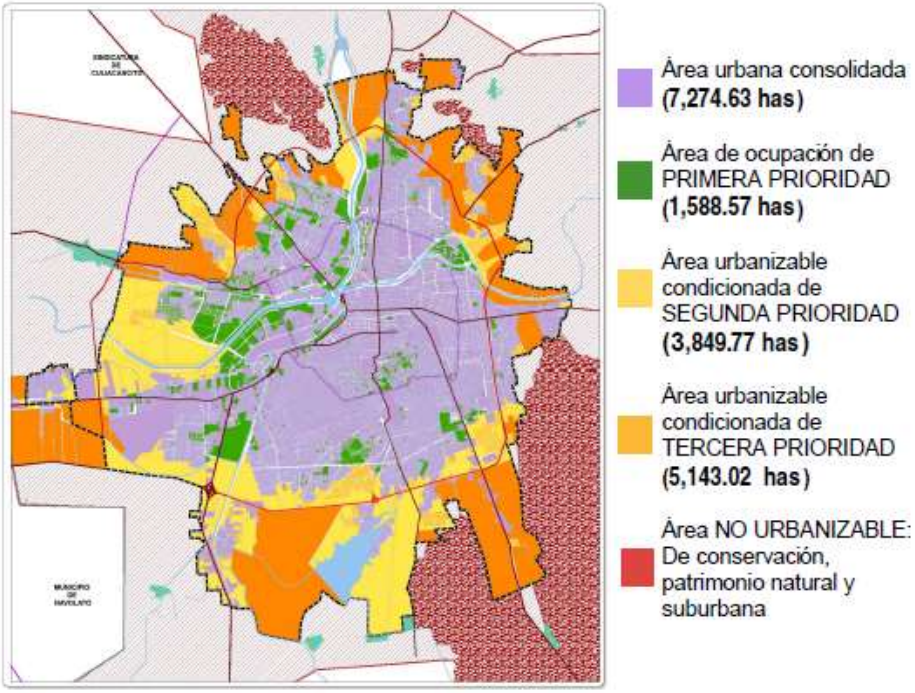

Figura 3.4.2.2.2. Plano de zonificación primaria.

Área Urbanizable Condicionada

Está conformado por el suelo potencialmente urbanizable expresamente señalado en el Plan. En esta área se puede promover un proceso de crecimiento a mediano o largo plazo, para convertirlos en Suelo Urbano, quedando sometidos, en todos los casos, a condiciones previas de desarrollo, garantías y prestaciones públicas que justifiquen dicho proceso urbanizable.

Incluye los suelos que, en virtud de sus características topográficas y relativa ubicación en la ciudad, se les reconoce su potencial para incorporarse a zonas urbanizadas, habiéndose por tanto previsto la instalación o complementación de la infraestructura mínima necesaria para su desarrollo en segundo orden.

Dicha superficie, estará estrictamente regulada por instrumentos de gestión y planeación que se deriven de este presente Plan Director de Desarrollo Urbano y por el Plan Parcial de Movilidad.

El Área urbanizable condicionada tendrá distintos niveles de prioridad, para lograr una urbanización programada en plazos establecidos.

De acuerdo a los niveles de factibilidad de desarrollo se clasifican en Área Urbanizable Condicionada de Segunda Prioridad y Área Urbanizable Condicionada de Tercera Prioridad.

1. Área Urbanizable Condicionada de Segunda Prioridad.

Dentro del Área urbanizable condicionada es la que tiene un proceso de urbanización ya avanzado, como pueden ser proyectos aprobados o en proceso de aprobación. Estos deberán someterse a estudios de factibilidad en función de las nuevas políticas del Plan Director de Desarrollo Urbano para que éstas no propicien impactos negativos al proceso de desarrollo de la ciudad. Estas áreas tienen un nivel de condición medio. Sus características no son las prioritarias para su urbanización inmediata.

Estarán sujetas a condiciones de desarrollo como: factibilidad de servicios públicos y proyecto en base a lineamientos de diseño urbano orientados al transporte sustentable.

Las áreas de Segunda y Tercera Prioridad serán condicionadas a lineamientos de diseño sustentable muy particulares para que se garantice evitar el impacto urbano a la ciudad y el sector inmediato. Deberán cumplir mínimamente con las siguientes características.

· El 65% de las viviendas deberán contar con parada de transporte público a menos de 300m de distancia según recorrido real. Se considerarán paraderos cubiertos y con bancas para el transporte público.

· En conjuntos de más de 1400 personas, el equipamiento recreativo tendrá que ser tipo parque de barrio.

· A partir de 6000 habitantes se reconoce la necesidad de contar con un mercado público o tienda de autoservicio.

· El 3% del área total desarrollable deberá ser destinada al comercio y servicios básicos.

· Deberán emplearse mecanismos que permitan la reutilización del agua.

· Cada manzana deberá contar con depósitos para desechos sólidos, estos en compartimientos para orgánicos e inorgánicos. En el caso de la vivienda plurifamiliar vertical, cada edificio deberá contar con un contenedor con separación de deshechos y acceso desde la vía pública para su recolección.

· La distancia máxima que recorrerán los habitantes para asistir a una primaria no rebasará los 1000 metros.

· El diseño debe contemplar banquetas como mínimo de 2.50 metros en vialidades locales y de 3.5 en vialidades primarias o secundarias, siempre con árboles de más de dos metros y señalización.

· El diseño deberá privilegiar al transporte público y la movilidad no motorizada.

· Las vialidades deberá estructurar un sistema jerárquico que facilite la movilidad y el acceso a los equipamientos.

· Todas las vialidades deberán contar con señalización horizontal vertical, esta última será legible a una distancia de 20m.

· La banqueta tendrá una franja para la circulación peatonal sin interferencias de mobiliario urbano, postes, instalaciones y rampas de accesos a estacionamientos de al menos 1m, dependiendo la sección de la vialidad y siempre con una arborización frondosa.

· Se considerarán rampas en los pasos peatonales para personas con capacidades diferentes.

· La altura libre de interferencias será de 2.10 m.

· Cuando exista una vía de acceso controlado o una carretera, así como cualquier otro elemento que actúe como barrera transversal dentro del desarrollo, se deberán establecer cruces o pasos vehiculares y peatonales, a fin de conectar ambas secciones del desarrollo.

· A partir de 100 y hasta 1,400 habitantes, se destinarán cuando menos $2m^2$/hab, para jardines con juegos infantiles. A partir de 1400 habitantes, esta superficie podrá ser de $1.5m^2$/hab. Para acceder a estos equipamientos, la población no tendrá que recorrer más de 300m y no tendrá que cruzar vialidades primarias.

· A partir de 1,400 habitantes, se destinarán cuando menos $1m^2$/hab para parques. Y a partir de 10,000 habitantes, se destinarán $0.5m^2$/hab para módulos deportivos. Para acceder a ellos, la población no tendrá que recorrer más de 2,000m.

· De 1,000 a 2,500 habitantes, se deberá considerar cuando menos un consultorio médico por cada 1000 hab.

· A partir de 2,500 habitantes, se deberá considerar un centro de salud comunitario de cuando menos 200 m2 de terreno.

· Los desarrollos de más de 250 viviendas deberá considerar cuando menos, dos tipologías de vivienda y dos prototipos. Los tipos estarán diferenciados por la sobreposición se considerarán como: vivienda unifamiliar, duplex, triples o vivienda multifamiliar y como prototipos, las variaciones de los niveles de vivienda.

· El sistema de alcantarillado, separa totalmente las aguas pluviales de las jabonosas y negras.

· Incorporar sistemas de generación de energía y sitio y/o de autoabastecimiento remoto con una capacidad de por lo menos 5% de la energía necesaria para iluminar las áreas públicas y vialidades.

Para el análisis de los coeficientes de ocupación del suelo, Coeficientes de absorción del suelo y Coeficiente de utilización del suelo nos referiremos al apartado 8.7. Normas Generales de Edificación.

Tabla 3.4.2.2.1. Habitacional Unifamiliar:

Uso de Suelo	Hab/Ha máximo	Viv/Ha máximo	Lote mínimo (m^2)	COS	Superficie permeable	CUS	Niveles de Construcción
HCS-B	200	50	160	0.60	0.40	1.80	3

Tabla 3.4.2.2.2. Habitacional Plurifamiliar Vertical con superficie del lote de 900 m^2 en adelante:

Uso de Suelo	Hab/Ha máximo	Viv/Ha máximo	Lote mínimo (m^2)	COS	Superficie permeable	CUS	Niveles de construcción
HCS-B	200	50	900	0.65	0.35	2.6	4

3.4.3. Propuesta de Lotificación.

El objetivo principal del proyecto es disminuir el coeficiente de escurrimiento a través de la generación de áreas permeables, por lo que consideramos aumentar al máximo las áreas verdes del fraccionamiento sin sacrificar el número de viviendas, ni las áreas de construcción de éstas. El proyecto original consta de 122 viviendas en 4 prototipos diferentes de vivienda unifamiliar y 48 departamentos distribuidos en 6 edificios de 4 niveles para vivienda plurifamiliar, dando un total de 150 viviendas con una superficie total de construcción de 18,044.54 m^2. Para lograr el mismo objetivo, se decidió conservar 20 viviendas del prototipo J-150 que son las más grandes en área de construcción y se repartieron 5 en la manzana 12, 8 en la manzana 13 y 7 en la manzana 11, con la diferencia del incremento en el ancho de los lotes. Se decidió conservar éste prototipo de vivienda unifamiliar para aprovechar las plataformas que ya estaban construidas desde la etapa anterior del fraccionamiento. El incremento en el ancho del lote se hizo con dos propósitos: el primero es para separar las viviendas entre sí y establecer restricciones laterales para crear áreas permeables y dar la oportunidad a los habitantes de poder tener árboles dentro de sus terrenos; el segundo propósito es el de cumplir con el ancho mínimo de lote para vivienda de nivel medio.

En esta propuesta de lotificación, consideramos las 150 viviendas en 3 edificios de 13 niveles con 4 departamentos por nivel y 2 pent houses.

Los beneficios que se buscan son para los futuros habitantes del fraccionamiento y por ende para la empresa inmobiliaria, ya que se colocaría como la primer desarrolladora de vivienda que se preocupa por la calidad de vida de sus clientes, al ofrecerles 3 veces de las áreas verdes comunes, además de reducir el coeficiente de escurrimiento para aportar menor flujo al dren.

Uno de los temas más importantes para una empresa, es el económico y no podemos pensar en llevar a cabo este fraccionamiento si la empresa no tiene cuando menos las mismas utilidades proyectadas. Por lo que se hace un análisis de cantidades de obra de urbanización para comparar entre los dos proyectos, cuál tiene menos, por lo tanto menos erogaciones.

3.4.4. Cálculo de Coeficientes de ocupación CAS, COS, CUS.

- Proyecto Actual

Para hacer el cálculo de los Coeficientes CAS, COS y CUS, analizamos cada prototipo de vivienda y la superficie del lote.

Para el Coeficiente de Ocupación del Suelo, tomando la superficie del lote como el 100%, se calcula la superficie de construcción de la planta baja del prototipo de vivienda y se divide entre la superficie del terreno.

$$\mathrm{COS} = \frac{Superficie\ de\ Ocupación}{Seuperficie\ del\ Terreno}$$

Para el Coeficiente de Absorción del Suelo, se divide el área libre de construcción entre la superficie del lote.

$$\mathrm{CAS} = \frac{Superficie\ libre\ de\ Construcción}{Seuperficie\ del\ Terreno}$$

Para el Coeficiente de Utilización del Suelo, se multiplica la superficie de desplante por el número de niveles permitido y se divide entre la superficie del terreno.

$$\mathrm{CUS} = \frac{(Superficie\ de\ Desplante).(niveles\ permitidos)}{Seuperficie\ del\ Terreno}$$

3.4.5. Análisis del Estudio Hidrológico.

El estudio hidrológico presentado por la empresa inmobiliaria se obtuvo con base en el levantamiento topográfico, en planos del trazo de la zona en estudio con los usos del suelo y datos estadísticos de las precipitaciones, iniciando primeramente con el trazo del parteaguas de cuenca que corresponde a la zona de estudio, apoyando el trabajo de gabinete con información de campo para verificar el trabajo.

Posteriormente se hizo el análisis estadístico de las precipitaciones para determinar las curvas de intensidad-duración-período de retorno, con las cuales se definieron las intensidades y los caudales o gastos en cada una de las cuencas y subcuencas del área de estudio.

- Áreas de influencia

Para realizar el estudio hidrológico de la zona de estudio se ha determinado el área de la cuenca, como se muestra en la figura 3.4.5.1, la cuenca en estudio se encuentra delimitada dentro del área que comprende el fraccionamiento Bosques del Rey II y una parte de la colonia Villa de Cedros.

Figura 3.4.5.1. Delimitación de la cuenca en estudio.

- Área de la cuenca.

A partir de la información disponible, se delimitó en gabinete el parteaguas que corresponde al área de la cuenca, la cual se muestra en la figura 3.4.5.2; pudiendo dividir la cuenca en estudio en cuatro subcuencas.

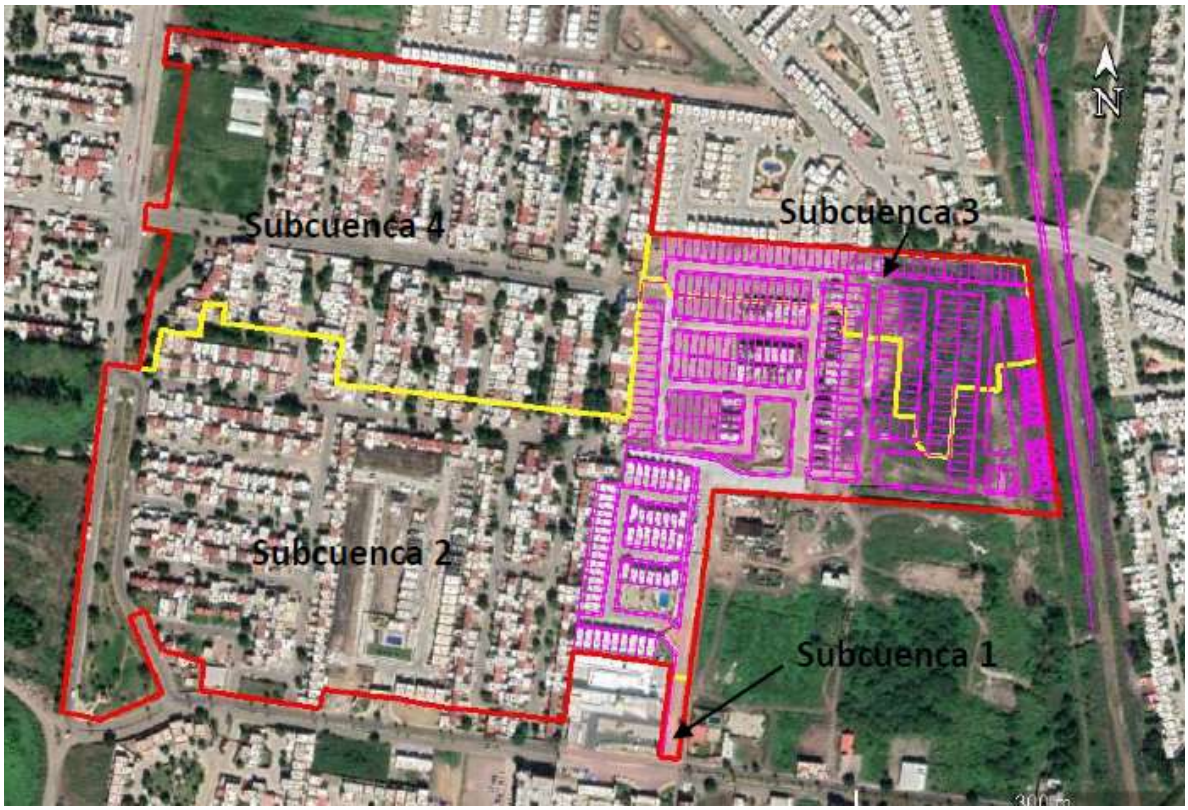

Figura 3.4.5.2 Delimitación de subcuencas.

El límite de las subcuencas se determinó verificando la dirección de los escurrimientos por los puntos altos de terrenos, drenes, canales y calles.

- Características del cauce principal.

Dos de las características del cauce principal de mayor relevancia en la relación lluvia-escurrimiento, son la longitud y el desnivel o pendiente del cauce principal.

- Longitud del Cauce Principal

A partir de la información topográfica correspondiente se definió el cauce principal y su correspondiente longitud.

- Pendiente del Cauce Principal.

Para calcular la pendiente del cauce principal de la cuenca se requiere, además de la longitud, el desnivel a partir de las elevaciones en los extremos, que se obtienen del levantamiento topográfico o de los planos topográficos de la zona con equidistancias entre curvas de nivel.

La pendiente promedio ponderada del cauce principal puede ser calculada dividiendo el desnivel existente entre los puntos extremos del cauce principal dividido entre la longitud en planta de cauce. También puede aplicarse el criterio de Taylor y Schwarz, expresado mediante la fórmula:

Ecuación 3.4.5.1.

$$S = \left[\frac{\mathrm{L}}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \cdots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Donde L es la longitud total del cauce principal, l_i y S_i son la longitud y la pendiente, respectivamente, del tramo i, y m es el número de tramos en que se divide el cauce principal.

- Tiempo de Concentración.

El tiempo de concentración (Tc) se define como el tiempo que tarda el agua en viajar desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida de la misma.

Para calcular el tiempo de concentración en cuencas urbanas, se utiliza la siguiente ecuación o fórmula de: Kirpich.

Ecuación 3.4.5.2.

$$\mathrm{Tc} = 0.0003245 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración (hrs).
L = Longitud de cauce principal (m).
S = Pendiente media del cauce principal (relación directa).

- Periodo de Retorno.

El periodo de retorno se define como el número de años en que el valor de un evento hidrológico (intensidad de lluvia máxima o caudal máximo) puede ser igualado o excedido al menos una vez. Este se determina dependiendo de la importancia y del riesgo que representa la obra hidráulica que se requiere diseñar.

En nuestro caso particular para el diseño del drenaje pluvial del fraccionamiento Bosques del Rey II se utiliza el período de retorno de 10 años.

- Pérdidas de la Precipitación
    - Coeficiente de escurrimiento.

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

El coeficiente de escurrimiento depende de un gran número de parámetros de la cuenca como son; la cobertura vegetal, el uso del suelo, el área de la cuenca, entre otros. Este puede determinarse a partir de la información de precipitación y escurrimiento; sin embargo, cuando no se cuenta con esta información éste se determina de las diversas tablas que existen en la literatura, como la del Libro de Alcantarillado Pluvial, del Manual Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la CONAGUA, edición 2007, que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.4.5.1. Coeficientes de escurrimiento por tipo de suelo.

Tipo de área drenada	Coeficiente de escurrimiento	
	Mínimo	Máximo
Zonas Comerciales:		
Zona Comercial	0.75	0.95
Zona Mercantil	0.7	0.9
Vecindarios	0.5	0.7
Zonas Residenciales:		
Unifamiliares	0.3	0.5
Multifamiliares, espaciados	0.4	0.6
Multifamiliares, compactos	0.6	0.75
Semiurbanos	0.25	0.4
Casas habitación	0.5	0.7
Zonas Industriales:		
Espaciado	0.5	0.8
Compacto	0.6	0.9
Cementerios y parques	0.1	0.25
Campos de juego	0.2	0.35
Patios de ferrocarril y terrenos sin construir	0.2	0.4
Zonas Suburbanas	0.1	0.3
Calles:		
Asfaltadas	0.7	0.95
De concreto hidráulico	0.8	0.95
Adoquinadas o empedradas, junteadas con cemento	0.7	0.85
Adoquín sin juntear	0.5	0.7
Terracerías	0.25	0.6
Estacionamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95
Praderas:		
Suelos arenosos planos (pendientes ≤ 0.02)	0.05	0.1
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.1	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 ó más)	0.15	0.2
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 ó más)	0.25	0.35

Para el estudio se considera el valor de C = 0.85 para las áreas de viviendas, y C = 0.15 para las áreas común.

Se analizó el estudio hidrológico de la propuesta considerando pavimentos permeables para calles y banquetas. Para este tipo de pavimentos se consideró un valor promedio de C = 0.35

según la Investigación sobre el concreto permeable por Daniel Pérez Ramos publicado en Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM, 1(59), 12-14.

- Intensidad de lluvia

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se basó el criterio propuesto por F.C. Bell, quién combinó las relaciones duración–precipitación y los coeficientes frecuencia– precipitación para obtener la relación general, representada por la siguiente ecuación:

Ecuación 3.4.5.3.

$$P_T^t = 0.35\ Ln\ T + 0.54\ t^{0.25} - 0.5)\ P_2^{60}$$

Donde:
$P_T^t =$ Precipitación para una duración de t minutos y un período de retorno T, en milímetros.
$P_2^{60} =$ Precipitación para una duración de 60 minutos y un período de retorno de 2 años, en milímetros.
T = Período de retorno, en años.
t = Duración de la lluvia, en minutos.
Esta ecuación es válida para duraciones de la lluvia desde 5 a 120 minutos y períodos de retorno desde 2 a 100 años (Campos Aranda). En nuestro caso esta ecuación se ha utilizado para duraciones de lluvias iguales o menores de una hora.

Para duraciones de lluvia mayores e iguales a una hora se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 3.4.5.4.

$$P_T^t = 1.3\ C_T {P_T}^{24}$$

Donde el valor de 1.13 es un factor, según L. L. Weiss, para corregir el intervalo fijo de observación, CT es el cociente entre la altura de lluvia mayor o igual de una hora y la de 24 horas correspondientes a un período de retorno, el cual se obtiene con la ecuación potencial.

Ecuación 3.4.5.5.

$$C_T = at^b$$

Donde a y b son parámetros que se obtienen mediante un ajuste a la ecuación anterior; para los valores que toma CT, uno para una hora y el otro para 24 horas; los valores que toma son los siguientes:

Tabla 3.4.5.2.

C_T	t (horas)
k	1
l	24

Siendo k el cociente entre la altura de lluvia de una hora y la de 24 horas. Es por ello, que el valor de P_2^{60} que interviene en la ecuación se obtiene con CT para una hora que en este caso es C_T = k, a partir de la ecuación, como sigue:

Ecuación 3.4.5.6.

$$P_2^{60} = 1.3\ kP_2{}^{24}$$

D. M. Hershfield (1962) indica que el cociente entre la lluvia de una hora y la de 24 horas ambas de período de retorno de 2 años, varía para U.S.A. de 0.10 a 0.60, con un valor medio de 0.40, citando además donde se presentan los cocientes bajos y donde los altos: tales comentarios se han resumido a continuación como guías para la selección del citado cociente:

- El cociente es bajo (< 0.40):

Donde la incidencia de tormentas convectivas o aguaceros es baja y las grandes lluvias proceden de tormentas no convectivas.

En el lado de barlovento de las montañas, donde las lluvias comienzan primero y terminan después que en los valles y lado de sotavento de las montañas. Donde los procesos orográficos son la causa principal de las fuertes lluvias de invierno.

- El cociente es alto (> 0.40):

En regiones de baja lluvia anual, donde el número de días con lluvia es pequeño.

En donde es bastante probable que la lluvia máxima anual en 24 horas provenga de una tormenta convectiva de verano, de duración sustancialmente menor a 24 horas. En regiones de alta incidencia de fuertes aguaceros, donde tanto la lluvia máxima anual en una hora, como la de 24 horas generalmente provienen de la misma tormenta.

Por otra parte, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) indica que el cociente entre la lluvia en una hora de período de retorno de 2 años y la de 24 horas e igual frecuencia, se ha relacionado con la ocurrencia de tormentas, mediante estudios que incluyeron un amplio rango de climas del mundo, las relaciones encontradas se tienen en la tabla siguiente:

Tabla 3.4.5.3. Valor de k para número medio de días con lluvias por un año.

No. Medio de días con lluvias por un año	k
1	0.20
8	0.30
16	0.40
24	0.50

Para la obtención del cociente entre la lluvia en una hora y la de 24 horas, se ha optado utilizar la tabla anterior que genera la Organización Meteorológica Mundial. En la ciudad de Culiacán, Sinaloa, se tiene que el promedio de días con lluvia por año con más de un milímetros de precipitación por día es mayor a 24 días; basándonos en lo anterior se adopta que k es igual a 0.55.

Con este valor de k para un período de retorno de 2 años y utilizando la ecuación se obtienen los valores de k, a y b para los diferentes períodos de retorno que se muestran en la Tabla 3.4.5.4.

Tabla 3.4.5.4. Valores de k, a y b para los diferentes períodos de retorno.

Tr	k	a	b
2	0.553	0.553033	0.186384
5	0.492	0.492323	0.222973
10	0.467	0.467468	0.239274
50	0.436	0.435723	0.261402
100	0.427	0.427469	0.267419

A partir de la ecuación de Bell se obtuvieron las curvas de altura de precipitación i-d-Tr para períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años.

Utilizando la ecuación de F. C. Bell se obtiene los resultados de intensidades para la ciudad de Culiacán. Las curvas de i-d-Tr corresponden a los resultados obtenidos con la ecuación de Bell.

El procedimiento para llegar a este resultado con la ecuación de Bell es el siguiente:

Se obtiene la precipitación para 24 horas y un período de retorno de 2 años:

Ecuación 3.4.5.7.

$$P_2^{24} = 72.78458\, mm$$

Sustituyendo en la ecuación, se obtiene la precipitación de 60 minutos con un período de retorno de 2 años y una k = 0.55

Ecuación 3.4.5.8.

$$P_2^{60} = 1.13 * 0.55 * 72.78458 = 45.2356\, mm$$

Sustituyendo en la ecuación, se obtiene la precipitación para distintos períodos de retorno hasta 60 minutos:

Ecuación 3.4.5.9.

$$P_T^t = (0.35\, Ln\, (T) + 0.76)(0.54(t)^{0.25} - 0.5)(45.2356)$$

Donde:
$P_T^t =$ Precipitación para una duración de t minutos y un período de retorno T, en milímetros.
T = Período de retorno, en años.
t = Duración de la lluvia, en minutos.

Para el cálculo de la intensidad (mm/hr), se divide la precipitación entre la duración de la lluvia.

Ecuación 3.4.5.10.

$$I = \frac{P_T^t}{t}$$

Donde:
I = Intensidad de precipitación (mm/hr).
P_T^t = Precipitación para una duración de t minutos y un período de retorno T (mm).
t = Duración de la lluvia (hr)

- Caudal de Diseño.

Para el cálculo del caudal de diseño de las obras de drenaje pluvial se requiere aplicar un modelo de la relación lluvia-escurrimiento. Existe un gran número de estos modelos, sin embargo muchos de ellos requieren de datos de lluvia y escurrimiento simultáneos que en la mayoría de las cuencas donde se desea diseñar el drenaje pluvial no se cuenta con este tipo de información, por lo que se requiere de modelos más simples para este tipo de diseño como son los que sólo necesitan de datos de precipitación, como las intensidades máximas.

- Método Racional.

Considerando las características fisiográficas de la cuenca y la escasa información hidrológica disponible se puede utilizar el método racional para calcular el caudal de diseño, siendo uno de los más antiguos y actualmente más utilizados para resolver problemas de drenaje pluvial, cuya ecuación es la siguiente:

Ecuación 3.4.5.11.

$$Q = 0.278\, C i_{max} A$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m3/s).
imax = Intensidad máxima (mm/hr).
A = Área de la cuenca (Km2).
C = Coeficiente de escurrimiento.

El caudal máximo para la revisión de la capacidad de las calles y del drenaje pluvial del fraccionamiento Bosques del Rey II se calculó con el método Racional para un período de retorno de 10 años. Se calcula el caudal en cada una de las cuencas y subcuencas, así como en los tramos de conducción del fraccionamiento.

Se considera los coeficientes de escurrimiento "C" para zonas urbanizadas de C = 0.85, C = 0.15 para las áreas verdes y común y C = 0.35 para áreas de concreto permeable.

- Realización de proyecto de niveles de pavimento

El proyecto de rasantes de pavimento, parte del plano de lotificación de la propuesta. Una vez definida la nueva lotificación, se adaptaron los niveles de las calles que se modificaron.

Las manzanas 12, 13 y parte de la manzana 11 se conservaron para darle continuidad a las plataformas de la etapa anterior del fraccionamiento, así como las vialidades frente a éstas. Por lo que se dejaron los niveles de rasantes de pavimento del proyecto actual.

Las vialidades que se modificaron fueron las que están entre las manzanas 15–16 y 16-17. La vialidad municipal no se modificó, por lo que se conservaron sus niveles de rasantes.

Se hizo la propuesta de rasantes considerando mantener las pendientes mínimas y repartir lo más equitativamente posible el escurrimiento hacia el área común detrás de los edificios y que servirá como retención de una cantidad aproximada de 23,000 m^3 de agua que no llegará al dren Bacurimí.

- Cálculo de Cuencas.

Para poder calcular el caudal de diseño se hace una división de subcuencas del proyecto. Estas subcuencas se obtienen del proyecto de rasantes delimitando la superficie por los parteaguas y se asigna un número a cada salida para poder identificar los tramos. De cada subcuenca se obtienen los siguientes datos:

Longitud. Se mide desde el punto de entrada de la cuenca, hasta la salida de la misma, pasando por el recorrido más largo.

Área Propia. Se calcula el área de la subcuenca en estudio.

Coeficiente de Escurrimiento Propio.

Ecuación 3.4.5.12.

$$C = \left[\frac{(A_v \,.\, 0.85) + \ (A_c \,.\, 0.15)}{\mathrm{A}t}\right]$$

Donde:

C = Coeficiente de Escurrimiento.

Av = Área de vivienda y vialidad.
Ac = Área común.
At = Área total.

Pendiente. Se calcula dividiendo la diferencia de elevación entre la longitud de la cuenca.

Longitud Acumulada. Se suman las longitudes de las subcuencas que van aportando caudal a la siguiente subcuenca.

Área Acumulada. Se suman las áreas de las subcuencas que van aportando caudal a la siguiente subcuenca.

Coeficiente de Escurrimiento Ponderado.

Ecuación 3.4.5.13.

$$Cp = \left[\frac{(A_{s1} \,.\, C_1\,) + (A_{s2} \,.\, C_2\,) + \cdots + (A_{sn} \,.\, C_n\,)}{\mathrm{A}a}\right]$$

Donde:

Cp = Coeficiente de Escurrimiento Ponderado.
A_{s1} = Área de subcuenca 1.
C_1 = Coeficiente de escurrimiento propio de subcuenca 1.
Aa = Área acumulada.

Pendiente Promedio.

Ecuación 3.4.5.14.

$$S = \left[\frac{\mathrm{L}}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \cdots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}}\right]^2$$

Donde:

L = Longitud Acumulada.
L_1 = Longitud de subcuenca 1.
S_1 = Pendiente de subcuenca 1.

Tiempo de Concentración.

Ecuación 3.4.5.15.

$$\mathrm{Tc} = 0.0003245\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración.
L = Longitud acumulada.
S = Pendiente promedio.

Intensidad de la lluvia.

Ecuación 3.4.5.16.

$$P_T^t = (0.35\ Ln\ (T) + 0.76)(0.54\ (t)^{0.25} - 0.5)(45.2356)$$

Donde:

P_T^t = Precipitación para una duración de t minutos y un periodo de retorno T, en milímetros.
T = Periodo de retorno, en años.
t = Duración de la lluvia, en minutos.

Gasto de Diseño.

Ecuación 3.4.5.17.

$$Q = 0.278\ Ci_{max}A$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m3/s).
imax = Intensidad máxima (mm/hr).
A = Área de la cuenca (Km2).
C = Coeficiente de escurrimiento.

3.4.6. Análisis integral del proyecto.

El proyecto actual de sembrado de vivienda trata de aprovechar el terreno para acomodar el mayor número de viviendas posibles y el nivel natural para encausar el escurrimiento pluvial sin tener que levantar tanto los niveles de plataforma para no encarecer la construcción.

En esta búsqueda por construir el mayor número de casas posible y con un ancho de lote de 6.5 metros, apenas queda espacio para una cochera de dos autos y un pequeño espacio para un andador peatonal, lo que provoca la necesidad de abarcar todo el lote para el acceso de los vehículos a la cochera dejando espacio insuficiente para el desarrollo de un árbol al frente de la casa. La medida estándar para el acceso a una cochera de dos autos es de 5.60 metros a paños interiores, lo que deja sólo 90 centímetros entre el límite de acceso de la cochera hasta la cochera de la siguiente vivienda; el arriate especificado en el proyecto es de 60 cm, lo que deja sólo un área de 0.54 m^2 para sembrar un árbol que a futuro tapará la vista del acceso

peatonal de la vivienda. Además de no ser espacio suficiente para que el árbol se desarrolle sin dañar la banqueta o la vialidad, le resta vista a la fachada de la vivienda.

Un factor importante en los desarrollos habitacionales de nivel medio es la privacidad. Aunque el fraccionamiento es privado, no nos referimos a ese tipo, sino a la privacidad entre familias. El hecho de pegar una vivienda con otra, crea un ambiente menos relajante al interior de la vivienda, ya que la transmisión de ruidos es bastante alta. Lo que involuntariamente hace notar al vecino, lo que pasa en la casa de enseguida.

El proyecto contempla vialidades y banquetas de concreto hidráulico, un material muy durable, pero muy caliente. La proximidad de las viviendas con las vialidades sin un espacio verde suficiente que cree una retención de calor, tendrá un impacto negativo en la temperatura ambiente que se creará en el fraccionamiento. Además la ubicación de las áreas verdes no favorece uniformemente a todas las viviendas.

3.5. Análisis de los Resultados.

3.5.1. Propuesta de Nueva lotificación.

Para que un proyecto sea viable, debe de satisfacer las necesidades para el cuál fue concebido. Buscando conservar el número de viviendas y superficie de construcción vendible para cubrir la demanda y que el inversor tenga los mismos rendimientos, en este proyecto se propone conservar el prototipo de vivienda unifamiliar con más superficie de construcción con el objetivo de disminuir las áreas de construcción en los edificios.

Figura 3.5.1.1 Vista de vivienda unifamiliar (prototipo J-150).

Con un sembrado de 20 viviendas prototipo J-150 sobre las plataformas que dan continuación a la segunda etapa del fraccionamiento, nos deja 150 viviendas para distribuirlas en 3

edificios. Con una superficie de construcción promedio de 144 m2 por departamento, se podrá satisfacer el área vendible del proyecto.

Figura 3.5.1.2 Vista de vivienda multifamiliar.

El sistema de drenaje pluvial se conserva al igual que el proyecto original, a través de rejillas pluviales y escurrimiento superficial por las vialidades. La diferencia que presentamos en este proyecto es la generación estratégica del área verde que funcionará como una captación de agua de lluvia y de manera natural se infiltrará al subsuelo, disminuyendo así un volumen de aportación de agua al dren Bacurmí de 23,000 m3 aproximadamente.

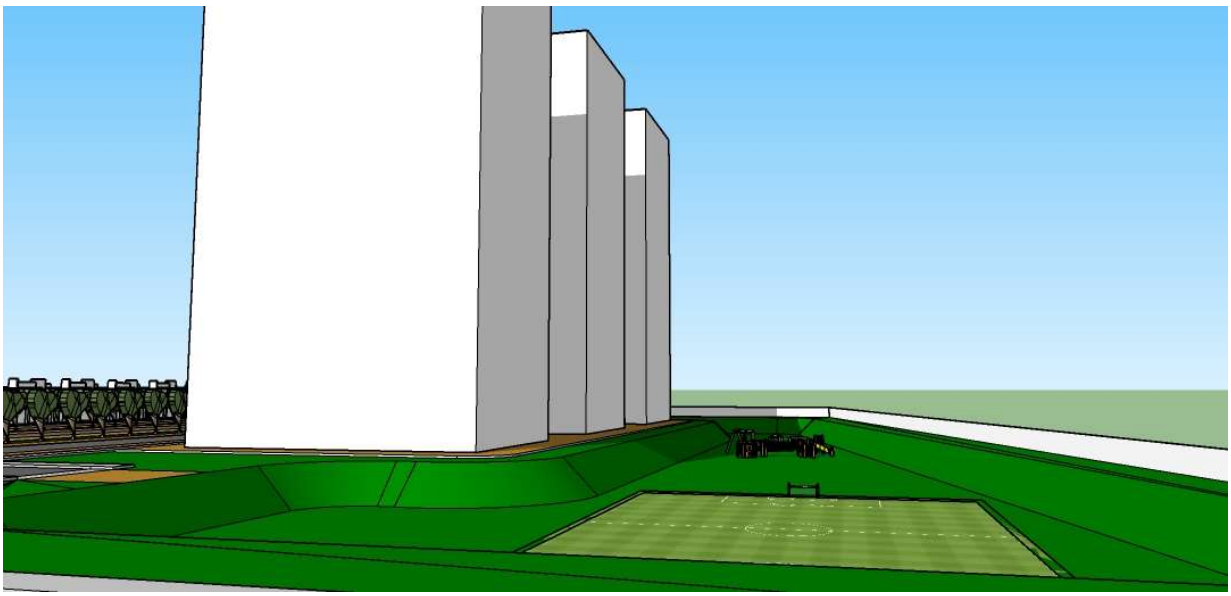

Figura 3.5.1.3 Vista de área común principal.

En esta propuesta se incrementaron las áreas de comunes que servirán como áreas verdes que darán una mayor superficie permeable que reduce el coeficiente de escurrimiento. Estas áreas comunes a su vez servirán para reforestar el fraccionamiento, dando una mejor calidad de aire a sus habitantes.

A continuación se presenta en la figura 3.5.1.4 la propuesta de lotificación y la tabla 3.5.1.1 el cuadro de áreas de uso de suelo.

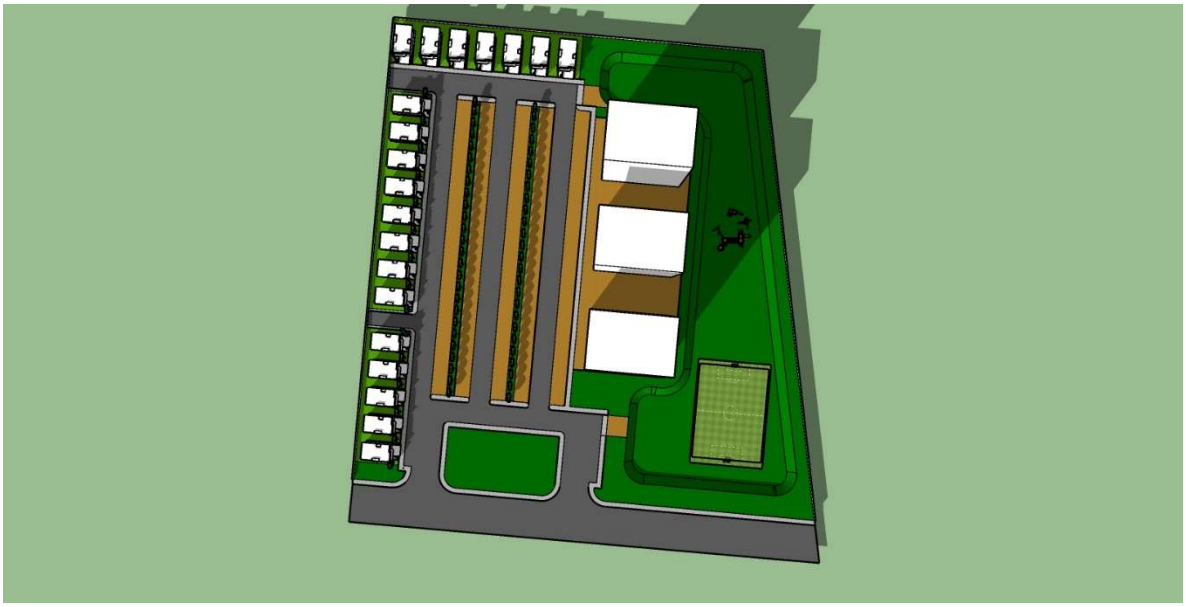

Figura 3.5.1.4 Vista en planta del proyecto propuesto de sembrado.

Tabla 3.5.1.1 Cuadro de áreas de uso de suelo de la propuesta del proyecto de sembrado.

CUADRO DE USO DE SUELO CONDOMINIO ABUNDANCIA			
CONCEPTO	SUPERFICIE M2		%
Lotificación		10,763.730	33.744%
Unifamiliar	3,570.000		
Plufifamiliar ve	7,193.730		
Área común		12,134.293	38.040%
Vialidad Condominio		5,952.930	18.662%
Vialidad Municipal		3,047.591	9.554%
Total Polígono		31,898.544	100.000%

Se hace una comparación de las áreas del proyecto actual y la propuesta del proyecto. Para lo cual se muestra el proyecto de lotificación actual en la figura 3.5.1.5 y el cuadro de áreas de uso de suelo en la tabla 3.5.1.2.

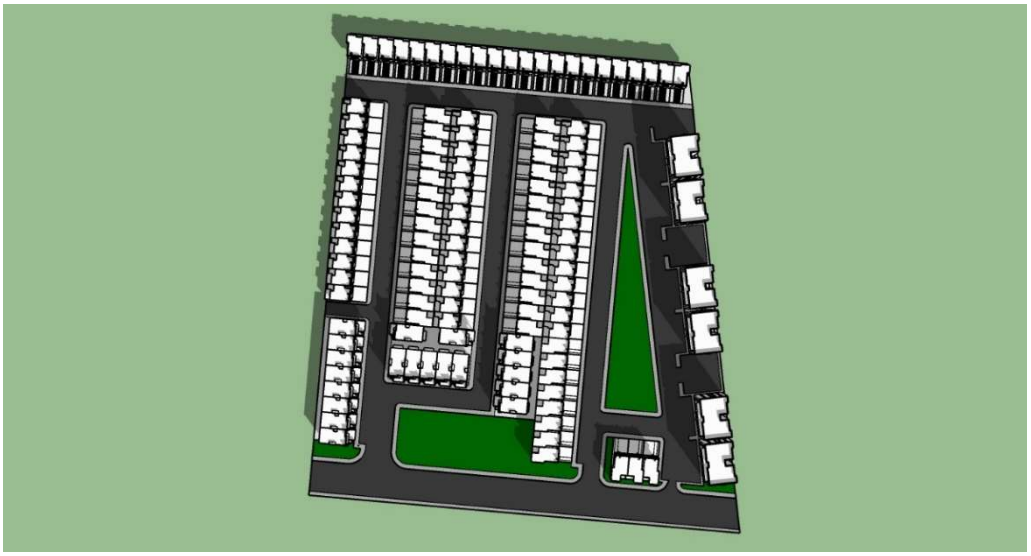

Figura 3.5.1.5 Vista en planta del proyecto actual de sembrado.

Tabla 3.5.1.2 Cuadro de áreas de uso de suelo de la propuesta del proyecto de sembrado.

CUADRO DE USO DE SUELO CONDOMINIO ABUNDANCIA			
CONCEPTO	SUPERFICIE M2		%
Lotificación (vendible)		16,119.415	50.533%
Unifamiliar	13,588.610		
Plufifamiliar ve	2,530.805		
Área común		2,972.787	9.320%
Vialidad Condominio		9,758.751	30.593%
Vialidad Municipal		3,047.591	9.554%
Total Polígono		31,898.544	100.000%

Al hacer la comparación entre ambas propuestas podemos observar que la vialidad municipal se conserva idéntica para no afectarla.

Podemos encontrar significativas diferencias en las áreas de vialidades del condominio que pasa de un 30.59% a un 18.66%; el área de lotificación baja de un 50.53% a un 33.74% y lo más importante en este proyecto el aumento de las áreas verdes que pasan de un 9.32% a un 38.04%.

Al incrementar más de 6 veces el área verde, obtendremos muchos beneficios sociales y ecológicos. Como se muestra en la figura 3.5.1.1, la separación entre las viviendas nos permitirá reforestar el interior de los lotes, lo cual se puede hacer con árboles frutales para consumo propio de cada familia. Aumenta la privacidad entre vecinos y nos brinda dos fachadas más para poder mejorar la imagen urbana. El incremento de árboles creará más sombra y provocará menor temperatura en las superficies.

El diseño del área verde a desnivel (figura 3.5.1.3), servirá como un parque de gran extensión para el beneficio de los condóminos. El objetivo de este desnivel es para que en tiempo de lluvias sirva como una retención de agua hacia el dren. La infiltración natural ayudará a cargar los mantos freáticos.

Los beneficios de incrementar las áreas verdes son muchos, sin embargo, destacamos los beneficios, sociales y ecológicos que hacen de éste, un proyecto que aporta al desarrollo sostenible de la ciudad.

3.5.2. Análisis de Coeficientes de Ocupación CAS, COS, CUS

Uno de los objetivos más importantes de este proyecto es el análisis de los coeficientes de ocupación, absorción y utilización del suelo, por lo que se presentan los resultados del proyecto actual y del proyecto propuesto.

- Proyecto Actual

Al hacer el análisis de los coeficientes de ocupación, absorción y utilización del suelo del proyecto actual, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.5.2.1 COS, CAS y CUS por prototipo de vivienda.

PROTOTIPO	SUP. LOTE	SUP CONST (M2) X VIV	SUP. OCUPACION /LOTE	COS	CAS	CUS	SUPERFICIE MAX DE CONST
J-95	110.500	95.00	59.33	0.54	0.46	1.80	198.90
J-105	110.500	105.00	69.53	0.63	0.37	1.80	198.90
J-110	110.500	110.00	64.49	0.58	0.42	1.80	198.90
J-150	110.500	150.00	89.72	0.81	0.19	1.80	198.90

Haciendo una comparación con las Normas Generales de Edificación del Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán, para el uso de suelo Habitacional Unifamiliar HCS-B, al cual corresponde este proyecto; podemos observar lo siguiente:

- La superficie de lote es de 110.50 m2, por lo que ningún prototipo de vivienda cumple con este punto.
- El Coeficiente de Ocupación del Suelo se cumple e los prototipos J-90, J-105 y J-110. Sólo en el prototipo J-150 no cumple con este coeficiente, sin embargo, debido a la pequeña dimensión de los lotes, al no existir restricciones de construcción laterales, la mayoría de los habitantes optan por ampliar las viviendas y colocar materiales impermeables en la mayor parte del lote. Por esta razón, no se puede asegurar que el COS se cumpla en el resto de los prototipos.
- El Coeficiente de Absorción del suelo al ser proporcional al COS, se obtienen los mismos resultados. Los prototipos J-90, J-105 y J-110 cumplen con este coeficiente

y el prototipo J-150 no lo hace, pero debido al mismo motivo que el COS, no se puede asegurar que en un futuro sigan cumpliendo.

- El Coeficiente de Utilización del suelo es un factor establecido por el PDDUC. El parámetro a revisar aquí, es la superficie máxima de construcción. Por lo que podemos apreciar al comparar la columna de la superficie de construcción por vivienda con la superficie máxima de construcción, todos los prototipos cumplen.

Tabla 3.5.2.2 COS, CAS y CUS de edificio de departamentos.

PROTOTIPO	No VIV	SUP. LOTE	SUP CONST (M2) X VIV	SUP CONST (M2)	SUP. OCUPACION /LOTE	COS	CAS	CUS	SUPERFICIE MAX DE CONST
Deptos	48	2,938.360	90.82	4,359.54	2,838.20	0.97	0.03	2.60	7,639.74

Haciendo una comparación con las Normas Generales de Edificación del Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán, para el uso de suelo Habitacional Plurifamiliar Vertical HCS-B para superficies de lote de 900 m^2 en adelante, al cual corresponde este proyecto; podemos observar lo siguiente:

- La superficie total del lote considerada para los 6 edificios de departamentos es de 2,938.36 m^2, incluida en esta el área de estacionamiento, por lo que sí cumple con este punto.
- Para el análisis del COS, fue considerada la huella de construcción de los edificios y también el área de estacionamiento al estar propuesto por materiales impermeables. Por lo tanto, no se cumple con este punto.
- Este lote tiene una pequeña área verde al sur, por lo que apenas alcanza un 0.03 de CAS, que está muy por debajo del 0.35 permitido.
- Según el CUS de 2.60 establecido para este tipo de vivienda, la superficie máxima de construcción es de 7,639.74 m^2, al tener esta propuesta un total de 4,359.54 m^2, cumple sin problema.

- Proyecto propuesto.

Al hacer el análisis de los coeficientes de ocupación, absorción y utilización del suelo del proyecto actual, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.5.2.3 COS, CAS y CUS de prototipo de vivienda.

PROTOTIPO	SUP. LOTE	SUP CONST (M2) X VIV	SUP. OCUPACION/ LOTE	COS	CAS	CUS	SUPERFICIE MAX DE CONST
J-150	178.500	150.00	89.72	0.50	0.50	1.80	321.30

Haciendo las mismas comparaciones que el proyecto actual, obtuvimos los siguientes resultados del proyecto propuesto:

- Al ampliarse la superficie del lote a 178.50 m^2, se cumple con la superficie mínima establecida.
- Por la misma razón de la ampliación del lote, obtuvimos un COS de 0.50, por lo que ahora cumple de manera rebasada con este punto.
- Al ser proporcional el CAS de COS, ahora tenemos una mayor área permeable dentro de los lotes; y para garantizar que en un futuro no se coloque materiales impermeables en la totalidad del lote, se deberá establecer en el reglamento interno del fraccionamiento las restricciones laterales de construcción.
- Al aumentar el área del lote, obtenemos una mayor superficie máxima de construcción, sin embargo, esto no era un problema.

Tabla 3.5.2.4 COS, CAS y CUS de edificio de departamentos.

PROTOTIPO	No VIV	SUP. LOTE	SUP CONST (M2) X VIV	SUP TOTAL DE CONST (M2)	SUP. OCUPACION /LOTE	SUP. OCUPACION	COS	CAS	CUS	SUPERFICIE MAX DE CONST
Deptos	150	4,451.490	144.00	21,600.00	1,800.00	1,800.00	0.40	0.60	2.60	11,573.87

En el análisis de los edificios de departamentos se obtienen los siguientes resultados:

- En esta propuesta de 3 edificios, se consideró una huella de construcción de 600 m^2 para cada uno, lo que nos arroja un COS del 0.4, mucho mejor que el 0.65 establecido.
- La superficie del lote considerada incluye el área de estacionamiento, sin embargo en esta propuesta, se consideran materiales permeables que ayudan a obtener un CAS del 0.60, mucho muy por arriba del 0.35 establecido.
- Con un CUS establecido de 2.60 y con la limitación de 4 niveles permitidos, se obtiene una superficie máxima de construcción de 11,573.87 m2. Sin embargo para poder cumplir con otro de los objetivos de este proyecto que es el de no sacrificar el número de viviendas, ni área de construcción vendible, la suma de los tres edificios nos resulta un área de construcción total de 21,600 m2, que es mucho más de lo permitido. Sin embargo, para la autorización de este proyecto, se tendrá que analizar como un caso extraordinario por el cabildo del H. Ayuntamiento de Culiacán.

3.5.3. Análisis del Estudio Hidrológico.

- Áreas de influencia

Se hizo un análisis al estudio hidrológico presentado por la inmobiliaria para poder hacer la comparación con el proyecto propuesto.

Con el nuevo proyecto de sembrado, se realizó el proyecto de rasantes de la propuesta para determinar el curso de los escurrimientos.

Figura 3.5.3.1 Proyecto propuesto de rasantes y niveles.

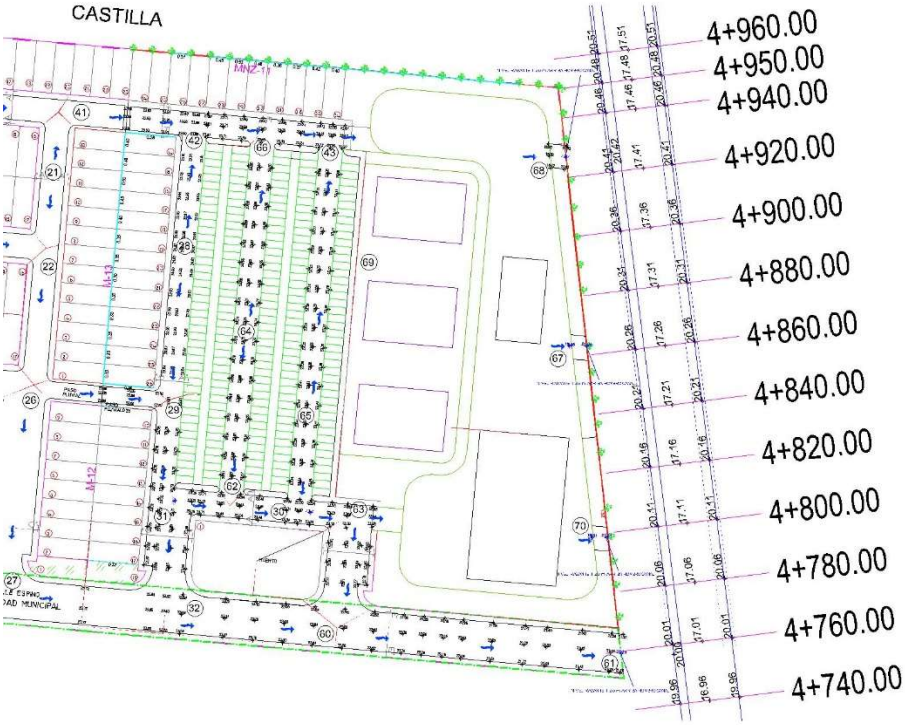

Figura 3.5.3.2. Plano de localización de subcuencas.

Una vez definido el proyecto de rasantes se realizó el análisis de las subcuencas en el cual se muestran los resultados de los cálculos hidrológicos.

Tabla 3.5.3.1 Cálculos hidrológicos para los períodos de retorno de 10 años de la propuesta del fraccionamiento Bosques del Rey II en estudio, con el método Racional.

Es extermo?	Inicio	Fin	Longitud (m)	Área propia (m^2)	C propio	Pendiente (%)	Dif. Elev. (m)	Longitud acumulada (m)	Área acumulada (m^2)	C ponderado	Sprom. (%)	T_C (min)	T_{CT} (min)	i (mm/h)	Q (m^3/s)
1	1	2	59.91	898.60	0.85	0.317	0.19	898.60	898.60	0.85	0.317	4.17	15.00	159.44	0.035
1	1	5	27.39	382.70	0.85	0.292	0.08	27.39	382.70	0.85	0.292	2.36	15.00	159.44	0.015
1	3	4	26.27	873.12	0.85	1.903	0.50	26.27	873.12	0.85	1.903	1.11	15.00	159.44	0.034
	4	5	63.38	2848.77	0.55	0.631	0.40	89.65	3721.89	0.62	0.823	3.94	15.00	159.44	0.106
	5	8	65.97	1097.10	0.81	0.303	0.20	155.62	5201.69	0.68	0.507	7.26	15.00	159.44	0.161
1	6	7	46.47	1375.00	0.85	0.366	0.17	46.47	1375.00	0.85	0.366	3.25	15.00	159.44	0.053
	7	8	62.90	2132.47	0.85	0.700	0.44	109.37	3507.47	0.85	0.517	5.49	15.00	159.44	0.136
	8	10	46.00	820.22	0.76	0.826	0.38	201.62	9529.38	0.75	0.561	8.52	15.00	159.44	0.327
1	7	9	46.00	1487.33	0.85	0.348	0.16	46.00	1487.33	0.85	0.348	3.28	15.00	159.44	0.058
	9	10	62.90	2384.20	0.85	1.049	0.66	108.90	3871.53	0.85	0.610	5.13	15.00	159.44	0.151
	10	16	30.22	402.25	0.74	1.886	0.57	231.84	13803.16	0.78	0.634	9.05	15.00	159.44	0.493
1	11	12*	700.14	104484.74	0.85	0.550	3.85	700.14	104484.74	0.85	0.550	22.40	22.39	128.06	3.264
1	12	15	26.01	331.28	0.85	0.884	0.23	26.01	331.28	0.85	0.884	1.48	15.00	159.44	0.013
1	13	14	34.93	982.79	0.85	0.515	0.18	34.93	982.79	0.85	0.515	2.28	15.00	159.44	0.038
	14	15	57.27	1798.58	0.85	0.437	0.25	92.20	2781.37	0.85	0.464	5.02	15.00	159.44	0.108
	15	16	40.10	567.75	0.82	1.247	0.50	132.30	3680.40	0.85	0.597	6.02	15.00	159.44	0.143
	16	27*	73.88	1714.71	0.70	0.975	0.72	305.72	19198.27	0.78	0.697	10.80	15.00	159.44	0.685
1	17	18*	519.71	86116.76	0.85	0.579	3.01	519.71	86116.76	0.85	0.579	17.45	17.45	147.03	3.089
1	18	19	22.70	362.37	0.85	0.969	0.22	22.70	362.37	0.85	0.969	1.28	15.00	159.44	0.014
	19	20	23.00	449.02	0.85	0.870	0.20	45.70	811.39	0.85	0.392	3.12	15.00	159.44	0.032
1	13	20	11.07	348.16	0.85	2.258	0.25	11.07	348.16	0.85	2.258	0.53	15.00	159.44	0.014
	20	22	116.00	4855.08	0.85	0.853	0.99	161.70	6014.63	0.85	0.663	6.74	15.00	159.44	0.234
1	21	22	21.50	565.67	0.85	0.512	0.11	21.50	565.67	0.85	0.512	1.58	15.00	159.44	0.022
	22	26	46.00	1287.99	0.85	0.478	0.22	207.70	7868.29	0.85	0.614	8.42	15.00	159.44	0.306
1	23	24	57.50	1233.56	0.85	0.522	0.30	57.50	1233.56	0.85	0.522	3.33	15.00	159.44	0.048
	24	25	47.02	1169.00	0.85	0.468	0.22	104.52	2402.56	0.85	0.496	5.39	15.00	159.44	0.093
1	14	25	66.40	2590.50	0.85	1.145	0.76	66.40	2590.50	0.85	1.145	2.75	15.00	159.44	0.101
	25	26	45.60	1150.00	0.85	1.031	0.47	150.12	6143.06	0.85	0.603	6.60	15.00	159.44	0.239
	26	27*	75.65	3295.00	0.55	0.238	0.18	283.35	17306.35	0.79	0.455	12.00	15.00	159.44	0.626
1	27	32	60.01	1366.78	0.72	0.483	0.29	60.01	1366.78	0.72	0.483	3.55	15.00	159.44	0.045
1	28	29	47.47	1581.73	0.79	0.442	0.21	47.47	1581.73	0.79	0.442	3.07	15.00	159.44	0.058
1	26	29	45.14	296.75	0.85	0.620	0.28	45.14	296.75	0.85	0.620	2.59	15.00	159.44	0.012
	29	31	34.75	1128.17	0.80	0.259	0.09	82.22	3006.65	0.80	0.347	5.14	15.00	159.44	0.110
	31	32	37.81	1418.80	0.61	0.238	0.09	120.03	4425.45	0.74	0.306	7.22	15.00	159.44	0.150
	32	60	58.00	792.75	0.85	1.638	0.95	178.03	6584.98	0.75	0.460	8.36	15.00	159.44	0.225
	60	61	95.61	1425.75	0.85	1.548	1.48	273.64	8977.78	0.39	1.134	8.22	15.00	159.44	0.160
1	31	62	18.50	213.09	0.74	0.757	0.14	18.50	213.09	0.74	0.757	1.21	15.00	159.44	0.007
1	64	62	61.90	1315.19	0.68	0.258	0.16	61.90	1315.19	0.68	0.258	4.63	15.00	159.44	0.041
	62	30	23.00	442.44	0.54	1.217	0.28	84.90	1970.72	0.66	0.268	5.81	15.00	159.44	0.059
1	65	30	36.49	745.99	0.73	0.384	0.14	36.49	745.99	0.73	0.384	2.64	15.00	159.44	0.025
	30	63	16.50	182.75	0.77	1.273	0.21	101.40	2899.46	0.68	0.182	7.74	15.00	159.44	0.091
	63	70	87.87	5665.15	0.27	2.026	1.78	189.27	8564.61	0.41	0.400	9.24	15.00	159.44	0.160
1	63	60	37.81	967.05	0.57	1.084	0.41	37.81	967.05	0.57	1.084	1.82	15.00	159.44	0.025
1	19	40	23.00	769.99	0.85	0.565	0.13	23.00	769.99	0.85	0.565	1.60	15.00	159.44	0.030
	40	41	116.00	5260.19	0.85	0.983	1.14	139.00	6030.18	0.85	0.887	5.36	15.00	159.44	0.235
1	21	41	24.50	592.50	0.85	0.776	0.19	24.50	592.50	0.85	0.776	1.48	15.00	159.44	0.023
	41	42	46.00	1110.63	0.85	0.761	0.35	185.00	7733.31	0.85	0.853	6.79	15.00	159.44	0.301
1	28	42	45.85	1385.61	0.79	0.305	0.14	45.85	1385.61	0.79	0.305	3.44	15.00	159.44	0.050
	42	66	23.00	693.06	0.85	1.783	0.41	230.70	10174.35	0.84	0.919	7.82	15.00	159.44	0.392
1	64	66	64.44	1373.46	0.68	0.419	0.27	64.44	1373.46	0.68	0.419	3.96	15.00	159.44	0.043
1	65	43	89.86	2006.03	0.73	0.434	0.39	89.86	2006.03	0.73	0.434	5.05	15.00	159.44	0.067
	66	43	23.00	696.35	0.85	1.826	0.42	253.70	14250.19	0.81	0.970	8.24	15.00	159.44	0.529
	43	68	78.77	2742.89	0.18	1.815	1.43	332.47	16993.08	0.71	1.106	9.64	15.00	159.44	0.552
1	69	67	79.64	5750.40	0.46	0.691	0.55	79.64	5750.40	0.46	0.691	3.85	15.00	159.44	0.120

Como mencionamos anteriormente, por recomendación del comité evaluador, se realizó el análisis de las subcuencas considerando vialidades y banquetas de concretos permeables, el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.5.3.2 Cálculos hidrológicos para los períodos de retorno de 10 años de la propuesta con vialidades y banquetas de concreto permeable del fraccionamiento Bosques del Rey II en estudio, con el método Racional.

Subcuenca	Es extermo?	Inicio	Fin	Longitud (m)	Área propia (m^2)	C propio	Pendiente (%)	Dif. Elev. (m)	Longitud acumulada (m)	Área acumulada (m^2)	C ponderado	Sprom. (%)	T_C (min)	T_{CT} (min)	i (mm/h)	Q (m^3/s)
I	1	1	2	59.91	898.60	0.85	0.317	0.19	898.60	898.60	0.85	0.317	4.17	15.00	159.44	0.035
	1	1	5	27.39	382.70	0.85	0.292	0.08	27.39	382.70	0.85	0.292	2.36	15.00	159.44	0.015
	1	3	4	26.27	873.12	0.85	1.903	0.50	26.27	873.12	0.85	1.903	1.11	15.00	159.44	0.034
		4	5	63.38	2848.77	0.55	0.631	0.40	89.65	3721.89	0.62	0.823	3.94	15.00	159.44	0.106
		5	8	65.97	1097.10	0.81	0.303	0.20	155.62	5201.69	0.68	0.507	7.26	15.00	159.44	0.161
	1	6	7	46.47	1375.00	0.85	0.366	0.17	46.47	1375.00	0.85	0.366	3.25	15.00	159.44	0.053
		7	8	62.90	2132.47	0.85	0.700	0.44	109.37	3507.47	0.85	0.517	5.49	15.00	159.44	0.136
		8	10	46.00	820.22	0.76	0.826	0.38	201.62	9529.38	0.75	0.561	8.52	15.00	159.44	0.327
	1	7	9	46.00	1487.33	0.85	0.348	0.16	46.00	1487.33	0.85	0.348	3.28	15.00	159.44	0.058
		9	10	62.90	2384.20	0.85	1.049	0.66	108.90	3871.53	0.85	0.610	5.13	15.00	159.44	0.151
		10	16	30.22	402.25	0.74	1.886	0.57	231.84	13803.16	0.78	0.634	9.05	15.00	159.44	0.493
	1	11	12*	700.14	104484.74	0.85	0.550	3.85	700.14	104484.74	0.85	0.550	22.40	22.39	128.06	3.264
	1	12	15	26.01	331.28	0.85	0.884	0.23	26.01	331.28	0.85	0.884	1.48	15.00	159.44	0.013
	1	13	14	34.93	982.79	0.85	0.515	0.18	34.93	982.79	0.85	0.515	2.28	15.00	159.44	0.038
		14	15	57.27	1798.58	0.85	0.437	0.25	92.20	2781.37	0.85	0.464	5.02	15.00	159.44	0.108
		15	16	40.10	567.75	0.82	1.247	0.50	132.30	3680.40	0.85	0.597	6.02	15.00	159.44	0.143
		16	27*	73.88	1714.71	0.70	0.975	0.72	305.72	19198.27	0.78	0.697	10.80	15.00	159.44	0.685
	1	17	18*	519.71	86116.76	0.85	0.579	3.01	519.71	86116.76	0.85	0.579	17.45	17.45	147.03	3.089
	1	18	19	22.70	362.37	0.85	0.969	0.22	22.70	362.37	0.85	0.969	1.28	15.00	159.44	0.014
		19	20	23.00	449.02	0.85	0.870	0.20	45.70	811.39	0.85	0.392	3.12	15.00	159.44	0.032
	1	13	20	11.07	348.16	0.85	2.258	0.25	11.07	348.16	0.85	2.258	0.53	15.00	159.44	0.014
		20	22	116.00	4855.08	0.85	0.853	0.99	161.70	6014.63	0.85	0.663	6.74	15.00	159.44	0.234
	1	21	22	21.50	565.67	0.85	0.512	0.11	21.50	565.67	0.85	0.512	1.58	15.00	159.44	0.022
		22	26	46.00	1287.99	0.85	0.478	0.22	207.70	7868.29	0.85	0.614	8.42	15.00	159.44	0.306
	1	23	24	57.50	1233.56	0.85	0.522	0.30	57.50	1233.56	0.85	0.522	3.33	15.00	159.44	0.048
		24	25	47.02	1169.00	0.85	0.468	0.22	104.52	2402.56	0.85	0.496	5.39	15.00	159.44	0.093
	1	14	25	66.40	2590.50	0.85	1.145	0.76	66.40	2590.50	0.85	1.145	2.75	15.00	159.44	0.101
		25	26	45.60	1150.00	0.85	1.031	0.47	150.12	6143.06	0.85	0.603	6.60	15.00	159.44	0.239
		26	27*	75.65	3295.00	0.55	0.238	0.18	283.35	17306.35	0.79	0.455	12.00	15.00	159.44	0.626
	1	27	32	60.01	1366.78	0.72	0.483	0.29	60.01	1366.78	0.72	0.483	3.55	15.00	159.44	0.045
	1	28	29	47.47	1581.73	0.59	0.442	0.21	47.47	1581.73	0.59	0.442	3.07	15.00	159.44	0.042
	1	26	29	45.14	296.75	0.60	0.620	0.28	45.14	296.75	0.60	0.620	2.59	15.00	159.44	0.008
		29	31	34.75	1128.17	0.59	0.259	0.09	82.22	3006.65	0.59	0.347	5.14	15.00	159.44	0.081
		31	32	37.81	1418.80	0.43	0.238	0.09	120.03	4425.45	0.54	0.306	7.22	15.00	159.44	0.109
		32	60	58.00	792.75	0.85	1.638	0.95	178.03	6584.98	0.61	0.460	8.36	15.00	159.44	0.185
		60	61	95.61	1425.75	0.85	1.548	1.48	273.64	8977.78	0.23	1.134	8.22	15.00	159.44	0.096
	1	31	62	18.50	213.09	0.32	0.757	0.14	18.50	213.09	0.32	0.757	1.21	15.00	159.44	0.003
	1	64	62	61.90	1315.19	0.32	0.258	0.16	61.90	1315.19	0.32	0.258	4.63	15.00	159.44	0.020
		62	30	23.00	442.44	0.26	1.217	0.28	84.90	1970.72	0.31	0.268	5.81	15.00	159.44	0.028
	1	65	30	36.49	745.99	0.34	0.384	0.14	36.49	745.99	0.34	0.384	2.64	15.00	159.44	0.012
		30	63	16.50	182.75	0.33	1.273	0.21	101.40	2899.46	0.32	0.182	7.74	15.00	159.44	0.042
		63	70	87.87	5665.15	0.21	2.026	1.78	189.27	8564.61	0.24	0.400	9.24	15.00	159.44	0.096
	1	63	60	37.81	967.05	0.33	1.084	0.41	37.81	967.05	0.33	1.084	1.82	15.00	159.44	0.014
	1	19	40	23.00	769.99	0.85	0.565	0.13	23.00	769.99	0.85	0.565	1.60	15.00	159.44	0.030
		40	41	116.00	5260.19	0.85	0.983	1.14	139.00	6030.18	0.85	0.887	5.36	15.00	159.44	0.235
	1	21	41	24.50	592.50	0.85	0.776	0.19	24.50	592.50	0.85	0.776	1.48	15.00	159.44	0.023
		41	42	46.00	1110.63	0.75	0.761	0.35	185.00	7733.31	0.85	0.853	6.79	15.00	159.44	0.301
	1	28	42	45.85	1385.61	0.58	0.305	0.14	45.85	1385.61	0.58	0.305	3.44	15.00	159.44	0.037
		42	66	23.00	693.06	0.67	1.783	0.41	230.70	10174.35	0.79	0.919	7.82	15.00	159.44	0.368
	1	64	66	64.44	1373.46	0.32	0.419	0.27	64.44	1373.46	0.32	0.419	3.96	15.00	159.44	0.020
	1	65	43	89.86	2006.03	0.34	0.434	0.39	89.86	2006.03	0.34	0.434	5.05	15.00	159.44	0.031
		66	43	23.00	696.35	0.67	1.826	0.42	253.70	14250.19	0.68	0.970	8.24	15.00	159.44	0.441
		43	68	78.77	2742.89	0.16	1.815	1.43	332.47	16993.08	0.59	1.106	9.64	15.00	159.44	0.461
	1	69	67	79.64	5750.40	0.46	0.691	0.55	79.64	5750.40	0.46	0.691	3.85	15.00	159.44	0.120

En este caso las filas en color blanco, representan los tramos donde las vialidades y banquetas se consideran de concreto permeable.

A continuación se muestra la tabla de los cálculos hidrológicos del proyecto actual:

Tabla 3.5.3.3 Cálculos hidrológicos para los períodos de retorno de 10 años del proyecto actual del fraccionamiento Bosques del Rey II en estudio, con el método Racional.

Es extermo?	Inicio	Fin	Longitud (m)	Área propia (m^2)	C propio	Pendiente (%)	Dif. Elev. (m)	Longitud acumulada (m)	Área acumulada (m^2)	C ponderado	Sprom. (%)	T_C (min)	T_{CT} (min)	i (mm/h)	Q (m^3/s)
1	1	2	59.91	898.60	0.85	0.317	0.19	898.60	898.60	0.85	0.317	4.17	15.00	159.44	0.035
1	1	5	27.39	382.70	0.85	0.292	0.08	27.39	382.70	0.85	0.292	2.36	15.00	159.44	0.015
1	3	4	26.27	873.12	0.85	1.903	0.50	26.27	873.12	0.85	1.903	1.11	15.00	159.44	0.034
	4	5	63.38	2848.77	0.55	0.631	0.40	89.65	3721.89	0.62	0.823	3.94	15.00	159.44	0.106
	5	8	65.97	1097.10	0.81	0.303	0.20	155.62	5201.69	0.68	0.507	7.26	15.00	159.44	0.161
1	6	7	46.47	1375.00	0.85	0.366	0.17	46.47	1375.00	0.85	0.366	3.25	15.00	159.44	0.053
	7	8	62.90	2132.47	0.85	0.700	0.44	109.37	3507.47	0.85	0.517	5.49	15.00	159.44	0.136
	8	10	46.00	820.22	0.76	0.826	0.38	201.62	9529.38	0.75	0.561	8.52	15.00	159.44	0.327
1	7	9	46.00	1487.33	0.85	0.348	0.16	46.00	1487.33	0.85	0.348	3.28	15.00	159.44	0.058
	9	10	62.90	2384.20	0.85	1.049	0.66	108.90	3871.53	0.85	0.610	5.13	15.00	159.44	0.151
	10	16	30.22	402.25	0.74	1.886	0.57	231.84	13803.16	0.78	0.634	9.05	15.00	159.44	0.493
1	11	12*	700.14	104484.74	0.85	0.550	3.85	700.14	104484.74	0.85	0.550	22.40	22.39	128.06	3.264
1	12	15	26.01	331.28	0.85	0.884	0.23	26.01	331.28	0.85	0.884	1.48	15.00	159.44	0.013
1	13	14	34.93	982.79	0.85	0.515	0.18	34.93	982.79	0.85	0.515	2.28	15.00	159.44	0.038
	14	15	57.27	1798.58	0.85	0.437	0.25	92.20	2781.37	0.85	0.464	5.02	15.00	159.44	0.108
	15	16	40.10	567.75	0.82	1.247	0.50	132.30	3680.40	0.85	0.589	6.05	15.00	159.44	0.143
	16	27*	73.88	1714.71	0.70	0.975	0.72	305.72	19198.27	0.78	0.697	10.80	15.00	159.44	0.685
1	17	18*	519.71	86116.76	0.85	0.579	3.01	519.71	86116.76	0.85	0.579	17.45	17.45	147.03	3.089
1	18	19	22.70	362.37	0.85	0.969	0.22	22.70	362.37	0.85	0.969	1.28	15.00	159.44	0.014
	19	20	23.00	449.02	0.85	0.870	0.20	45.70	811.39	0.85	0.392	3.12	15.00	159.44	0.032
1	13	20	11.07	348.16	0.85	2.258	0.25	11.07	348.16	0.85	2.258	0.53	15.00	159.44	0.014
	20	22	116.00	4855.08	0.85	0.853	0.99	161.70	6014.63	0.85	0.663	6.74	15.00	159.44	0.234
1	21	22	21.50	565.67	0.85	0.512	0.11	21.50	565.67	0.85	0.512	1.58	15.00	159.44	0.022
	22	26	46.00	1287.99	0.85	0.478	0.22	207.70	7868.29	0.85	0.614	8.42	15.00	159.44	0.306
1	23	24	57.50	1233.56	0.85	0.522	0.30	57.50	1233.56	0.85	0.522	3.33	15.00	159.44	0.048
	24	25	47.02	1169.00	0.85	0.468	0.22	104.52	2402.56	0.85	0.496	5.39	15.00	159.44	0.093
1	14	25	66.40	2590.50	0.85	1.145	0.76	66.40	2590.50	0.85	1.145	2.75	15.00	159.44	0.101
	25	26	45.60	1150.00	0.85	1.031	0.47	150.12	6143.06	0.85	0.603	6.60	15.00	159.44	0.239
	26	27*	75.65	3295.00	0.55	0.238	0.18	283.35	17306.35	0.79	0.455	12.00	15.00	159.44	0.626
1	27	32	60.01	1366.78	0.72	0.483	0.29	60.01	1366.78	0.72	0.483	3.55	15.00	159.44	0.045
1	28	29	47.47	2105.10	0.85	0.442	0.21	47.47	2105.10	0.85	0.442	3.07	15.00	159.44	0.082
1	26	29	45.14	296.75	0.85	0.620	0.28	45.14	296.75	0.85	0.620	2.59	15.00	159.44	0.012
	29	31	33.04	1157.91	0.85	0.272	0.09	80.51	3559.76	0.85	0.357	5.00	15.00	159.44	0.138
1	30	31	47.01	2117.87	0.51	0.447	0.21	47.01	2117.87	0.51	0.447	3.03	15.00	159.44	0.049
	31	32	38.21	1444.01	0.60	0.236	0.09	118.72	7121.64	0.70	0.309	7.13	15.00	159.44	0.228
	32	34	90.15	1101.23	0.85	1.586	1.43	208.87	9589.65	0.72	0.537	8.90	15.00	159.44	0.316
1	33	34	86.48	2888.68	0.69	0.439	0.38	86.48	2888.68	0.69	0.439	4.88	15.00	159.44	0.091
	34	38	34.40	456.47	0.78	2.674	0.92	243.27	12934.80	0.71	0.632	9.41	15.00	159.44	0.420
1	35	37	77.75	2737.82	0.72	0.579	0.45	77.75	2737.82	0.72	0.579	4.04	15.00	159.44	0.090
1	36	37	28.95	713.36	0.77	1.762	0.51	28.95	713.36	0.77	1.762	1.23	15.00	159.44	0.025
	37	38	31.43	850.15	0.83	0.414	0.13	109.18	4301.33	0.75	0.522	5.46	15.00	159.44	0.148
	38	39	29.32	360.53	0.85	1.569	0.46	272.59	17596.66	0.73	0.685	9.95	15.00	159.44	0.588
1	19	40	23.00	769.99	0.85	0.565	0.13	23.00	769.99	0.85	0.565	1.60	15.00	159.44	0.030
	40	41	116.00	5260.19	0.85	0.983	1.14	139.00	6030.18	0.85	0.887	5.36	15.00	159.44	0.235
1	21	41	24.50	592.50	0.85	0.776	0.19	24.50	592.50	0.85	0.776	1.48	15.00	159.44	0.023
	41	42	46.00	1110.63	0.85	0.761	0.35	185.00	7733.31	0.85	0.853	6.79	15.00	159.44	0.301
1	28	42	45.85	1835.25	0.85	0.305	0.14	45.85	1835.25	0.85	0.305	3.44	15.00	159.44	0.071
	42	43	46.00	1415.90	0.85	1.804	0.83	231.00	10984.46	0.85	0.970	7.66	15.00	159.44	0.427
1	30	43	126.36	5289.11	0.85	0.696	0.88	126.36	5289.11	0.85	0.696	5.47	15.00	159.44	0.206
	43	44	56.11	1472.35	0.85	1.818	1.02	287.11	17745.92	0.85	1.081	8.69	15.00	159.44	0.690
1	33	44	81.24	2330.78	0.79	0.677	0.55	81.24	2330.78	0.79	0.677	3.94	15.00	159.44	0.084
1	35	44	57.51	1462.71	0.80	0.365	0.21	57.51	1462.71	0.80	0.365	3.83	15.00	159.44	0.054
	44	45	22.56	694.69	0.85	1.817	0.41	309.67	22234.10	0.84	1.118	9.09	15.00	159.44	0.855
	12*	15*	26.01	0.00	0.85	0.884	0.23	726.15	104484.74	0.85	0.558	23.11	23.11	125.79	3.206
	18*	15*	148.97	0.00	0.85	0.289	0.43	668.69	8616.76	0.85	0.483	21.58	21.58	130.75	0.275
	15*	27*	113.98	0.00	0.85	1.070	1.22	840.13	190601.50	0.85	0.602	26.28	26.28	116.87	5.434
	27*	39*	225.80	0.00	0.85	1.200	2.71	1065.93	227106.10	0.84	0.684	32.55	32.55	103.13	5.646

En todos los casos las filas marcadas con color verde obscuro, son los tramos por donde desemboca el escurrimiento hacia el dren Bacurimí. El proyecto actual cuenta con dos salidas, mientras que el proyecto propuesto cuenta con cuatro.

El proyecto actual está sumando un total de 1.443 m^3/seg al dren, mientras que el proyecto propuesto sólo 0.992 m^3/seg, lo que significa una reducción de un 31.25%. Pero si lo comparamos con el proyecto con vialidades y banquetas de concreto permeable que suma 0.773 m^3/seg, tenemos una reducción del 46.43%. Sin embargo esta última propuesta se realizó para ver el comportamiento en la reducción del gasto utilizando concreto permeable, pero, dado que no se desarrolla en esta propuesta los costos para utilizar este tipo de pavimentos, tomaremos como buena la reducción del 31.25%.

3.5.4. Proyecto de niveles de pavimento.

Para darle solución al proyecto de rasantes, se tuvo que tomar en cuenta la etapa anterior del fraccionamiento y partiendo de ahí, se trató de conducir el escurrimiento pluvial hacia el área de retención (parque hundido). La vialidad municipal sigue siendo el desemboque principal hacia el dren, sin embargo con el encausamiento a través del nuevo proyecto de rasantes, se logró disminuir el gasto de diseño de 0.588 m^3/seg a 0.16 m^3/seg en ese punto. El resto del volumen de aportación al dren es retenido en el área verde antes de que el nivel del agua sobrepase el parque para poder llegar al dren.

3.5.5. Análisis de Cuencas.

Al hacer la revisión de la cuenca en estudio se puede apreciar en la figura 3.4.5.2, la subcuenca 1, se encuentra colindando con el Blvd. Universo, siendo en esta vialidad donde descarga el agua pluvial pero por el tamaño de la cuenca se considera que su efecto en el funcionamiento hidráulico de la vialidad para desalojar el flujo pluvial es tan pequeño que se desprecia.

Los escurrimientos pluviales de la subcuenca 2 se capturan por medio de una rejilla pluvial ubicada por la calle Espino en la entrada al nuevo fraccionamiento Bosques del Rey II, para después conducir las aguas por dentro de este fraccionamiento.

De igual manera, los escurrimientos pluviales de la subcuenca 4 se captan a través de una rejilla pluvial ubicada por la calle Paseo del Álamo justo entrando al nuevo fraccionamiento Villas del Rey II, para después conducirlas las aguas por dentro de este fraccionamiento.

El área obtenida para la cuenca en estudio se presenta a continuación, en la siguiente tabla:

Tabla 3.5.5.1. Área de subcuencas en estudio.

SUBCUENCA	ÁREA (M^2)
I	898.6
II	158,564.09
III	22,288.63
IV	86,129.36
TOTAL	267,880.68

La longitud obtenida de la cuenca en estudio se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.5.5.2. Longitud de subcuencas en estudio.

SUBCUENCA	LONGITUD (m)
I	59.91
II	1,050.36
III	309.89
IV	519.71

La pendiente promedio ponderada del cauce principal obtenida para las subcuencas en estudio se presenta a continuación:

Tabla 3.5.5.3. Pendiente promedio ponderada de las subcuencas en estudio.

SUBCUENCA	LONGITUD (m)	PENDIENTE (S)
I	59.91	0.00317
II	1,050.36	0.00684
III	309.89	0.0118
IV	519.71	0.00579

3.5.6. Cálculo de Coeficientes de escurrimiento.

La reducción del coeficiente de escurrimiento, es uno de los objetivos principales de este proyecto de intervención. Se hizo el análisis del coeficiente de escurrimiento del proyecto propuesto para compararlo con el proyecto actual. En la siguiente figura se muestra las áreas del proyecto de sembrado para los diferentes valores de C considerados.

Área vendible y vialidades con valor de C de 0.85 (28,925.75 m^2)

Áreas comunes con valor de C de 0.15 (2,972.78 m^2)

Figura 3.5.6.1. Área de con valores de C considerados en la propuesta original.

Se consideró un factor de C de 0.85 para las áreas vendibles y vialidades (negro) y un factor de C de 0.15 para las áreas comunes (verde).

Con un área de 28,925.75 m^2 con un valor de C de 0.85 (negro) y 2,972.78 m^2 con un valor de C de 0.15 (verde) tenemos un valor de C ponderado de 0.78.

Con estos mismos valores considerados en la propuesta de proyecto, se agrega un valor de C de 0.70 para las áreas de estacionamiento (café), ya que está considerado con materiales permeables (adoquinado sin juntear).

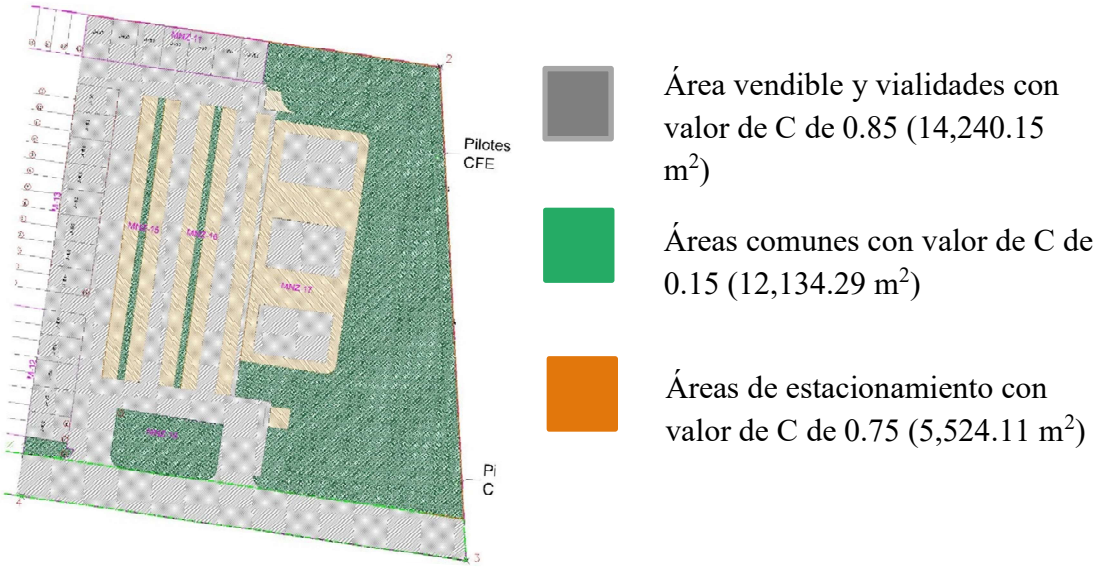

Figura 3.5.6.2. Área con valores de C considerados en la propuesta del proyecto.

Se consideró un factor de C de 0.85 para las áreas vendibles y vialidades (negro), un factor de C de 0.15 para las áreas comunes (verde) y un factor de C de 0.70 para las áreas semipermeables (café).

Con un área de 14,240.15 m^2 con un valor de C de 0.85, 12,134.29 m^2 con un valor de C de 0.15 y 5,524.11 m^2 con un valor de C de 0.70, tenemos un valor de C ponderado de 0.56.

Para realizar el análisis de la propuesta atendiendo la recomendación del comité evaluador, se agrega un valor de C de 0.35 para las áreas vialidades y banquetas consideradas con concreto permeable (magenta).

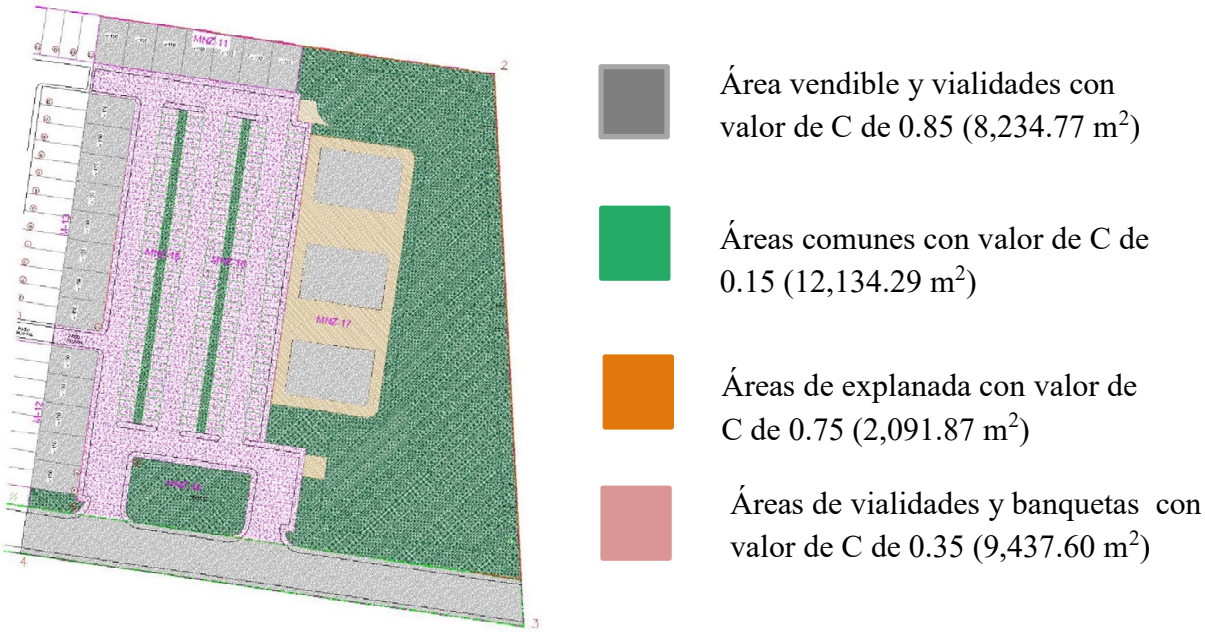

Figura 3.5.6.3. Área con valores de C considerados en la propuesta con vialidades y banquetas de concreto permeable.

Se consideró un factor de C de 0.85 para las áreas vendibles y vialidades (negro), un factor de C de 0.15 para las áreas comunes (verde), un factor de C de 0.70 para las áreas semipermeables (café) y un valor de C de 0.35 para las áreas de concreto permeable.

Con un área de 8,234.77 m^2 con un valor de C de 0.85, 12,134.29 m^2 con un valor de C de 0.15, 2,091.87 m^2 con un valor de C de 0.70 y 9,437.60 m^2 con un valor de C de 0.35, tenemos un valor de C ponderado de 0.43.

Con el incremento de las áreas verdes y áreas permeables en estacionamiento, el cálculo de C ponderado para las subcuencas se vio disminuido. Si revisamos las subcuencas que desembocan el flujo al dren, podemos observar valores de C ponderado de 0.39, 0.41, 0.46 y el más alto de 0.71; mientras que la propuesta actual tiene valores de 0.73 y 0.84.

En este cálculo de C no se tomó en cuenta el área permeable de las restricciones de los lotes unifamiliares, si no que se consideró con valor de 0.85, ya que no se puede garantizar que cada propietario coloque materiales impermeables.

En la propuesta con pavimentos permeables en vialidades y banquetas el valor de C ponderado se redujo a 0.43, sin embargo, no se tomará en cuenta, debido a que no se desarrolla el presupuesto en este proyecto de intervención.

3.5.7. Cálculo del tiempo de concentración.

Como lo mencionamos anteriormente, el tiempo de concentración es el tiempo que tarda en viajar el agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida de la misma. En la tabla 3.5.3.3 podemos ver en lo renglones marcados en color verde obscuro el tiempo de

concentración de las subcuencas que son las salidas de agua hacia el dren Bacurimí. En la columna Tc podemos ver en el tramo 38-39 que viene siendo la salida por la vialidad municipal un tiempo de concentración de 9.95 minutos y en el tramo 45-45 que es la vialidad interna de la privada un tiempo de concentración de 9.09 minutos.

Al hacer el cálculo del tiempo de concentración del proyecto propuesto, podemos ver en la tabla 3.5.3.1 en la columna Tc los renglones marcados en color verde obscuro los valores del tiempo de concentración de las cuatro salidas de agua hacia el dren Bacurimí. En el tramo 60-61 que es la salida por la vialidad municipal se obtuvo un valor de 8.22 minutos, en el tramo 43-68 que es la primer salida de norte a sur en el área de retención se obtuvo un valor de 9.64 minutos, en el tramo 69-67 se obtuvo un valor de 3.85 minutos, dado que es una subcuenca que no tiene otras acumuladas y por último el tramo 63-70 se obtuvo un valor de 9.24 minutos.

Se realizó una comparación para ver la variación del tiempo de concentración de ambas propuestas, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas, dado que el tiempo de concentración depende de la longitud y le pendiente de la cuenca.

3.5.8. Cálculo de caudales de diseño.

- Proyecto Actual

Se realizó una revisión del estudio hidrológico del proyecto actual para conocer la aportación de agua pluvial que tendrá el fraccionamiento con el fin de tener un punto de comparación con la propuesta realizada. El objetivo de este análisis es conocer la aportación del proyecto actual para posteriormente saber el porcentaje de disminución que tendrá la propuesta.

Según el cálculo del gasto de diseño de las subcuencas en el estudio hidrológico, el proyecto actual cuenta con dos salidas del flujo hacia el dren Bacurimí con las siguientes aportaciones:

Salida 1: Q = 0.855 m^3/seg

Salida 2: Q = 0.588 m^3/seg

Teniendo un total de escurrimiento superficial de 1.443 m^3/seg

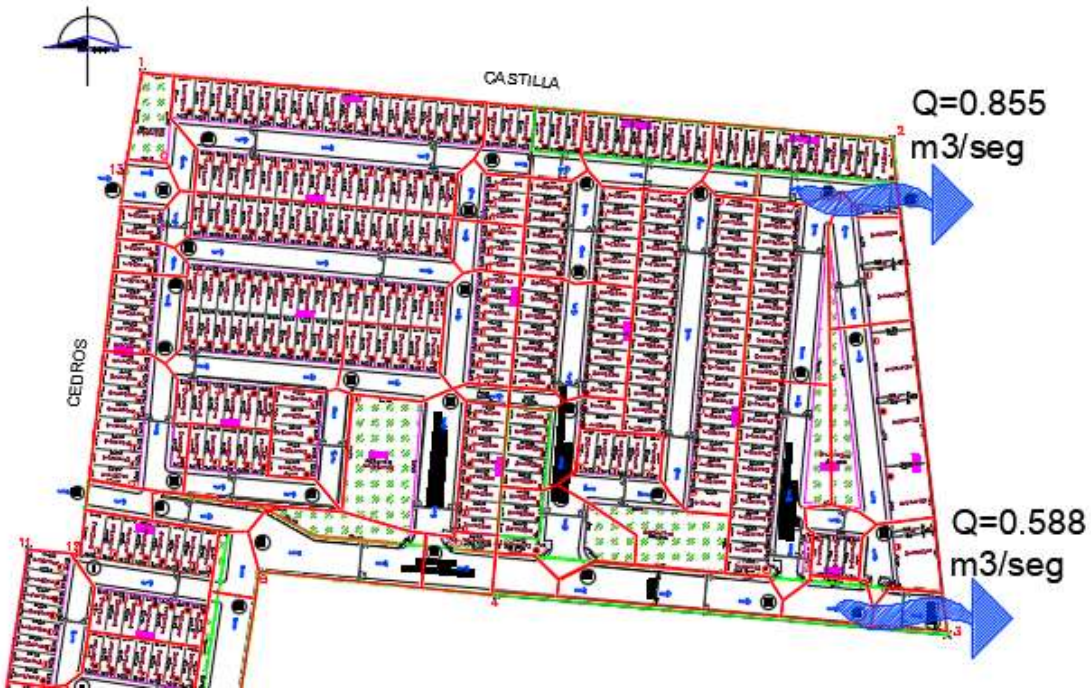

Figura 3.5.7.1. Plano de sembrado del proyecto actual indicando la aportación de agua pluvial al dren Bacurimí.

- Proyecto propuesto

Posteriormente se realizó el cálculo de la aportación de agua pluvial al dren, que tendrá la propuesta para poder hacer la comparación y ver si efectivamente se tiene una mejora en la reducción del gasto de diseño. Este punto es uno de los objetivos del presente proyecto de intervención.

Después de haber realizado el cálculo del gasto de diseño de las subcuencas en el proyecto propuesto, el cual cuenta con cuatro salidas del flujo hacia el dren Bacurimí con las siguientes aportaciones:

Salida 1: Q = 0.552 m^3/seg

Salida 2: Q = 0.12 m^3/seg

Salida 3: Q = 0.16 m^3/seg

Salida 4: Q = 0.16 m^3/seg

Teniendo un total de escurrimiento superficial de 0.992 m^3/seg

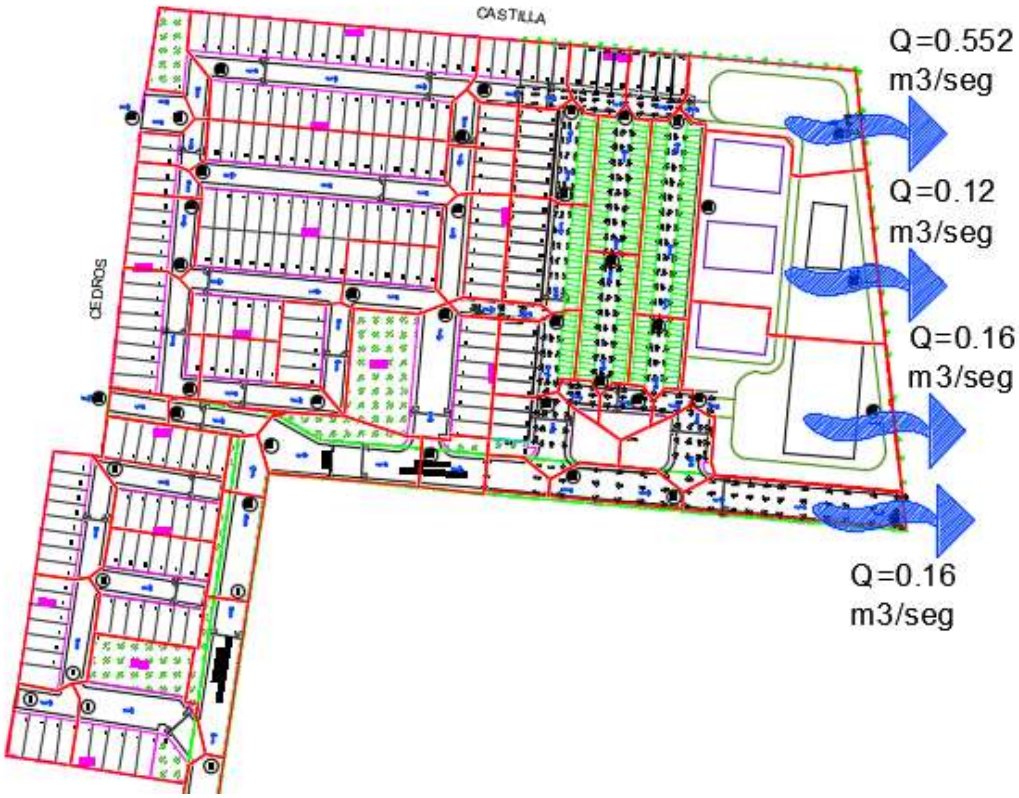

Figura 3.5.7.2. Plano de sembrado de la propuesta del proyecto indicando la aportación de agua pluvial al dren Bacurimí.

- Proyecto propuesto con vialidades y banquetas de concreto permeable

Por último se realizó el cálculo de la aportación de agua pluvial al dren, que tendrá la propuesta con vialidades y banquetas de concreto permeable para poder hacer la comparación en la reducción del gasto de diseño.

Después de haber realizado el cálculo del gasto de diseño de las subcuencas en el proyecto con vialidades y banquetas de concreto permeable, el cual cuenta con cuatro salidas del flujo hacia el dren Bacurimí con las siguientes aportaciones:

Salida 1: Q = 0.461 m^3/seg

Salida 2: Q = 0.12 m^3/seg

Salida 3: Q = 0.096 m^3/seg

Salida 4: Q = 0.096 m^3/seg

Teniendo un total de escurrimiento superficial de 0.773 m^3/seg

Figura 3.5.7.3. Plano de sembrado de la propuesta del proyecto indicando la aportación de agua pluvial al dren Bacurimí, considerando vialidades y banquetas de concreto permeable.

3.5.9. Análisis integral de propuesta.

El nuevo proyecto de sembrado propuesto considera mantener el mismo número de viviendas y superficie de construcción que el proyecto original, esto con el objetivo de satisfacer la demanda del mercado y cumplir con las metas planteadas por la empresa inmobiliaria, por lo que el factor económico, no sería impedimento para poder llevar a cabo dicho proyecto.

El incremento en las áreas verdes comunes y particulares es considerable. Los beneficios que esto traerá tanto a los residentes como a la comunidad adyacente son incalculables, además de posicionar a la empresa desarrolladora de vivienda como una de las primeras en innovar de manera sustentable en el fraccionamiento completo y no sólo en los prototipos de sus viviendas.

La vivienda vertical, hoy en día es de la más buscada por las nuevas generaciones de familias jóvenes. Lo cual puede hacer de este desarrollo uno de los más buscados y vendibles con un gran potencial para ir creando conciencia del cuidado del medio ambiente en las futuras generaciones.

El tema de las vialidades se puede explotar mucho más, pero tendría que ir acompañada del mejoramiento del sistema pluvial, que por lo pronto es un factor económico muy importante que puede ser un obstáculo para los fines del presente proyecto. Por otra parte, el sistema de parques hundidos, tienen mucho futuro, ya que son económicos y muy beneficiosos para la infiltración de agua al subsuelo.

Haciendo un análisis paramétrico en cuanto a volumetría de construcción se realizó una comparativa entre ambos proyectos para evaluar el tema económico.

Tabla 3.5.9.1. Comparativa de volúmenes de construcción de urbanización entre ambos proyectos.

			Actual	Propuesta	
Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Cantidad	Porcentaje
1	Vialidades y terracerías	m2	7,868.37	4,833.53	-39%
2	Guarniciones	ml	1,760.83	711.34	-60%
3	Banquetas	m2	2,641.25	1,067.01	-60%
4	Plataformas	m2	15,137.91	5,381.02	-64%

En general podemos decir que la propuesta del nuevo proyecto del fraccionamiento tiene muchos más beneficios, que no costarán más al inversionista y que tiene todo para ganar.

3.5.10. Recomendaciones para mejoramiento de sistema pluvial.

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SuDS) son aquellos elementos participantes en el drenaje de las ciudades que, además de reducir el caudal producido por la lluvia, disminuyen los contaminantes arrastrados por el escurrimiento.

Este es otro tema al cuál se le puede sacar mucho provecho en este tipo de propuestas, dado los alcances del presente proyecto de intervención, se mencionarán como una recomendación para un futuro desarrollo o implementación en nuevos proyectos.

A lo que la propuesta se refiere y que anteriormente se mencionó sobre los parque hundidos, éste funciona como un área de infiltración de agua al subsuelo. En la actualidad existen distintos métodos y normas para permear el agua a los mantos subterráneos. Éste es otro tema que también se recomienda desarrollar en futuros proyectos, ya que los alcances de éste, no lo permiten.

El área del parque hundido en este proyecto es de 6,952.56 m^2 con un altura de 3.20 m, lo que nos da un volumen de 22,248.19 m^3 que serían retenidos en caso de un evento climático como un huracán o ciclón. Es un volumen de agua importante que no llegaría al dren. En los últimos años la temporada de huracanes en la ciudad de Culiacán nos ha dejado claro que debemos de pensar en soluciones o alternativas para contrarrestar los efectos del

escurrimiento. Este tipo de áreas es un método muy útil para la retención de escurrimientos y aprovechable para la comunidad, ya que se pueden aprovechar para recreación la mayor parte del año. Por lo que se recomienda realizar el cálculo, operación y mantenimiento de esta área.

Debido a la gran cantidad de enfermedades ocasionadas por el estancamiento de agua que existen en nuestra zona, será necesario considerar un sistema de desfogue del volumen de agua retenida cuando el evento de lluvia haya concluido, éste podrá ser a través de un cárcamo de bombeo.

Por último se recomienda desarrollas el proyecto con vialidades y banquetas de concreto permeable, es decir, complementar la investigación con el presupuesto que requiere este sistema constructivo de pavimentos, para poder hacer la comparación con la propuesta desarrollada en este proyecto de intervención.

4. Estrategias de Implementación.

4.1. Plan de Acción.

Para la implementación del presente proyecto de intervención se tomó el plan de acción que consistió primeramente en la etapa de la recopilación de información, donde el actor clave fue el acercamiento con la empresa Inmobiliaria JEMA, S.A. de C.V. donde nos proporcionaron a través de una carta de confidencialidad y para fines de este programa el proyecto para desarrollar la tercera etapa del fraccionamiento Bosque del Rey. Gracias al estudio hidrometeorológico para el proyecto actual se obtuvieron los datos para los cálculos de la nueva propuesta. En este punto, se dieron a conocer los objetivos y la metodología planteada para desarrollar el proyecto de intervención.

Una vez realizada la propuesta de la nueva zonificación se procedió a desarrollar el proyecto de rasantes para poder realizar los cálculos hidráulicos para poder realizar las comparativas y analizar los resultados.

Fue importante recrear en una maqueta virtual las dos propuestas del desarrollo habitacional para poder imaginar los beneficios y ventajas que logramos alcanzar.

4.2. Estrategias usadas para presentar y persuadir a los involucrados en el proyecto.

Como se mencionó anteriormente, este proyecto de intervención cuenta con muchos beneficios; y uno de los más importantes para persuadir a los involucrados en su realización, es el tema de innovación en el concepto de un desarrollo habitacional sostenible.

Se planea hacer una presentación del proyecto con los directivos y encargados del área de proyectos de la empresa Inmobiliaria JEMA, S.A. de C.V., para dar a conocerlo. Se hará énfasis en la misión y visión de la empresa donde este proyecto encaja a la perfección para darles a las familias sinaloenses la mejor opción en desarrollos de vivienda.

Se darán a conocer los beneficios sociales y ambientales que este tipo de fraccionamiento dará a sus residentes y a las comunidades vecinas. A pesar de no tener un proyecto ejecutivo desarrollado, la comparación paramétrica de la urbanización, arrojó una economía de alrededor del 60%.

El tema principal para persuadir a los directivos de la empresa será el económico, por lo que se debe garantizar las utilidades planeadas en el proyecto original. Por este motivo y la falta del proyecto ejecutivo, nuestro objetivo se reduce a que la empresa considere este proyecto como viable e invierta en el desarrollo integral del proyecto a través de sus departamentos de planeación, proyectos y costos.

Por otra parte, se planea hacer difusión de la importancia del incremento de áreas verdes y la construcción vertical, para que sea tomado en cuenta en el Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán.

5. Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones.

Con base en los resultados obtenidos podemos afirmar que al incrementar el CAS y CUS, permite generar áreas verdes que sirvan de retención e infiltración del agua de lluvia y disminuye el gasto de diseño en la aportación por escurrimiento al dren.

Gracias a la construcción vertical, permite construir menos vialidades y por lo tanto mayor área permeable en el desarrollo habitacional, por lo que se obtuvo una reducción del 31.25% en el gasto de diseño y aportación de agua pluvial al dren.

También permitió generar un área de retención e infiltración con un volumen de 22,248.19 m^3 y un incremento de un 408% en áreas verdes que servirán para reforestación, recreación y convivencia para beneficio de los residentes y los fraccionamientos adyacentes.

En términos económicos se obtuvieron ahorros alrededor del 60% en trabajos de vialidades, plataformas, guarniciones y banquetas debido a la reducción de esas áreas y el incremento de áreas verdes.

Se han mencionados los beneficios cuantitativos del incremento de las áreas permeables en los desarrollos habitacionales, más sin embargo, los beneficios cualitativos a los residentes y comunidades vecinas son muchos más. Por mencionar algunos al reforestar el área, se aumentaría la calidad del aire y la temperatura. Se crearían ecosistemas naturales donde los residentes convivan y respeten la flora y fauna que atraerán las áreas verdes. La tranquilidad que da la privacidad al tener áreas verdes entre vecinos. En general son muchos los beneficios para adoptar esta metodología en futuros desarrollos habitacionales.

5.2. Recomendaciones.

El presente proyecto de intervención demuestra la viabilidad de generar grandes áreas verdes que sirvan de retención e infiltración de agua pluvial y la reducción del escurrimiento, por lo tanto la disminución del gasto de diseño que se aportará al dren Bacurimí. Sin embargo será necesario llevar a cabo proyectos para complementar el presente. Los proyectos complementarios pueden ser:

1. Desarrollar el proyecto para la infiltrar el agua al subsuelo en el área de retención con base en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-015-CONAGUA-2007.
2. Realizar un estudio para verificar la viabilidad de utilizar concreto permeable en vialidades.
3. Desarrollar el proyecto arquitectónico de los edificios, tomando en cuenta el concepto de sustentabilidad y reutilización de aguas grises.

4. Realizar un estudio para determinar el incremento del Coeficiente de Absorción del Suelo y el Coeficiente de Utilización del Suelo en el Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán y el Reglamento de Construcción de Culiacán.
5. Desarrollar el cálculo y proyecto para la operación y mantenimiento del área de retención para evitar el estancamiento del agua de lluvia.

6. Referencias documentales y bibliografía complementaria.

6.1. Referencias Documentales.

1. Sorenson, M. G., Keipi, K. J., Barzetti, V., & Williams, J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas (No. 333.78 M274). Inter-American Development Bank, Sustainable Development Department, Environment Division.
2. Ferrando, F. J. (2006). Sobre inundaciones y anegamientos. Revista de urbanismo, (15), ág-25.
3. Walker, F. B., Fernández, P. W., & Freitas, J. M. (2007). Modelo de cálculo de áreas verdes en planificación urbana desde la densidad habitacional. Urbano, 10(15), 97-101.
4. Sukia Irastortza, J. (2009). Recarga de acuíferos mediante agua de lluvia.
5. Sánchez Román, L. A., & Martínez González, Y. (2012). Inundaciones pluviales en una cuenca urbana aplicando el método de ponderación mixta. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 33(2), 71-80.
6. Quevedo-Tiznado, J. A., Mobayed-Khodr, N., Fuentes-Ruiz, C., González-Sosa, E., & Chávez-García, C. A. (2016). Simulación del escurrimiento directo de eventos en cuencas pequeñas con el modelo HIDRAS. Agrociencia, 50(7), 787-798.
7. Morales, M. S. R., Plata, J. A. S., & Esparza, M. A. R. (2015). Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales. CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica, 12(56), 5-14.
8. Jaume, A. T. (2016). Gestión de las aguas pluviales en entornos urbanos mediante técnicas de Drenaje Sostenible. Journal of Engineering and Technology, 5(2), 26-40.
9. Aparicio Mijares, F. J. (1999). Fundamentos de hidrología de superficie (No. 551.49 A6).
10. Plan Director de Desarrollo Urbano de Culiacán.
11. Decreto Municipal No. 31 de Culiacán. Reglamento de Construcciones para el Municipio de Culiacán, Sinaloa, México, 4 de mayo de 2007.
12. Ramos, D. P. (2017). Investigación sobre el concreto permeable. Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM, 1(59), 12-14.

6.2. Bibliografía complementaria.

1. CNd, A. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Tlalpan, México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
2. Oñate, F. (2009). Hidrología (apuntes de clase). Consultada el, 20.
3. Chereque Morán, W. (1989). Hidrología: para estudiantes de ingeniería civil.
4. Z Flores López, M. (2013). Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas hidrográficas. Aplicación a la cuenca de La Paz en Baja California Sur, México.

5. Aranda, D. F. C. (2009). Calibración del método del coeficiente de escurrimiento para estimación de la disponibilidad anual en dos zonas geográficas de México. Tecnología y ciencias del agua, 24(3), 131-143.
6. Aranda, D. F. C. (2010). Introducción a la hidrología urbana. Printego.
7. Aispuro Angulo, A., & Cordero Domínguez, J. D. J. (2013). La vulnerabilidad del desarrollo urbano de Culiacán, Sinaloa, México. Proyección, (15).
8. Valenzuela, J. A. I. LA PLANEACION URBANA EN EL MUNICIPIO MEXICANO: CULIACÁN, UN ESTUDIO DE CASO.
9. EL M, E. L. E. Y. NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.