

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS**

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL



**RIESGO CAUSADO POR INUNDACIONES PLUVIALES EN
LA ZONA DE PLAZA DEL SOL (López Mateos Sur, Zapopan, Jalisco).**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

**P R E S E N T A
CLAUDIA PATRICIA FÉLIX BELTRÁN**

GUADALAJARA, JALISCO. JULIO DE 2005



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Centro Universitario de Ciencias de la Salud
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

**ACTA DE REUNIÓN DE LA JUNTA ACADÉMICA
DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**

Reunido el la Junta Académica de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental para la revisión del proyecto de tesis que presenta el pasante:

C. Claudia Patricia Félix Beltrán

Con el título:

"Riesgo causado por inundaciones pluviales en la zona Plaza del Sol
(López Mateos Sur Zapopan, Jalisco)."

Manifestamos que, habiendo revisado el documento del proyecto de tesis, se autoriza la impresión y programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

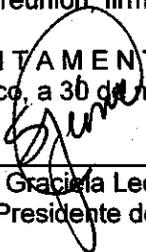
Así mismo se asignan como sinodales a los siguientes profesores:

SINODALES

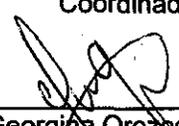
1. Dra. Guadalupe Garibay Chávez (presidente)
2. Dra. Rosa Leticia Scherman Leaño (secretaria)
3. Dr. Arturo Curiel Ballesteros
4. 4. Dra. Martha G. Orozco Medina
5. MCSA Alberto Jiménez Cordero
6. 6. MGSS Silvia G. León Cortés (suplente)

Sin otro particular que tratar, se dio por concluida la reunión, firmando los que en ella participaron.

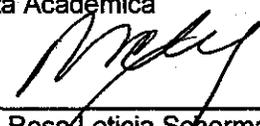
ATENTAMENTE
Guadalajara, Jalisco, a 30 de mayo del 2005.



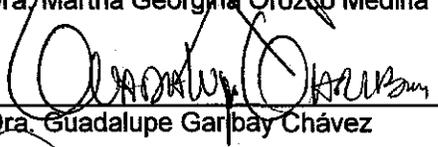
MGSS. Silvia Graciela León Cortés
Coordinadora General y Presidente de la Junta Académica



Dra. Martha Georgina Orozco Medina



MSP. Rosa Leticia Scherman Leaño



Dra. Guadalupe Garibay Chávez



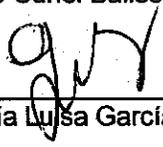
Dr. Miguel Raygoza Anaya



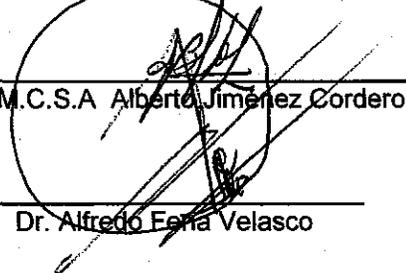
Dr. Arturo Curiel Ballesteros



M.C.S.A. Alberto Jiménez Cordero



Dra. María Luisa García Bátiz



Dr. Alfredo Fera Velasco



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
 Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
 Centro Universitario de Ciencias de la Salud
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

**COMITÉ DE TESIS DE LA
 MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL
 P R E S E N T E**

Por medio de la presente nos permitimos informar a Usted (es), que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realizó la (el) presente:

C. CLAUDIA PATRICIA FÉLIX BELTRÁN

Con el título:

"Riesgo causado por inundaciones pluviales en la zona de Plaza del Sol (López Mateos Sur, Zapopan, Jalisco)."

Manifestamos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y en su caso programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 07 de Julio de 2005

Dr. Arturo Curiel Ballesteros
 (Nombre y Firma)
 Director de trabajo de Tesis

Claudia Patricia Félix Beltrán
 (Nombre y Firma)
 Alumno (a)

Asesor:

Dra. Guadalupe Garibay Chávez

(Firma)

| SINODALES | FIRMA |
|--|-------|
| 1.- Dra. Guadalupe Garibay Chávez (presidente) | |
| 2.- Dra. Rosa Leticia Scherman Leño (secretaria) | |
| 3.- Dr. Arturo Curiel Ballesteros | |
| 4.- Dra. Martha Georgina Orozco Medina | |
| 5.- MCSA Alberto Alfonso Jiménez Cordero | |
| 6.- MGSS Silvia Graciela León Cortés (suplente) | |

AGRADECIMIENTOS

A MIS MAESTROS

Por su sabiduría, enseñanza y dedicación a lo largo de los años de maestría. Especialmente al Dr. Arturo Curiel Ballesteros, director de tesis, por su guía durante la realización de este trabajo, a la Dra. Guadalupe Garibay Chávez, por darme la oportunidad de desarrollar este tema y a la M. en C. Silvia León Cortés por todo su apoyo.

AL SISTEMA INTERMUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

En especial al Ingeniero Rafael Casillas de la Gerencia de Alcantarillado, por facilitarme la información requerida para la realización de el presente trabajo.

AL INSTITUTO DE ASTRONOMÍA Y METEOROLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Por facilitar toda la información referente a precipitación pluvial.

A LAS EMPRESAS DE CONSULTORÍA

Al Grupo Hidrosanitec en especial al Ing. Napoleón Jaramillo y Bernardo Guzmán por su ayuda en la impresión de los planos y aportar información histórica valiosa del sistema de colectores de Guadalajara. A la empresa Aqua Innova especialmente al Ing. Carlos Ornelas y al Tgo. Juan Carlos Rodríguez por su apoyo para la impresión del documento final. Al Ing. Ulises Vallejo Núñez por proporcionarme la cartografía digital de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

DEDICATORIA

A Jesús por todo su apoyo y comprensión en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| CAPÍTULO 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 2. | JUSTIFICACIÓN | 3 |
| CAPÍTULO 3. | MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL | 6 |
| 3.1. | ANTECEDENTES HISTÓRICOS | 6 |
| 3.2. | ENFOQUES SISTEMÁTICO Y CIBERNÉTICO | 10 |
| 3.3. | AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO | 12 |
| 3.3.1 | Análisis de la vulnerabilidad | 14 |
| 3.3.2 | Análisis de vulnerabilidad a inundaciones | 14 |
| 3.3.3 | Normativa legal vigente | 15 |
| 3.3.4 | Identificación de las amenazas | 15 |
| 3.3.5 | Evaluación de la amenaza y mapas de riesgos | 16 |
| 3.3.6 | Sistema de información y alerta | 17 |
| 3.3.7 | Área de impacto..... | 17 |
| 3.3.8 | Componentes o elementos expuestos | 17 |
| 3.3.9 | Características del impacto..... | 17 |
| 3.3.10 | Riesgo de Electrocuación..... | 18 |
| 3.4. | HISTORIAL DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN GUADALAJARA..... | 24 |
| 3.5. | AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA 26 | |
| 3.5.1 | Riesgo de inundación en la zona de estudio..... | 30 |
| 3.6. | ALCANTARILLADO. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS | 30 |
| CAPÍTULO 4. | OBJETIVOS | 34 |
| CAPÍTULO 5. | METODOLOGÍA | 35 |
| 5.1. | DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO | 35 |
| 5.1.1 | Información de calidad del aire en la zona de estudio..... | 37 |
| 5.2 | MATERIALES | 43 |
| 5.3 | MÉTODOS | 43 |
| 5.3.1 | Fase documental | 43 |
| 5.3.2 | Fase de campo | 47 |
| 5.3.3 | Fase de gabinete | 48 |
| CAPÍTULO 6. | RESULTADOS | 52 |
| 6.1 | INFORMACIÓN DE COLECTORES EN LA ZONA DE ESTUDIO..... | 52 |
| 6.1.1 | Sistema de colectores en la zona de estudio..... | 52 |
| 6.1.2. | Problemática del sistema de colectores | 55 |
| 6.2 | CÁLCULO DE LA PENDIENTE..... | 56 |
| 6.3 | PRECIPITACIÓN PLUVIAL | 59 |
| 6.4 | FRECUENCIA DE INUNDACIONES PLUVIALES | 61 |
| 6.5 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 61 |
| 6.5.1 | Distribución de frecuencias de datos de intensidad de lluvia..... | 63 |
| 6.5.2 | Distribución de frecuencias acumuladas de datos de intensidad de lluvia... 64 | |

| | | |
|--------------------|---|------------|
| 6.5.3 | Análisis de normalidad de los datos de intensidad de lluvia..... | 68 |
| 6.5.4 | Período de retorno de intensidad de lluvia | 72 |
| 6.6 | ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD | 74 |
| 6.6.1 | Medidas de mitigación del riesgo y disminución de la vulnerabilidad. | 80 |
| 6.6.2 | Recomendaciones técnicas para la reducción del riesgo y la vulnerabilidad. 83 | |
| 6.7 | ANÁLISIS DE CASO..... | 84 |
| 6.7.1 | Antecedentes históricos..... | 84 |
| 6.7.2 | Durante el evento..... | 86 |
| 6.7.3 | Consecuencias de la inundación..... | 88 |
| 6.8 | ANÁLISIS DE VALORACIÓN ECONÓMICA | 89 |
| 6.8.1 | Aforo vehicular..... | 89 |
| 6.8.2 | Censo comercial y aforo de consumidores | 94 |
| 6.9 | EFFECTOS A LA SALUD AMBIENTAL | 95 |
| CAPÍTULO 7. | DISCUSIÓN..... | 97 |
| CAPÍTULO 8. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 103 |
| CAPÍTULO 9. | BIBLIOGRAFÍA | 109 |

ANEXOS

| | |
|----------------|---|
| Anexo A | Datos de precipitación pluvial y gráficas del pluviógrafo |
| Anexo B | Fotografías de campo |
| Anexo C | Fotografías aéreas |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1 Obras de Colectores realizadas en los años 40 en Guadalajara | 8 |
| Cuadro 2 Efectos sobre el organismo de la intensidad eléctrica | 21 |
| Cuadro 3 Tiempo para que ocurra fibrilación ventricular | 22 |
| Cuadro 4 Comportamiento de la Precipitación Total Anual en la ZMG..... | 24 |
| Cuadro 5 Superficie con Amenaza de Inundación de la ZMG..... | 26 |
| Cuadro 6 Ubicación de Zonas de Inundación | 27 |
| Cuadro 7 Comparación de características de Aguas residuales de sistemas combinados con otras fuentes (Metcalf & Eddy, 2003). | 32 |
| Cuadro 8 Información Histórica de Calidad del Aire. Estación Las Águilas..... | 37 |
| Cuadro 9 Parámetros de Calidad del Aire. Estación Las Águilas. Enero-Junio 2002.. | 38 |
| Cuadro 10 Parámetros de Calidad del Aire. Estación Las Águilas. Enero-Junio 2005.. | 38 |
| Cuadro 11 Calidad del Aire. Estación Las Águilas Abril de 2005..... | 39 |
| Cuadro 12 Resumen de Resultados de los AGEB's..... | 40 |
| Cuadro 13 Indicadores de Vulnerabilidad..... | 46 |
| Cuadro 14 Operacionalización de las Variables..... | 47 |
| Cuadro 15 Indicadores para la construcción del mapa de Vulnerabilidad | 50 |
| Cuadro 16 Indicadores para la construcción del mapa de Capacidad de Respuesta | 51 |
| Cuadro 17 Capacidad de Conducción de Colectores en la Zona de Estudio..... | 52 |
| Cuadro 18 Cálculo de la Pendiente del Terreno en la Zona de Estudio | 57 |
| Cuadro 19 Cálculo de la Pendiente del Terreno en la Zona de Estudio | 58 |
| Cuadro 20 Intensidad Máxima (mm/h) Registrada Período 1970-2000 | 62 |
| Cuadro 21 Resumen de Información Estadística Básica de Intensidad de lluvia | 63 |
| Cuadro 22 Tabla de distribución de Frecuencias de Intensidad de Lluvia Período 1970- 2000 | 63 |
| Cuadro 23 Tabla de Distribución de Frecuencias Acumuladas de Intensidad de Lluvia Período 1970-2000. | 64 |
| Cuadro 24 Tabla de Prueba de Bondad de Ajuste para Intensidad de Lluvia..... | 68 |
| Cuadro 25 Tabla de Cálculo de Períodos de Retorno de Intensidad de Lluvia..... | 72 |
| Cuadro 26 Indicadores de Vulnerabilidad..... | 77 |
| Cuadro 27 Cambios en el Uso de Suelo e Intensidad de Lluvia a través del Tiempo.. | 85 |
| Cuadro 28 Cálculo de Intensidad Máxima correspondiente a 18-Junio-02 | 86 |
| Cuadro 29 Precipitación Pluvial correspondiente a 20-Sep-04..... | 87 |
| Cuadro 30 Cálculo de Intensidad Máxima correspondiente a 20-Sep-04 | 87 |
| Cuadro 31 Aforo vehicular en la avenida López Mateos | 90 |
| Cuadro 32 Resumen Estadístico del Aforo Vehicular en la Av. López Mateos | 90 |
| Cuadro 33 Aforo Vehicular realizado en la Av. Mariano Otero | 91 |
| Cuadro 34 Resumen Estadístico del Aforo Vehicular en la Av. Mariano Otero | 91 |
| Cuadro 35 Censo Comercial..... | 94 |
| Cuadro 36 Tabla de Aforo de Consumidores..... | 94 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Diagrama del Enfoque Sistemático por Descomposición (Ovsei, Gelman & Muravchik, 1996) | 11 |
| Figura 2 Comportamiento anual de la Precipitación Pluvial Total en la ZMG (IAM, U de G, 2001) | 25 |
| Figura 3 Distribución Promedio Mensual de la Precipitación Pluvial en la ZMG (IAM, U de G, 2001) | 25 |
| Figura 4 Zonas Propensas a Inundación en la Zona Metropolitana de Guadalajara | 28 |
| Figura 5 Diagrama de Flujo de Metodología | 36 |
| Figura 6 Localización de la Zona de Estudio | 41 |
| Figura 7 Localización de la Zona de Estudio dentro de la ZMG | 42 |
| Figura 8 Diagrama del Enfoque Sistemático | 45 |
| Figura 9 Plano de drenajes de la zona de estudio | 54 |
| Figura 10 Perfil Cerro del Colli – Plaza del Sol (Félix Beltrán, 2004). | 57 |
| Figura 11 Perfil Cerro del Gachupín – Plaza del Sol (Félix Beltrán, 2004)..... | 58 |
| Figura 12 Comportamiento de la Precipitación Pluvial Anual. Período 1970-2001 (Instituto de Astronomía y Meteorología, U. de G., 2002) | 60 |
| Figura 13 Intensidad Pluvial Máxima. Período 1970-2000 (Instituto de Astronomía y Meteorología, U. de G., 2002)..... | 60 |
| Figura 14 Distribución de Frecuencias de datos de Intensidad de Lluvia Período 1970-2000 (Félix Beltrán, 2005). | 64 |
| Figura 15 Gráfica de Distribución de Frecuencias Acumuladas de Intensidad de Lluvia 1970-2000 (Félix Beltrán, 2005). | 68 |
| Figura 16 Gráfico de Períodos de Retorno de Intensidad de Lluvia 1970-2000 (Félix Beltrán, 2005). | 73 |
| Figura 17 Vulnerabilidad de la Zona de Estudio..... | 78 |
| Figura 18 Capacidad de Respuesta de la Zona de Estudio..... | 79 |
| Figura 19 Curva Duración - Intensidad correspondiente al 18-Junio-2002 (Félix Beltrán, 2004). | 86 |
| Figura 20 Curva Duración - Intensidad correspondiente al 20-Septiembre-2004 (Félix Beltrán, 2004). | 87 |
| Figura 21 Puntos de conflicto de acuerdo con la Secretaría de Vialidad y Transporte.. | 93 |

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Hace poco más de 30 años la actividad comercial de Guadalajara se realizaba casi en su totalidad en la zona centro de la ciudad. Con el crecimiento poblacional de los años 60, se inició el desarrollo de colonias de clase media alta alejadas del centro de la ciudad. Esto produjo la necesidad de crear zonas comerciales más cercanas a los nuevos desarrollos habitacionales.

A principios de los años 70 se realizó la construcción del centro comercial Plaza del Sol, siendo el primero en Guadalajara, y en su tiempo uno de los más grandes en México. Casi inmediatamente se convirtió en un sitio de gran afluencia y un símbolo de status como centro de compras, reunión y esparcimiento.

La construcción del centro comercial Plaza del Sol motivó a su vez, el desarrollo de nuevas colonias como: Ciudad del Sol, La Calma, Las Águilas, Residencial Victoria, Bosques de la Victoria, Residencial Loma Bonita, etc., las cuales aumentaron el número de habitantes, creciendo así la demanda de servicios. En los años 70 todos los terrenos aledaños a Plaza del Sol pasaron de ser rurales a urbanos, asphaltando el suelo casi en su totalidad. De tal forma que a partir de entonces ha ocurrido una edificación total de la zona dejando muy pocas áreas verdes (fotografías aéreas vuelos 1962 y 1998, Anexo fotográfico aéreo).

La zona alrededor de Plaza del Sol presenta una elevada densidad de población, y una gran actividad comercial. Las avenidas López Mateos y Mariano Otero que limitan al centro comercial tienen un gran aforo vehicular, prácticamente a cualquier hora del día.

En época de lluvias sistemáticamente se presentan inundaciones cuando hay tormentas, convirtiendo la zona en un caos, anegando los carriles laterales de ambas avenidas y todas las zonas bajas de edificios y casas. Se presentan daños a la infraestructura urbana en semáforos, árboles, redes eléctricas y telefónicas, pavimento, etc. se paraliza el tránsito y aumenta la frecuencia de accidentes (U de G., 1994). Esta situación se da año con año con tendencia a agravarse debido al aumento del parque vehicular. Hasta la fecha, no se ha podido mitigar el problema a pesar de los esfuerzos de las autoridades, que recientemente introdujeron válvulas check en los sistemas de alcantarillado, para evitar que se boten las tapas de los pozos de visita.

En México, el tipo de alcantarillado que poseen más del 95% de las ciudades es un alcantarillado combinado. Éste tipo de alcantarillado, conduce simultáneamente las aguas residuales domésticas, industriales y pluviales (López Cualla, 1999). La zona de

estudio posee un alcantarillado combinado que resulta insuficiente para la captación de aguas pluviales¹ y sobrado para la conducción de aguas residuales. Siendo los colectores construidos durante el período de 1965-1970 en condiciones diferentes a las que existen actualmente, principalmente con respecto al escurrimiento pluvial (Gob del Edo. de Jal., 1965-1970).

La subcuenca del Chicalote a la cual pertenece la zona de estudio, presenta puntos conflictivos que son Plaza del Sol, Mercado de Abastos y la desembocadura de la cuenca del Chicalote en el cruce de la avenida Colón con Lázaro Cárdenas. El arroyo del Chicalote conducía escurrimientos pluviales provenientes del cerro del Colli y pasaba por la calle Popocatepetl, cruzaba Av. López Mateos y desembocaba en Colón y Lázaro Cárdenas¹.

Esta subcuenca ubicada al poniente de la Zona Metropolitana de Guadalajara, es una parte muy conflictiva¹, en donde se identifican como amenazas: la precipitación pluvial, el tiempo de duración de la lluvia y los escurrimientos pluviales. Así mismo se tiene una infraestructura vulnerable ya que no tiene la capacidad de conducción de toda el agua de lluvia. Por lo tanto, se presenta un riesgo de inundación año con año debido a la combinación de las amenazas y la vulnerabilidad. Esta situación se presenta todos los años con la tendencia a agravarse debido al aumento en el parque vehicular. Hasta la fecha, no se han realizado medidas importantes de mitigación del problema.

El propósito de este trabajo fue realizar una evaluación del riesgo que representan las inundaciones pluviales en la zona de Plaza del Sol, mediante un análisis de los efectos que causan éstas. Para ello primeramente se determinó el origen de las inundaciones pluviales. Posteriormente se analizó la vulnerabilidad existente en los aspectos técnicos y socio-organizativos. Por último se proponen recomendaciones técnicas y alternativas de atención para la reducción de la vulnerabilidad. Mediante la utilización del método sistemático (Ovsei, Gelman & Muravchik, 1996), y el método histórico ambiental (Ángel Maya, 1996) para el análisis del riesgo y vulnerabilidad, siendo el presente trabajo un estudio retrospectivo y descriptivo.

1 - GÓMEZ HERRERA LASSO, Carlos; LÓPEZ LÓPEZ, Elías y BEUTELSPACHER ROMERO, David. "ALIVIO DE INUNDACIONES EN LA ZONA DE PLAZA DEL SOL Y ÁREAS CONTIGUAS" Tesis recepcional para obtener el grado de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad ITESO, Junio de 2000. En la cual se proponen opciones de mitigación del riesgo de inundación en la zona de estudio del presente artículo. Las propuestas son la construcción de colectores pluviales auxiliares a los ya existentes.

CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN

Cada año durante la época de lluvias en la Zona Metropolitana de Guadalajara se presentan inundaciones originadas por el temporal. Como consecuencia de éstas, se presentan daños a la infraestructura en toda la ciudad, por ejemplo: en el pavimento, calles, edificios, alcantarillado, comercios, vehículos, árboles, etc (U de G., 1994)

Esto causa daños severos a la integridad física, puesto que provoca inundaciones a casas habitación y comercios, accidentes viales que en ocasiones significa la muerte para los afectados. También ocurre el rebosamiento del drenaje y por consecuencia el "botamiento" de las tapas de los registros del alcantarillado, causando un riesgo de accidente ya que las personas pueden caer en los registros, ya sea dentro de su automóvil, al bajar de un vehículo o mientras caminan.

La intensidad de la lluvia y frecuencia de la precipitación representan una amenaza cuando la persona se encuentra en el centro comercial, o cuando tiene que atravesar por la zona de estudio para ir a su trabajo o casa, ya sea en automóvil o en transporte urbano.

El centro comercial de Plaza del Sol es un lugar muy concurrido debido a su ubicación estratégica para las colonias que están a su alrededor, a su oferta de servicios, al hecho de que fue la primer plaza de su tipo en la ciudad de Guadalajara, y a que no existe otro centro comercial con la misma cantidad de servicios en las cercanías (fotografías aéreas vuelos 1962 y 1998, Anexo fotográfico aéreo).

Debido a que Plaza del Sol fue el primer centro comercial en la zona metropolitana de Guadalajara, la población cambió sus hábitos de consumo. Anteriormente la mayor parte de la población hacía sus consumos de alimentos, ropa, calzado, etc. en la zona centro de la ciudad.

De hecho, la construcción de Plaza del Sol impulsó el crecimiento de los desarrollos habitacionales que existen a su alrededor, por ejemplo: Ciudad del Sol, Bosques de la Victoria, Residencial Victoria, La Calma, Las Águilas, etc., convirtiendo la zona en una zona comercial y habitacional de alta densidad, con gran afluencia de tránsito vehicular que favoreció la tendencia de crecimiento de la ciudad hacia la zona sur.

Por tal razón, cada vez hay una mayor demanda de servicios por parte de las personas que habitan cerca de Plaza del Sol; ha subido mucho la plusvalía en todas las zonas cercanas al centro comercial, ya que las personas consideran que tienen un acceso rápido

y seguro en cuanto a servicios, no sólo comerciales sino también de salud y gubernamentales. Existiendo una Clínica del Seguro Social, Unidad de CFE, Telmex y una unidad administrativa del Ayuntamiento de Zapopan, la cual cuenta con servicio de bomberos, Cruz Roja, pago de servicios (SIAPA, Hacienda, Tránsito), Policía, Correos, y Registro Civil.

Estos servicios han provocado que exista una alta densidad poblacional y vehicular en toda la zona cercana al centro comercial, lo cual hace vulnerable a la zona de estudio, frente a inundaciones de origen pluvial, ya que existe un mayor riesgo de accidentes viales, daños a los transeúntes y a la infraestructura urbana como lo son árboles, semáforos, instalaciones eléctricas, etc., siendo estos, elementos bajo riesgo (Bretón González, 2001) A pesar de todos los problemas que ocasionan las inundaciones pluviales, la gente sigue prefiriendo vivir en dicha zona, en gran parte debido a la oferta de servicios que existe a todo lo largo de la Avenida López Mateos Sur, a esto se le denomina riesgo aceptado por una sociedad, y es también una de las aplicaciones de la salud ambiental en las diferentes áreas de desarrollo profesional (Orozco Medina, 1997).

Cuando se manifiesta el riesgo aceptado por una sociedad, no altera el comportamiento de los miembros de la misma, y es uno de los puntos donde mayor atención debe prestarse en los programas de educación ambiental, en especial en los países de economías periféricas, donde la degradación ambiental es aceptada, e implícitamente en los riesgos que se presentan en medios alterados. Las sociedades sustentables deben tener un nivel de valor a la vida y al ambiente que se vea reflejado en el nivel de riesgo que acepta la sociedad (Curiel Ballesteros, 1997).

En el caso particular de la que sustenta la investigación, ésta posee la formación necesaria para abordar el tema que aquí se presenta, además cuenta con la ayuda de asesores en las áreas en las que no domina completamente debido en gran parte a su formación profesional de licenciatura.

Las preguntas de investigación que se analizaron en este trabajo son: ¿cuál es la causa de la presencia de inundaciones en la zona de estudio?; ¿por qué persisten a pesar de que llevan más de 25 años inundándose a consecuencia de las lluvias?; ¿y qué acciones o medidas pueden realizarse para la mitigación del problema?.

Existen registros que indican la presencia de problemas en la zona de Plaza del Sol debido a inundaciones pluviales, desde hace más de 25 años. Hasta la fecha las acciones realizadas no han disminuido significativamente la frecuencia o intensidad con la que se presentan los problemas (U de G., 1994). Por lo tanto, es necesario conocer a fondo las causas por las cuales ocurren las inundaciones.

La magnitud del problema se refiere a la intensidad y frecuencia con la que ocurren inundaciones de origen pluvial en la zona de estudio y la cantidad de daños que éstas provocan. Las inundaciones tienen una gran trascendencia ya que afectan a un número elevado de personas, no solo a los que habitan en las colonias aledañas a Plaza del Sol, sino también a los que transitan por la zona ya sea en automóvil o transporte público.

Es importante señalar que existe una gran tendencia de crecimiento habitacional a todo lo largo de la Avenida López Mateos Sur, extendiéndose más allá del periférico. Esto dará como resultado un aumento en el tráfico vehicular en las rutas de acceso cercanas a Plaza del Sol, y un aumento poblacional importante a corto plazo, lo cual demandará una mayor cantidad de todo tipo de servicios, y hará que la zona sea mucho más vulnerable de lo que es actualmente frente a una inundación pluvial (fotografías aéreas vuelo 1998, Anexo fotográfico aéreo).

La capacidad de respuesta con la que cuenta el municipio ante un evento de este tipo, hasta el momento satisface las demandas. Pero muy probablemente en poco tiempo resulte insuficiente, debido a la gran cantidad de colonias que se están construyendo en la prolongación de la Av. López Mateos Sur, las cuales tienen hasta el momento como única vía de acceso a esta calle.

La factibilidad del estudio fue alta, ya que existió la posibilidad de realizar un buen estudio, ya que no se requirió de una gran inversión económica. El trabajo fue principalmente de recopilación de información y todas las búsquedas se realizaron dentro de la zona metropolitana de Guadalajara.

Adicionalmente esta investigación tendrá gran impacto dentro de la sociedad, ya que las acciones de mitigación propuestas beneficiarían en primera instancia a la población de la zona de estudio, pero pudieran implementarse para toda la ciudad.

En este trabajo se investigó las causas por las que ocurren las inundaciones durante la época de lluvias, año con año en la zona del centro comercial Plaza del Sol, y se cuestiona el por qué no se han presentado soluciones pese a que los problemas tienen más de 25 años. Se estudiaron posibles soluciones al problema, incluyendo la alternativa de utilización del agua pluvial en uso doméstico, industrial o riego en la ciudad, y las posibles dificultades que habría para su utilización.

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Antecedentes Históricos

Cuando Guadalajara fue fundada en 1542 sobre el Valle de Atemajac, contaba la naciente ciudad para su provisión tan sólo con el agua del arroyo de Agua Blanca, cercano al actual parque del Agua Azul, llegando incluso a entubarse más de un siglo después en el año de 1673.

Fue en 1730 cuando el Oidor de la Real Audiencia de Nueva Galicia, el Marqués de Altamira, gestionó y obtuvo la venida de Fray Pedro Antonio de Buzeta, lego franciscano y maestro de Arquitectura que en 1723 había abastecido de agua a la ciudad de Veracruz. Tres años dedicó el Padre Buzeta al estudio del asunto en la ciudad, dictaminando los siguientes puntos: el río de Tololotlán necesitaba recorrer veinte leguas por faldas y laderas a un alto costo; los manantiales del sur de la ciudad carecían de altura; el arroyo San Andrés distaba más de una legua y requería por ende una arquería altísima; las aguas de Zapopan eran de traída incosteable. Por lo tanto, la única solución factible era la de explotar las aguas subterráneas del poniente, para lo que se propuso la elaboración de galerías filtrantes fácilmente inspeccionables mediante lumbreras, obra que debería iniciarse a 2 mil 500 varas de la ciudad con 12 varas de profundidad, todo con un costo de 66 mil pesos aproximadamente. En esta forma, la ciudad estuvo bien abastecida hasta 1759, el Padre Maestro Diego Marín de Moya fue traído para corregir los desperfectos (Gob del Edo. de Jalisco, 1965-1970).

Fue en 1899 cuando el Gobernador Luis del Carmen Curiel, abogado y militar que ocupará la gubernatura en diversos períodos, contrató los servicios de la compañía norteamericana Behn & Paulsen para elevar el agua potable de los Colomos a un costo de 47 mil 800 pesos. Un año después, el mismo Gobernador Curiel contrataba al ingeniero William O. Boyle, también norteamericano, la red de agua que tendría una extensión de 78 kilómetros, colocándose 570 hidrantes y 296 tomas con una inversión aproximada de 930 mil pesos, figurando como inspector de la obra el Ingeniero Carlos M. Blake.

La Guadalajara de principios de siglo con sus cien mil habitantes, contó con agua necesaria a raíz de las obras anteriores y del acueducto de El Colli, construido años antes, instalándose además una bomba con motor eléctrico en el Agua Azul a un costo de 28 mil pesos, para el riego de calles y jardines.

Por lo que se refiere a drenajes, antes de 1900 la ciudad no contaba más que con un tramo de colector en la parte noreste en donde las inundaciones eran más frecuentes y que había reportado un gasto de 1'728,768.97 pesos. Lo usual en las viviendas era el pozo ciego y la tabla con agujeros pero a partir de esa época y hasta 1942 se construyeron varios tramos del colector de San Juan de Dios en la siguiente forma: del crucero de la calle Juárez hasta Prisciliano Sánchez, con sección de herradura en concreto reforzado, realizado por los ingenieros Marroquín y Rivera; del crucero de Juárez al de Garibaldi, al terminar el Paseo de la Alameda, con sección circular también de concreto reforzado; y desde el crucero de Prisciliano Sánchez hasta el de Catalán-Libertad, con sección de herradura, construido en mampostería de piedra basáltica y bóveda de ladrillo.

Hacia 1904, el viejo cauce del río San Juan de Dios estaba embovedado desde la Alameda hasta la calle de Catalán, con sección de herradura en concreto armado y de mampostería con longitud de 945 metros, sirviendo la Caja de Catalán, de 7.5 por 5.5 metros, para recibir posteriormente los gastos de los colectores de Leandro Valle y Calzada Agua Azul. Treinta y siete metros al norte del crucero de Juárez, cambia la sección circular con una caída brusca de 1.2 metros continuando hasta Garibaldi en una longitud aproximada de 700 metros.

A principios de 1918 se construye el sub-colector de Leandro Valle, en sección canasta y hasta la Caja de Catalán. A partir de esa caja viene a construirse el sub-colector Agua Azul en el año de 1923, prolongándose hasta el puente de El Enano, en Agua Azul, con sección de canasta y siguiendo el cauce del San Juan de Dios, pendiente de 3 al millar y con una longitud de 950 metros. Tanto este subcolector como el Leandro Valle, fueron construidos en mampostería de piedra basáltica y bóveda de ladrillo (Gob del Edo. de Jalisco, 1965-1970).

A principios de siglo, la ciudad de Guadalajara contaba sólo con un tramo de colector en la parte noreste, en donde las inundaciones eran frecuentes. Desde entonces hasta el año 1942 se construyeron varios nuevos tramos de colectores en lo que se puede considerar como el primer gran colector de la ciudad: el de la Calzada Independencia sobre el río San Juan de Dios.

Hacia 1904 el viejo cauce del río sólo estaba embovedado desde la Alameda (hoy parque Morelos), hasta la calle Catalán con una longitud de 945 m.

A este gran colector se fueron aumentando poco a poco descargas de otros subcolectores de manera que el cauce natural de este río, que dividía la ciudad en dos, llegó a abarcar una cuenca tributaria con un área de 13,800 ha. Esta incontenible sobrecarga ponía en peligro la saturación del único colector y se producían con frecuencia inundaciones de

aguas negras y pluviales en áreas comerciales, con los consecuentes e incalculables perjuicios (Villa González, 1974).

Las obras del sub-colector de "Las Damas" y la prolongación del Leandro Valle, fueron entre los años de 1923 y 1926, con pendientes muy variables, sección de canasta con piedra y ladrillo como materiales fundamentales. Para 1928 viene a prolongarse el colector de San Juan de Dios desde el cruce de Garibaldi hasta Juan Álvarez, con sección circular de 4.2 metros de diámetro y pendiente de tres al millar, depositando su descarga sobre el lecho basáltico del río, pero abajo del afloramiento de la roca lo que provocaba un remanso, permanente de aguas negras.

Hasta los años 1941 y 1942, se realizaron las obras de entubación, todas de mampostería, en los sectores Hidalgo y Juárez con las siguientes características:

Cuadro 1 Obras de Colectores realizadas en los años 40 en Guadalajara

| COLECTOR | CAPACIDAD DE DESCARGA (m³/s) | CARACTERISTICAS |
|---|--|------------------------|
| Sub-colector Angulo | 10 | Sección canasta |
| Sub-colector Juan Manuel | 5 | Sección canasta |
| Sub-colector Leandro Valle (prolongación hasta Col. Americana) | 10 | *NR |
| Sub-colector Las Damas (prolongación hasta Bélgica por Mexicaltzingo) | 10 | Sección capacete |
| Sub-colector Fresno (por Constitucionalistas hasta cruce con España) | 6 | *NR |
| Sub-colector Jesús García (hasta el cruce de Tepic y López Cotilla) | 20 | Trazo en zig-zag |

Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco, 1965 - 1970. * Dato no registrado.

Al realizarse las obras anteriores, la ciudad de Guadalajara contaba ya con 236,557 habitantes.

Finalmente, en 1948 se iniciaron las obras más serias tanto en agua potable como en alcantarillado, contándose con la asesoría técnica proveniente del Distrito Federal, proyectándose los colectores necesarios con el aprovechamiento de las obras existentes y dentro de la seguridad mecánica e hidráulica.

El estudio interior del gran colector dio como resultado la aceptación indiscutible de que la sección de herradura era la más apropiada para este tipo de obras por su mejor conservación, adecuada rugosidad, economía e inmejorables condiciones mecánicas e hidráulicas. Sin embargo, era evidente ya en esa época la insuficiencia del sistema para el área que iba requiriendo una ciudad en pleno desarrollo (Gob del Edo. de Jalisco, 1965-1970).

Bajo esas condiciones se proyectaron:

- Tramo Catalán a Monumento General Corona, del gran colector al de las Damas, y el ramal del Dr. R. Michel con capacidad de 35 metros cúbicos por segundo.
- Tramo del Monumento General Corona al crucero 5 de Febrero, recibiendo el sub-colector Fresno y el de la Colonia Ferrocarril, con una capacidad de conducción de 30 metros cúbicos por segundo.
- Tramo de 5 de Febrero por terrenos del Parque Agua Azul al puente en cruce con Dr. Michel y por Violeta hasta el crucero de Analco, con capacidad de 36 m³/s.
- Tramo Violeta, en cruce con Analco hasta Ejército Nacional, con capacidad de 11 m³/s, dejando en Violeta-Analco la base para el sub-colector del Rastro y Álamo.

En los años cincuentas y sesentas se realizó la construcción de otros colectores interceptores para aliviar la carga del Río San Juan de Dios, y reducir así, su cuenca a un mínimo de 2,000 hectáreas.

Se entiende por cuenca hidrológica el área limitada por parte-aguas bien definidos, cuyos escurrimientos concurren a un solo punto de descarga.

Por cuenca hidrológica tributaria se define la superficie destinada a alimentar a un determinado colector, teniendo en cuenta topografía, localización, pendientes, escurrimientos, velocidades, etc.

La cuenca hidrológica que constituye el sistema definitivo de alcantarillado del Valle de Atemajac abarca 31,525 ha. La cuenca principal del Valle de Atemajac corresponde precisamente al río San Juan de Dios por lo que este río era el colector natural para la ciudad antes de su ilimitado crecimiento. Este crecimiento hizo necesario subdividirla en sub-cuencas para la construcción de nuevos colectores.

Para la determinación de las cuencas, planeación y ejecución de la red de colectores de la ciudad se tomaron en cuenta todos los criterios técnicos necesarios, siendo factores

definitivos tanto la intensidad de las lluvias como los escurrimientos de aguas negras (Villa González, 1974).

El programa de colectores (Villa González, 1974) para hacer frente a las necesidades presentes y futuras en el crecimiento territorial y demográfico de Guadalajara delimita las siguientes cuencas naturales en tres grupos:

- Corresponde al área central de la cuenca del Río San Juan de Dios y consta de los colectores San Juan de Dios, el Intermedio del Oriente, el Intermedio del Poniente y los subcolectores afluentes: Jesús García, Talpita – Federacha, Álamo y Las Juntas.
- Cuenca del área Poniente, consta de la sub-cuenca del arroyo de Atemajac cuyo escurrimiento fue suplido por el gran colector de la avenida Patria, con sus subcolectores afluentes: López Mateos, Barranca Ancha, Zapopan, El Batán y Arroyo Hondo.
- Corresponde a las áreas del Oriente que forman la cuenca del arroyo de los caños o de San Andrés, la de Osorio y la de San Gaspar.

3.2. Enfoques Sistemático y Cibernético

Entre los diversos medios cognoscitivos empleados para el establecimiento y desarrollo de un análisis de riesgo destacan dos enfoques: el sistemático y el cibernético.

El enfoque sistemático permite conceptualizar y, en su caso diseñar objetos como sistemas. En términos generales, la visualización del objeto de estudio como un sistema se hace a través dos procedimientos: por composición y por descomposición funcional.

El enfoque sistemático por composición permite ver el objeto de estudio como un conjunto de elementos que de una u otra forma se encuentran relacionados entre sí, y más aún organizados e interconectados de tal manera que consecuentemente, se llega a concebirlos como un todo integral con cierto papel o función en un entorno más amplio.

El enfoque sistemático por descomposición funcional es el que parte del sistema hacia sus componentes, se basa en la descomposición funcional del sistema en subsistemas, esto es, en la identificación de un conjunto de integrantes en tal forma que la operación de cada uno de ellos y en su totalidad asegura el funcionamiento del sistema. Su empleo sucesivo en cada uno de los subsistemas se divide en partes, éstas en componentes y éstos finalmente en elementos, considerados como las unidades indivisibles en el contexto del problema (Ovsei, Gelman & Muravchik, 1996).

El enfoque cibernético permite visualizar los mecanismos de control con la consecuente definición de las estructuras organizativas y procesos de gestión y planeación para su realización.

El enfoque cibernético distingue en cualquier sistema dos subsistemas principales: el de gestión, esto es, de regulación o de control, o simplemente el gestor, y el conducido, junto con sus relaciones fundamentales, que son de información y de ejecución.

El subsistema conducido es el principal responsable de cumplir con el papel que tiene el sistema en el suprasistema que consiste en proporcionar productos, bienes o servicios. Por su parte, el gestor en términos generales traza, realiza y controla la trayectoria de cambio del conducido, que incluye el caso de no cambio, por medio de la previsión y ejecución de un conjunto de actividades que lo garanticen a través del proceso de gestión (Ovsei, Gelman & Muravchik, 1996).

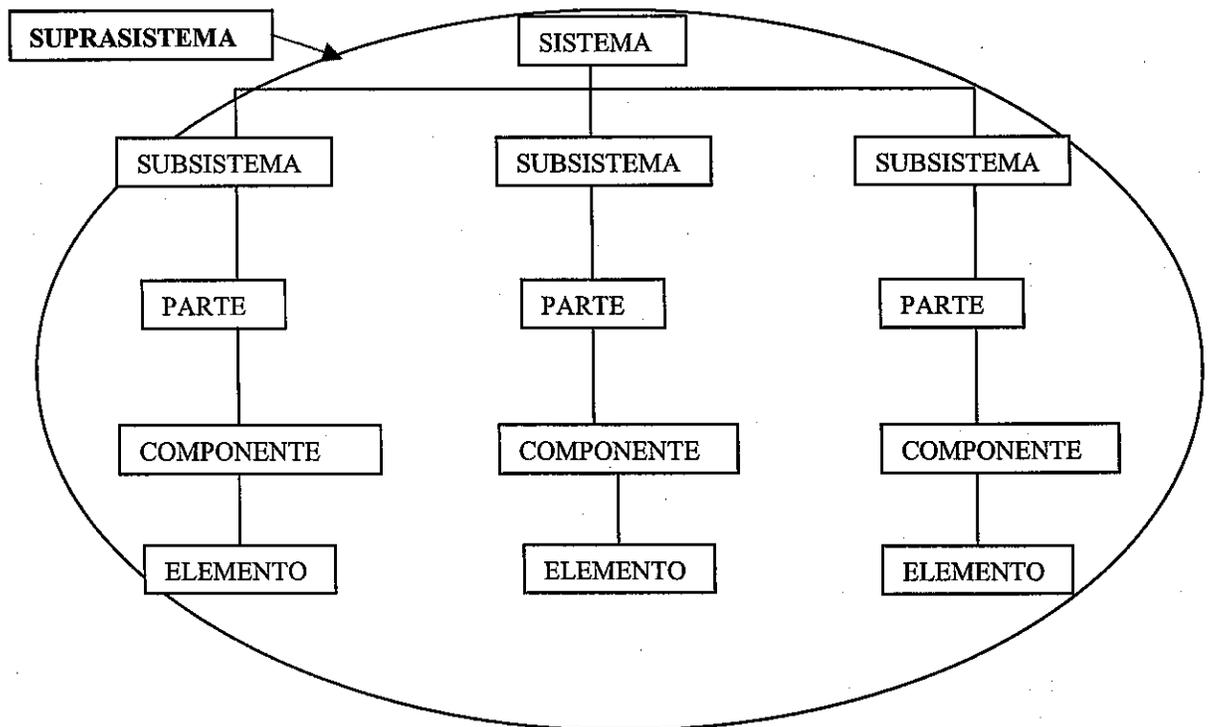


Figura 1 Diagrama del Enfoque Sistemático por Descomposición (Ovsei, Gelman & Muravchik, 1996)

3.3. Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo

Se puede definir una amenaza como el factor externo a una comunidad o a un sistema expuesto, representado por el potencial de ocurrencia de un fenómeno o accidente desencadenante, el cual puede producir un desastre al manifestarse (Bretón González, 2001).

Amenaza o peligro también se define como la probabilidad de un evento potencialmente desastroso durante cierto período en un sitio dado. Ésta puede ser dividida en amenazas naturales y antropogénicas.

La amenaza o peligro (A), es el factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico, que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado y que produce efectos adversos en las personas, los bienes y el medio ambiente, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con cierta intensidad en cierto sitio y en un período de tiempo (Maciel Flores, 2001).

Las amenazas naturales incluyen eventos geológicos como: vulcanismo, sismos, movimientos de masas, concentraciones naturales de gases o minerales en agua o aire (metano, arsénico, boro, radiactividad, etc.), y eventos hidrometeorológicos, como: ciclones, huracanes, tornados, temperaturas extremas, granizadas, sequías, precipitaciones extraordinarias, tormentas eléctricas, etcétera.

Las amenazas antropogénicas son aquellos eventos potencialmente desastrosos producidos por actividades y obras desarrolladas por el hombre y se dan por fenómenos socio-organizativos, sanitario-ecológicos y fisicoquímicos.

Vulnerabilidad es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probabilidad de un evento desastroso (Maciel Flores, 2001). Se determina la vulnerabilidad como el factor interno de una comunidad o de un sistema expuesto a una amenaza, resultado de sus condiciones intrínsecas para ser afectada. Se pueden considerar diversos tipos de vulnerabilidad: estructural, social, económica, organizativa, cultural, biológica, sanitaria, ambiental (Bretón González, 2001).

En términos generales, la vulnerabilidad (V) puede entenderse entonces, como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daños debido a posibles

acciones externas. Por lo tanto, su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.

Riesgo es la posibilidad de sufrir un daño o pérdida, y esta posibilidad ocurre frecuentemente con cualquier actividad humana. El daño o pérdida es una consecuencia adversa potencial de un evento peligroso. El riesgo de un evento define la probabilidad combinada de un evento y la gravedad de consecuencias potenciales. Los riesgos no siempre pueden ser evitados, pero sí pueden ser minimizados.

El riesgo ambiental está asociado con eventos que dañan el aire, agua, tierra, flora y fauna, mientras que el riesgo de seguridad está asociado específicamente con eventos que atentan contra la salud y la vida humana.

Así el riesgo (R) de una comunidad o de un sistema, a sufrir un desastre se define como el resultado de calcular la acción potencial de una amenaza determinada (A), con las condiciones de Vulnerabilidad (V) de la comunidad o sistema. (Maciel Flores, 2001).

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Capacidad de Respuesta}$$

La manera de definir el riesgo es utilizando la ecuación que se define a continuación, para lo cual, aplicada al presente caso queda de la siguiente manera:

$$\text{RIESGO} = (\text{Probabilidad de que ocurra una inundación}) \times (\text{Daños al patrimonio, al medio ambiente, a la salud, etc.}) \times (\text{disponibilidad de servicios de auxilio})$$

Elementos bajo riesgo son la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada (Bretón González, 2001).

Riesgo total se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a un evento desastroso, es decir, el producto del riesgo específico y los elementos bajo riesgo. Lo que comúnmente es la población, pero puede ser el agua, flora, fauna, el paisaje, etcétera.

La diferencia fundamental entre la amenaza y el riesgo está en que la amenaza se relaciona con la probabilidad de que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras que el riesgo está relacionado con la probabilidad que se

manifiesten ciertas consecuencias. Las cuales están íntimamente conectadas no sólo con el grado de exposición de los elementos sometidos, sino con la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento (Maciel Flores, 2001).

3.3.1 Análisis de la vulnerabilidad

Organización nacional y regional

La identificación de la organización nacional y regional y las normas y procedimientos de organización: jerarquías, sistemas de información, comunicaciones y alarmas, apoyo gubernamental y regional a las empresas de suministro de agua potable y recursos disponibles que pudieran ser utilizados para el abastecimiento de agua potable en situaciones de emergencia y de desastre. Es usual que estas organizaciones cuenten con recursos de personal, equipos y materiales para suplir agua potable, incluidas plantas portátiles y equipos de construcción pesada que podrán disponerse para la reparación y rehabilitación.

3.3.2 Análisis de vulnerabilidad a inundaciones

La evaluación de las áreas susceptibles a inundación con sus características de probabilidad de ocurrencia y niveles esperados de agua es la base para estimar la vulnerabilidad y los daños posibles de los componentes en riesgo. Esta evaluación es simple de efectuar porque son conocidas las áreas que en el pasado han sufrido los efectos de las inundaciones, además que es usual que existan relaciones de intensidad-duración de la lluvia para probabilidades de ocurrencia de períodos de tiempo definidos que permiten pronosticar los niveles esperados.

Los mayores daños son causados a las estructuras expuestas a escorrentías de agua y ubicadas en áreas de inundación. En muchas ocasiones son más destructivos los períodos de desagüe de la inundación que los períodos anteriores a la misma, por las corrientes que se generan.

El pronóstico de niveles de agua en cauces es usual que sea determinado por un equipo de consultores especializados privados o por instituciones especializadas como los institutos hidrológicos, universidades y otros profesionales de la empresa. Los primeros aportarán los conocimientos y tecnologías específicas de análisis de riesgo hidrológico, y los segundos el conocimiento de las estructuras, su funcionamiento e importancia relativa como parte del sistema para priorizar las medidas de mitigación y establecer los procedimientos del plan de emergencia.

Los períodos de lluvias extraordinarias asociados a las épocas de lluvia anuales, las escorrentías e inundaciones que generan, y los riesgos de contaminación constituyen un escenario de altísimo riesgo para las estructuras de captación superficial y tuberías que discurren cercanas a los cauces de agua (CEPIS, 2002).

3.3.3 Normativa legal vigente

Se refiere la legislación general para la atención de emergencias y desastres del país y la específica referente a aspectos hidrológicos, tales como:

- a) Legislación y reglamentación referente a la atención de las diferentes fases de las emergencias y desastres del país y la específica referente a aspectos hidrológicos, tales como:
- b) Legislación aplicable respecto a la responsabilidad civil y penal en el manejo de emergencias y desastres a nivel de empresa y de funcionario, específicamente respecto a inundaciones si existiera.
- c) Los códigos y normas de hidrología que indiquen las características del riesgo probable. Referente a estos códigos debe investigarse si se encuentran actualizados; si estuvieran obsoletos deberá investigarse qué parámetros deberán utilizarse para el análisis y diseño de estructuras expuestas.

3.3.4 Identificación de las amenazas

Características de la amenaza de inundación

Las inundaciones son fenómenos naturales que tienen como origen la lluvia, el crecimiento anormal del nivel del mar, la fusión de la nieve en gran volumen o una combinación de estos fenómenos. La precipitación de lluvia que cae en una zona determinada es el resultado de una serie de factores que influyen sobre la lluvia, tales como:

- **La latitud:** de manera general se puede indicar que la precipitación disminuye con la latitud porque la disminución de la temperatura hace decrecer la humedad atmosférica.
- **Distancia a la fuente de humedad:** mientras más cercana se encuentre la zona a fuente de humedad como mar, lagos, etc., existirá mayor posibilidad de lluvias.
- **Presencia de montañas:** el ascenso orográfico favorece la precipitación. Así, en una cadena montañosa ocurren precipitaciones más pesadas o intensas en las laderas expuestas a los vientos, cayendo solo trazas de lluvia en la ladera no expuesta de la montañas.

Factores que afectan la escorrentía en una cuenca

Los factores más relevante son los siguientes:

1.- Factores climáticos

- a) Precipitación: forma (lluvia, granizo, nieve, etc.), intensidad, duración, distribución en el tiempo, distribución en el área, precipitaciones anteriores, humedad del suelo.
- b) Intercepción: tipo de vegetación, composición, edad y densidad de los estratos, estación del año y magnitud de la tormenta.
- c) Evaporación: temperatura, viento, presión atmosférica, naturaleza y forma de la superficie de evaporación.
- d) Transpiración: temperatura, radiación solar, viento, humedad y clase de vegetación.

2.- Factores fisiográficos.

- a) Características de la cuenca: geométricas, tamaño, forma, pendiente, orientación y dirección.
- b) Físicas, uso y cobertura de la tierra, condiciones de infiltración, tipo del suelo, condiciones geológicas como permeabilidad y capacidad de formaciones de aguas subterráneas, condiciones topográficas como presencia de lagos, pantanos y drenajes artificiales.

3.- Características del drenaje o canal de conducción de agua pluvial.

- a) Capacidad de transporte: tamaño, forma, pendiente, rugosidad, longitud y tributarios. Capacidad de almacenamiento: curvas de remanso.

Variación y patrones de precipitación.

Desde el punto de vista de la planificación para la atención de emergencias y desastres es importante la variación de las lluvias en el tiempo o determinación de los períodos de mayor incidencia de lluvias y por consiguiente de mayores riesgos.

Los patrones de lluvia, combinados con otros factores como características de los suelos, condiciones topográficas y geológicas, áreas de la cuenca, determinan la cantidad de lluvia que formará la escorrentía.

3.3.5 Evaluación de la amenaza y mapas de riesgos

La evaluación de la amenaza consiste en determinar las áreas de inundación y los cauces afectados con sus parámetros de caracterización: tiempo de duración del fenómeno, escorrentía y niveles máximos probables. Esta información se debe verter sobre mapas del área para elaborar el mapa de riesgos a inundaciones. Es usual que las instituciones de Defensa Civil tengan estos mapas de riesgos. La superposición de estos mapas con

los planos del sistema de abastecimiento de agua potable indicará las estructuras propensas a ser afectadas. En una primera aproximación para el cálculo de la escorrentía se puede utilizar la fórmula racional (CEPIS, 2002).

3.3.6 Sistema de información y alerta

Si bien los medios de comunicación usualmente mantienen bien informada a la población de la inminencia de períodos de lluvias fuertes y duraderas que pudieran causar inundaciones, es necesario que las empresas de agua (Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado) obtengan información de primera mano con los detalles del pronóstico de los eventos, para activar el plan de emergencia propio con suficiente anticipación, lo que facilitará la movilización, el análisis de daños y la atención rápida, oportuna y eficaz. La evaluación de estos sistemas es básica para verificar que la información sea oportuna y veraz.

3.3.7 Área de impacto

La información anterior descrita se debe verter sobre un mapa de la región, constituyéndose en el mapa de riesgos. La superposición de los planos del sistema de agua potable a la misma escala del mapa de riesgo de impacto de las inundaciones indicará las estructuras o componentes de los sistemas de mayor riesgo, los que deberán ser motivo de análisis prioritario.

3.3.8 Componentes o elementos expuestos

Las estructuras o componentes del sistema expuestos son presas de derivación, galerías, manantiales, pozos, etc. y sus estructuras, aducciones, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, redes principales de conducción o matrices y redes de distribución. Se hace una descripción y anotación de las que presenten un mayor riesgo en función de su ubicación respecto a áreas de mayor riesgo e impacto.

3.3.9 Características del impacto

Debido a que las inundaciones se producen por las altas precipitaciones, los efectos sobre los sistemas de agua potable son similares a las causadas por los huracanes que conllevan también fuertes precipitaciones. Los efectos de mayor impacto están asociados a:

- Fuertes escorrentías de agua como consecuencia de las lluvias o deshielo que destruyen las captaciones superficiales.

- Represas y roturas que crean escorrentías.
- Contaminación de ríos, quebradas y pozos como consecuencia de las inundaciones.
- Destrucción de estructuras como desarenadores y tuberías que se encuentran en las riberas de los cursos de agua, y de puentes.
- Contaminación de los sistemas de almacenamiento particulares y empresariales que se encuentran en áreas inundables.
- Destrozo de caminos de acceso a las estructuras del sistema (CEPIS, 2002).

3.3.10 Riesgo de Electrocuación

Una de las consecuencias de una inundación es el riesgo de electrocuación, ya sea por caída de cables de conducción eléctrica durante una tormenta, o en el hogar cuando el nivel de agua sube hasta 15 cm o más y alcanza los contactos de corriente eléctrica.

El riesgo de electrocuación para las personas se puede definir como la "posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano". Así, se pueden considerar los siguientes aspectos:

- a) Para que exista posibilidad de circulación de corriente eléctrica es necesario:
- Que exista un circuito eléctrico formado por elementos conductores
 - Que el circuito esté cerrado o pueda cerrarse
 - Que en el circuito exista una diferencia de potencial mayor que cero
- b) Para que exista posibilidad de circulación de corriente por el cuerpo humano es necesario:
- Que el cuerpo humano sea conductor. El cuerpo humano, si no está aislado, es conductor debido a los líquidos que contiene (sangre, linfa, etc.)
 - Que el cuerpo humano forme parte del circuito
 - Que exista entre los puntos de "entrada" y "salida" del cuerpo humano una diferencia de potencial mayor que cero
- Cuando estos requisitos se cumplan, se podrá afirmar que existe o puede existir riesgo de electrocuación (Universidad Politécnica de Valencia, septiembre 2004).

Tipos de accidentes eléctricos

Los accidentes eléctricos se clasifican en:

1. **Directos:** Provocados por la corriente derivada de su trayectoria normal al circular por el cuerpo, es decir, es el choque eléctrico y sus consecuencias inmediatas. Puede producir las siguientes alteraciones funcionales:

- Fibrilación ventricular- paro cardíaco.
- Asfixia- paro respiratorio.
- Tetanización muscular.

2. **Indirectos:** No son provocados por la propia corriente, sino que son debidos a:

- Afectados por golpes contra objetos, caídas, etc., ocasionados tras el contacto con la corriente, que si bien por él mismo a veces no pasa de ocasionar un susto o una sensación desagradable, sin embargo sí puede producir una pérdida de equilibrio con la consiguiente caída al mismo nivel o a distinto nivel y el peligro de lesiones, fracturas o golpes con objetos móviles o inmóviles que pueden incluso llegar a producir la muerte.
- Quemaduras de la víctima debidas al arco eléctrico. La gravedad de loas mismas puede abarcar la gama del primer al tercer grado y viene condicionada por los dos factores siguientes:
 - a) La superficie corporal afectada
 - b) La profundidad de las lesiones

Factores que intervienen en el riesgo de electrocución

Los efectos del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano vendrán determinados por los siguientes factores:

- Valor de la intensidad que circula por el circuito de defecto: los valores de intensidad no son constantes puesto que dependen de cada persona y del tipo de corriente, por ello se definen como valores estadísticos de forma que sean válidos para un determinado porcentaje de la población normal.
- Resistencia eléctrica del cuerpo humano: además de la resistencia de contacto de la piel (entre 100 y 500 W), debemos tener en cuenta la resistencia que presentan los tejidos al paso de la corriente eléctrica, con lo que el valor medio de referencia está alrededor de los 1000 W; pero no hay que olvidar que la resistencia del cuerpo depende en gran medida del grado de humedad de la piel.
- Resistencia del circuito de defecto: es variable, dependiendo de las circunstancias de cada uno de los casos de defecto, pudiendo llegar a ser nula en caso de contacto directo.
- Voltaje o tensión: la resistencia del cuerpo humano varía según la tensión aplicada y según se encuentre en un local seco o mojado. Así el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión fija unos valores de tensión de seguridad (tanto para corriente alterna como para continua) de 24 V para locales mojados y de 50 V para locales secos a la frecuencia de 50 Hz.
- Tipo de corriente (alterna o continua): la corriente continua actúa por calentamiento, aunque puede ocasionar un efecto electrolítico en el organismo

que puede generar riesgo de embolia o muerte por electrólisis de la sangre; en cuanto a la corriente alterna, la superposición de la frecuencia al ritmo nervioso y circulatorio produce una alteración que se traduce en espasmos, sacudidas y ritmo desordenado del corazón (fibrilación ventricular).

- Frecuencia: las altas frecuencias son menos peligrosas que las bajas, llegando a ser prácticamente inofensivas para valores superiores a 100000 Hz (produciendo sólo efectos de calentamiento sin ninguna influencia nerviosa), mientras que para 10000 Hz la peligrosidad es similar a la corriente continua.
- Tiempo de contacto: este factor condiciona la gravedad de las consecuencias del paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano junto con el valor de la intensidad y el recorrido de la misma a través del individuo. Es tal la importancia del tiempo de contacto que no se puede hablar del factor intensidad sin referenciar el tiempo de contacto.

Curvas de seguridad:

- a) Zona 1: zona de seguridad. Independiente del tiempo de contacto.
 - b) Zona 2: habitualmente no se detecta ningún efecto fisiopatológico en esta zona.
 - c) Zonas 3 y 4: en ellas existe riesgo para el individuo, por tanto no son zonas de seguridad. Pueden darse efectos fisiopatológicos con mayor o menor probabilidad en función de las variables intensidad y tiempo.
- Recorrido de la corriente a través del cuerpo: los efectos de la electricidad son menos graves cuando la corriente no pasa a través de los centros nerviosos y órganos vitales ni cerca de ellos (bulbo, cerebelo, caja torácica y corazón). En la mayoría de los accidentes eléctricos la corriente circula desde las manos a los pies. Debido a que en este camino se encuentran los pulmones y el corazón, los resultados de dichos accidentes son normalmente graves. Los dobles contactos mano derecha- pie izquierdo (o inversamente), mano- mano, mano- cabeza son particularmente peligrosos. Si el trayecto de la corriente se sitúa entre dos puntos de un mismo miembro, las consecuencias del accidente eléctrico serán menores.

Efectos físicos del choque eléctrico

Efectos físicos inmediatos

Según el tiempo de exposición y la dirección de paso de la corriente eléctrica para una misma intensidad pueden producirse lesiones graves, tales como: asfixia, fibrilación ventricular, quemaduras, lesiones secundarias a consecuencia del choque eléctrico, tales como caídas de altura, golpes, etc., cuya aparición tiene lugar dependiendo de los valores $t \cdot I_c$.

Cuadro 2 Efectos sobre el organismo de la intensidad eléctrica

| INTENSIDAD (mA) | | | | EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO |
|-----------------|-------|-------------|-------|---|
| c.c. | | c.a. (50Hz) | | |
| HOMBRE | MUJER | HOMBRE | MUJER | |
| 1 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | Ninguna sensación |
| 5.2 | 3.5 | 1.1 | 0.7 | Umbral de percepción |
| 76 | 51 | 16 | 10.5 | Umbral de intensidad límite |
| 90 | 60 | 23 | 15 | Choque doloroso y grave (contracción muscular y dificultad respiratoria) |
| 200 | 170 | 50 | 35 | Principio de fibrilación ventricular |
| 1300 | 1300 | 1000 | 1000 | Fibrilación ventricular posible en choques cortos: Corta duración (hasta 0.03 segundos) |
| 500 | 500 | 100 | 100 | Fibrilación ventricular posible en choques cortos: Duración 3 segundos |

Paro cardíaco: Se produce cuando la corriente pasa por el corazón y su efecto en el organismo se traduce en un paro circulatorio por parada cardíaca.

1. **Asfixia:** Se produce cuando la corriente eléctrica atraviesa el tórax. el choque eléctrico tetaniza el diafragma torácico y como consecuencia de ello los pulmones no tienen capacidad para aceptar aire ni para expulsarlo. Este efecto se produce a partir de 25-30 mA.

2. **Quemaduras:** Internas o externas por el paso de la intensidad de corriente a través del cuerpo por Efecto Joule o por la proximidad al arco eléctrico. Se producen zonas de necrosis (tejidos muertos), y las quemaduras pueden llegar a alcanzar órganos vecinos profundos, músculos, nervios e incluso a los huesos. La considerable energía disipada por efecto Joule, puede provocar la coagulación irreversible de las células de los músculos estriados e incluso la carbonización de las mismas.

3. **Tetanización o contracción muscular.** Consiste en la anulación de la capacidad de reacción muscular que impide la separación voluntaria del punto de contacto (los músculos de las manos y los brazos se contraen sin poder relajarse). Normalmente este efecto se produce cuando se superan los 10 mA.

4. **Fibrilación ventricular:** Se produce cuando la corriente pasa por el corazón y su efecto en el organismo se traduce en un paro circulatorio por rotura del ritmo cardíaco. El corazón, al funcionar incoordinadamente, no puede bombear sangre a los diferentes tejidos del cuerpo humano. Ello es particularmente grave en los tejidos del cerebro donde es imprescindible una oxigenación continua de los mismos por la sangre. Si el corazón fibrila el cerebro no puede mandar las acciones directoras sobre órganos vitales del cuerpo, produciéndose unas lesiones que pueden llegar a ser irreversibles, dependiendo del tiempo que esté el corazón fibrilando. Si se logra la

recuperación del individuo lesionado, no suelen quedar secuelas permanentes. Para lograr dicha recuperación, hay que conseguir la reanimación cardíaca y respiratoria del afectado en los primeros minutos posteriores al accidente. Se presenta con intensidades del orden de 100 mA y es reversible si el tiempo de contacto es inferior a 0.1 segundo. La fibrilación se produce cuando el choque eléctrico tiene una duración superior a 0.15 segundos, el 20% de la duración total del ciclo cardíaco medio del hombre, que es de 0.75 segundos.

5. **Lesiones permanentes:** Producidas por destrucción de la parte afectada del sistema nervioso (parálisis, contracturas permanentes, etc.)

Se fija el tiempo máximo de funcionamiento de los dispositivos de corte automático en función de la tensión de contacto esperada:

Cuadro 3 Tiempo para que ocurra fibrilación ventricular

| Tiempo máximo de corte (s) | Intensidad de contacto (mA) |
|----------------------------|-----------------------------|
| >5 | 25 |
| 1 | 43 |
| 0.5 | 56 |
| 0.2 | 77 |
| 0.1 | 120 |
| 0.05 | 210 |
| 0.03 | 300 |

- Por encima de estos valores se presenta fibrilación ventricular y por debajo no se presentan efectos peligrosos (Universidad Politécnica de Valencia, septiembre 2004).

Efectos físicos no inmediatos

Se manifiestan pasado un cierto tiempo después del accidente. Los más habituales son:

1. **Manifestaciones renales:** Los riñones pueden quedar bloqueados como consecuencia de las quemaduras debido a que se ven obligados a eliminar la gran cantidad de mioglobina y hemoglobina que les invade después de abandonar los músculos afectados, así como las sustancias tóxicas que resultan de la descomposición de los tejidos destruidos por las quemaduras.

2. **Trastornos cardiovasculares:** La descarga eléctrica es susceptible de provocar pérdida del ritmo cardíaco y de la conducción aurículo- ventricular

e intraventricular, manifestaciones de insuficiencias coronarias agudas que pueden llegar hasta el infarto de miocardio, además de trastornos únicamente subjetivos como taquicardias, sensaciones vertiginosas, cefaleas rebeldes, etc.

3. Trastornos nerviosos: La víctima de un choque eléctrico sufre frecuentemente trastornos nerviosos relacionados con pequeñas hemorragias fruto de la desintegración de la sustancia nerviosa ya sea central o medular. Normalmente el choque eléctrico no hace más que poner de manifiesto un estado patológico anterior. Por otra parte, es muy frecuente también la aparición de neurosis de tipo funcional más o menos graves, pudiendo ser transitorias o permanentes.

4. Trastornos sensoriales, oculares y auditivos: Los trastornos oculares observados a continuación de la descarga eléctrica son debidos a los efectos luminosos y caloríficos del arco eléctrico producido. En la mayoría de los casos se traducen en manifestaciones inflamatorias del fondo y segmento anterior del ojo. Los trastornos auditivos comprobados pueden llegar hasta la sordera total y se deben generalmente a un traumatismo craneal, a una quemadura grave de alguna parte del cráneo o a trastornos nerviosos (Universidad Politécnica de Valencia, septiembre 2004).

Primeros auxilios en caso de accidente eléctrico

En primer lugar habrá de procederse a eliminar el contacto, para lo cual deberá cortarse la corriente si es posible. En caso de que ello no sea posible se tenderá a desprender a la persona accidentada, para lo cual deberá actuarse con las debidas precauciones (utilizando guantes, aislarse de la tierra, empleo de pértigas de salvamento, etc.) ya que la persona electrocutada es un conductor eléctrico mientras está pasando por ella la corriente eléctrica.

Accidentes por baja tensión

- Cortar la corriente eléctrica, si es posible
- Evitar separar a la persona accidentada directamente y especialmente si está húmeda
- Si la persona accidentada está pegada al conductor, cortar éste con herramienta de mango aislante

Accidentes por alta tensión

- Cortar la subestación correspondiente
- Prevenir la posible caída si está en alto

- Separar la víctima con auxilio de pértiga aislante y estando provisto de guantes y calzado aislante y actuando sobre banqueta aislante
- Librada la víctima, deberá intentarse su reanimación inmediatamente, practicándole la respiración artificial y el masaje cardíaco. Si está ardiendo, utilizar mantas o hacerle rodar lentamente por el suelo (Universidad Politécnica de Valencia, septiembre 2004).

3.4. Historial de Precipitación Pluvial en Guadalajara

Las lluvias más intensas se presentan durante los meses de junio a septiembre. Estos resultados están relacionados con la alta frecuencia de tormentas convectivas, ondas tropicales y formación de huracanes en el Pacífico.

En la ZMG el temporal de lluvias comprende los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. La temporada de lluvias para el año 2001 el mes de septiembre tuvo una cantidad total de precipitación de 864.0 mm, ligeramente debajo del promedio histórico de 908.3 mm (Figura 6). Las cantidades totales de lluvia han sido de 208.9 mm en Junio, 307.4 mm en Julio, 143.9 mm en Agosto y 203.8 mm en Septiembre. De acuerdo con el comportamiento del temporal en la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) en los primeros cuatro meses de los últimos 11 años, se observa que el 2001 tuvo, una marcha normal y con una bien definida “canícula” o período con déficit de precipitaciones en el mes de Agosto (IAM, U de G, 2001).

Cuadro 4 Comportamiento de la Precipitación Total Anual en la ZMG

| Año | P. Pluvial (mm) | Promedio |
|------|-----------------|----------|
| 1991 | 860 | 908.3 |
| 1992 | 700 | 908.3 |
| 1993 | 970 | 908.3 |
| 1994 | 950 | 908.3 |
| 1995 | 730 | 908.3 |
| 1996 | 680 | 908.3 |
| 1997 | 1000 | 908.3 |
| 1998 | 1200 | 908.3 |
| 1999 | 1000 | 908.3 |
| 2000 | 740 | 908.3 |
| 2001 | 860 | 908.3 |

*Fuente: IAM Universidad de Guadalajara, 2001.

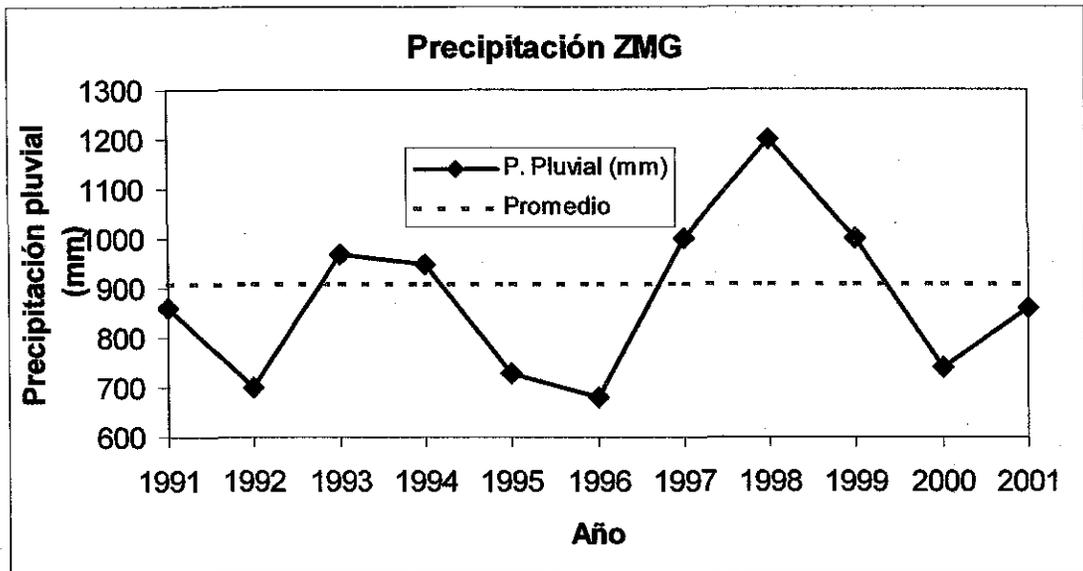


Figura 2 Comportamiento anual de la Precipitación Pluvial Total en la ZMG (IAM, U de G, 2001)

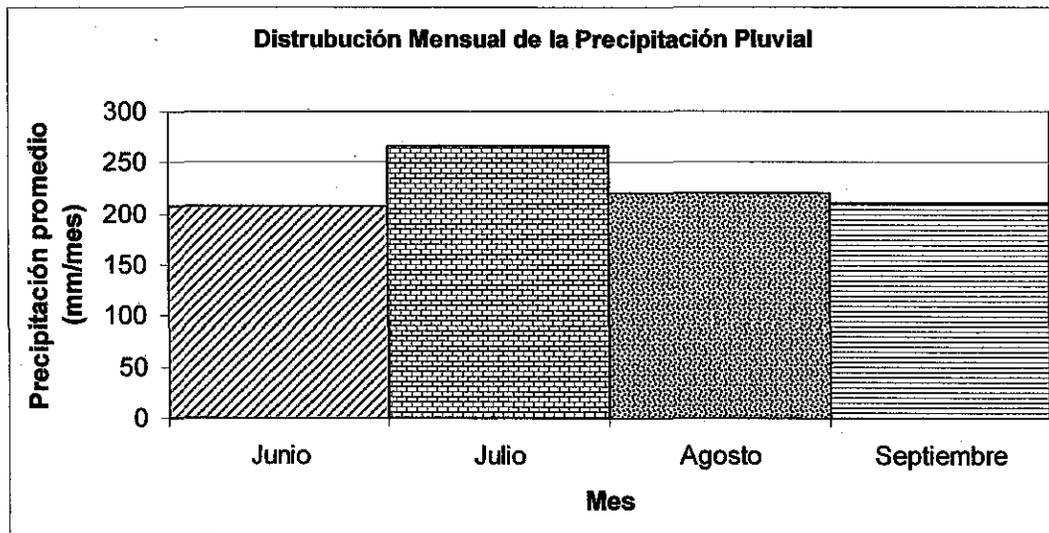


Figura 3 Distribución Promedio Mensual de la Precipitación Pluvial en la ZMG (IAM, U de G, 2001)

3.5. Amenaza de Inundaciones en la Zona Metropolitana de Guadalajara

De acuerdo con el mapa de riesgos realizado por la U. de G., las precipitaciones intensas que se presentan en un período muy corto que están asociadas a las tormentas locales originan la invasión de aguas a sitios bajos de la ZMG provocando inundaciones. Estas no son producidas exclusivamente por el fenómeno meteorológico, sino también por otros factores como las edificaciones, la situación del terreno, la naturaleza de la superficie y la cantidad de agua antecedente en el suelo (fotografías aéreas vuelo 1962, Anexo fotográfico aéreo).

En la ZMG durante verano y principios de otoño, se presentan las precipitaciones en forma de aguaceros, originadas por convección, por lo que son tormentas intensas, concentradas y de corta duración, que aunadas al incremento de la urbanización, a la progresiva impermeabilización del suelo y a la falta de trabajos de infraestructura en el sistema de drenajes, originan inundaciones repentinas consideradas como las más graves al causar pérdidas de vidas y bienes materiales (U. de G., 1994).

Las áreas de la ZMG en donde se presentan inundaciones regularmente durante la temporada de lluvias son las siguientes:

Cuadro 5 Superficie con Amenaza de Inundación de la ZMG

| SECTOR | SUPERFICIE km ² | PORCENTAJE DEL TOTAL |
|---------------|-------------------------------|-------------------------|
| Zapopan Sur | 9.92 | 26.10 |
| Tlaquepaque | 7.54 | 19.89 |
| Juárez | 7.44 | 19.63 |
| Hidalgo | 4.87 | 12.84 |
| Libertad | 4.41 | 11.63 |
| Reforma | 2.38 | 6.27 |
| Zapopan Norte | 0.79 | 2.08 |
| Tonalá | 0.50 | 1.31 |
| TOTAL | 37.85 km² | 100.00 % |

Fuente: Atlas de Riesgos de la ZMG, U. de G. 1994.

En la ZMG durante el período de 1980 a 1992 se han registrado 45 inundaciones de importancia por el nivel de consecuencias alcanzadas.

De acuerdo con el Atlas de riesgos (U. de G., 1994) se consideran como zonas propensas de inundación las siguientes:

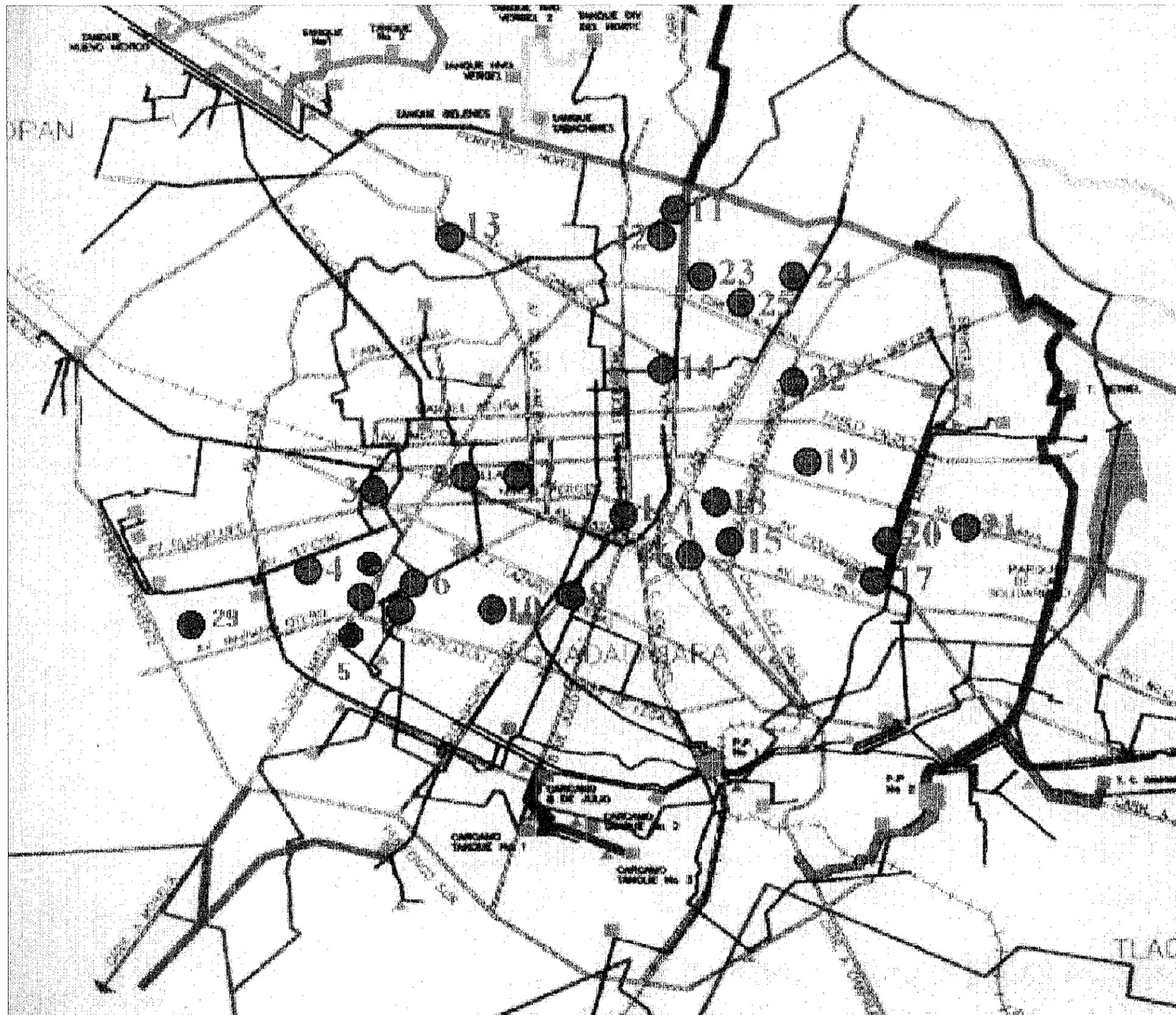
- Partes bajas de las cuencas
- Asentamientos construidos dentro de cauces de arroyos
- Zonas de depresión natural y pendientes suaves
- Áreas de acuíferos someros
- Infraestructura de drenaje pluvial ineficiente o dañada
- Obras civiles que funcionan como diques a las corrientes naturales
- Áreas donde se ha modificado la topografía natural del terreno.

Por otra parte, en la ZMG (la cual comprende cuatro municipios Guadalajara, Zapopan, Tonalá y Tlaquepaque), el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) ha identificado las zonas donde se presentan inundaciones con frecuencia. Estas zonas son presentadas en la Figura 4 y en el Cuadro 6.

Cuadro 6 Ubicación de Zonas de Inundación

| CALLES | MUNICIPIO |
|--|------------------|
| 1. Av. Washington y Calz. Federalismo | Guadalajara |
| 2. Av. Niños Héroes y Av. Inglaterra | Guadalajara |
| 3. Av. Guadalupe y Av. Niño Obrero | Zapopan |
| 4. Av. Tepeyac y Av. Labná | Zapopan |
| 5. Av. López Mateos y Av. Conchitas | Zapopan |
| 6. Av. Mariano Otero y Av. Las Rosas | Guadalajara |
| 7. Av. López Mateos y Popocatépetl | Zapopan |
| 8. Av. Colón y Av. Isla Pantenaria | Guadalajara |
| 9. Av. Niños Héroes y Arcos | Guadalajara |
| 10. Zona Industrial | Guadalajara |
| 11. Av. Alcalde y Av. Periférico Norte | Zapopan |
| 12. Natividad Macías y Venustiano Carranza | Zapopan |
| 13. Gral. Amado Aguirre y Enrique Recio | Zapopan |
| 14. Av. Patria y Eva Briceño | Zapopan |
| 15. Juan Álvarez y Pipila | Guadalajara |
| 16. Hospital y Esmeralda | Guadalajara |
| 17. Calz. Glez. Gallo y Salvador López | Guadalajara |
| 18. H. Ferrocarrileros y Washington | Guadalajara |
| 19. Av. Revolución y San Jacinto | Guadalajara |
| 20. Tuberosa y Las Conchas | Guadalajara |
| 21. Javier Mina y Manuel M. Ponce | Guadalajara |
| 22. Av. Del Parque y Europa | Guadalajara |
| 23. Colonia Insurgentes | Guadalajara |
| 24. Canal San Ramón | Guadalajara |
| 25. Av. Circunvalación y Félix Palaviccini | Guadalajara |
| 26. Igualdad y Calzada Independencia | Guadalajara |
| 27. Av. Normalistas y Av. Circunvalación | Guadalajara |
| 28. Av. Patria y Évora | Guadalajara |
| 29. Mariano Otero y Felipe Zetter | Zapopan |

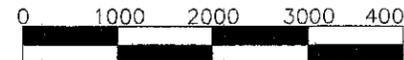
Fuente: SIAPA, Gerencia de Alcantarillado, Diciembre de 2001



ORIENTACION NORTE



ESCALA



SIMBOLOGIA

-  Avenidas Principales
-  Zonas de Inundación
-  Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) (Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonala)

FUENTE: SIAPA. GERENCIA DE ALCANTARILLADO DICIEMBRE, 2001



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
 MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

| | |
|--|--------------------------------------|
| ESTUDIO | |
| RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES EN LA ZONA DE PLAZA DEL SOL | |
| ZONA DE ESTUDIO | |
| PLAZA DEL SOL (SUBCUENCA DE ATEMAJAC) | |
| DESCRIPCION DEL PLANO | |
| FIGURA 4. ZONAS PROPENSAS A INUNDACIÓN ZMG | |
| ELABORÓ | BIOL. CLAUDIA PATRICIA FÉLIX BELTRÁN |
| REVISÓ | DRA. MARTHA G. OROZCO MEDINA |
| Vo. Bo. | DRA. GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ |
| APROBÓ | DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS |
| REVISÓ | DR. ALBERTO A. JIMÉNEZ CORDERO |
| IMPRESIÓN | GRUPO HIDROSANITEC |
| ESCALA | INDICADA |
| FECHA | JUNIO 2005 |

Según la experiencia de la Unidad de Protección Civil del Estado, una inundación se considera dañina cuando la acumulación de agua rebasa los 15 cm de altura.

Si bien la amenaza de inundación depende de un fenómeno hidrometeorológico incontrolable por el hombre, si la relacionamos con lluvias de alta intensidad, existen circunstancias inducidas por los criterios de uso del suelo, que crean las condiciones propicias para que se dé este tipo de daño.

Por ejemplo, la ineficiencia de la infraestructura existente para la conducción de aguas. Generalmente su capacidad es rebasada en pocos años debido al crecimiento de la población y a la ampliación de las redes de drenaje con nuevos ramales pero sin aumentar la capacidad de gasto de los conductos principales (U. de G., 1994).

La construcción de obras de infraestructura que modifican la hidrografía natural del terreno funcionando como barreras a las corrientes naturales. Así mismo, el azolve del sistema de drenaje ocasionado por el arrastre de hojarasca, lodos, o el depósito clandestino de basura en cauces abiertos.

Existen también otros factores que provocan la aparición y recurrencia de riesgos ambientales en la ZMG, como lo son: la población; que cada día existen nuevas colonias en los diferentes municipios de la ZMG; la migración de municipios más lejanos hacia la zona conurbada; los asentamientos irregulares, los cuales carecen de infraestructura hidráulica necesaria así como también, de otros servicios básicos para la salud ambiental; y la sobrepoblación en algunas partes de la ZMG que trae consigo problemas no sólo ambientales sino también sociales (López Rivas, 2001).

También los riesgos socio-organizativos constituyen una preocupación de las sociedades actuales. Jalisco al igual que otros estados, padece de problemas de este tipo. Existe actualmente, una preocupación por parte de organismos gubernamentales como: Seguridad Pública, Protección Civil, Vialidad y del Gobierno del Estado, hacia éste tipo de riesgos.

La explosión demográfica y la migración incrementan el riesgo socio-organizativo. Se debe de contrarrestar implementando medidas de seguridad y redoblando esfuerzos, dentro de los programas de cada dependencia gubernamental, y ampliar dichos programas en beneficio de la población (López Rivas, 2001).

3.5.1 Riesgo de inundación en la zona de estudio

De acuerdo con la información proporcionada por las autoridades de SIAPA, se puede observar que están detectados los puntos de inundación dentro de la zona de estudio (Figura 4 y Cuadro 6). Los cuales pertenecen a:

- Cruce de las avenidas López Mateos y Mariano Otero
- Av. López Mateos y Conchitas
- Av. Mariano Otero y Felipe Zetter
- Av. López Mateos y Popocatepetl
- Av. López Mateos y Av. De las Rosas
- Av. Guadalupe y Av. Niño Obrero
- Av. Tepeyac y Av. Labná

3.6. Alcantarillado. Clasificación y Características

Dentro de la ZMG existe el riesgo de inundaciones pluviales, debido a que se cubrieron de asfalto los cauces naturales de ríos y arroyos para convertirlos en vías de comunicación y/o sistemas de colección de aguas sanitarias y pluviales. Las inundaciones se presentaran siempre que el volumen de escurrimiento pluviales rebase la capacidad de conducción del sistema de alcantarillado, por lo tanto, es importante estimar cuanta agua de lluvia escurre y cuanta cae por hora para estimar la capacidad del sistema de alcantarillado.

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. De no existir estas redes de recolección de aguas, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales (López Cualla, 1999).

Las aguas residuales pueden tener varios orígenes:

- a) **Aguas residuales domésticas:** son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Esta agua está compuesta por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.
- b) **Aguas residuales industriales:** se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además

de los componentes citados anteriormente respecto a las aguas domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

- c) **Aguas pluviales:** provienen de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos (López Cualla, 1999).

Los sistemas de alcantarillado se clasifican según el tipo de agua que conduzcan.

- a) **Alcantarillado sanitario:** es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales.
- b) **Alcantarillado pluvial:** es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia.
- c) **Alcantarillado combinado:** es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas pluviales (Peavy et al., 1985).

El tipo de alcantarillado que se debe de utilizar depende de la cantidad de población servida, precipitación pluvial, topografía y condiciones económicas del proyecto.

En México, el tipo de alcantarillado que poseen más del 90% de las ciudades es un alcantarillado combinado. Entre dichas ciudades se encuentra la Zona Metropolitana de Guadalajara, la cual comprende los municipios de Zapopan, Guadalajara, Tonalá y Tlaquepaque. Éste tipo de alcantarillado, conduce simultáneamente las aguas residuales domésticas e industriales y las aguas pluviales.

Si embargo, el unir las aguas residuales con las aguas de lluvias, es decir un alcantarillado combinado, es una solución económica inicial desde el punto de vista de la recolección, pero no lo será tanto cuando se piense en la solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento. Se debe procurar, entonces, hasta donde sea posible, una solución separada al problema de la conducción de aguas residuales y aguas de lluvia (López Cualla, 1999).

Los flujos y las concentraciones en los sistemas combinados varían ampliamente. Las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y de coliformes fecales (bacterias) disminuyen durante la tormenta cuando se dan flujos altos de escurrimiento pluvial. Después de la tormenta, cuando cesan los escurrimientos pluviales las concentraciones de estos contaminantes aumentan significativamente. Se puede decir que las concentraciones de DBO y coliformes fecales en el escurrimiento pluvial son significativamente menores que en las aguas residuales.

A diferencia de la DBO y los coliformes fecales, la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) aumenta ligeramente durante la tormenta y permanece sin cambio después de la tormenta, lo que indica que son similares las concentraciones de SST en el escurrimiento pluvial y en las aguas residuales.

El ligero incremento de los SST durante el flujo pico se debe a un fenómeno conocido como la primera avenida pluvial ("first flush"). Este fenómeno ocurre en la fase inicial de los eventos pluviales en el que muchos de los contaminantes acumulados en las superficies de las calles son arrastrados hacia el sistema de colección. En el sistema de colectores el elevado caudal es capaz de resuspender el material depositado previamente en los períodos de bajo flujo.

El efecto combinado de la resuspensión del material sedimentado y del arrastre de materiales en la superficie produce una alta concentración de contaminantes. Los factores que más contribuyen en la primera avenida de agua pluvial incluyen la pendiente de los colectores; la frecuencia de limpieza de las calles; la intensidad y duración de la lluvia, y la acumulación de residuos y contaminantes en la superficie.

El agua residual en los sistemas de alcantarillado combinado usualmente contiene más materia inorgánica que el agua de colectores sanitarios debido a la mayor cantidad de agua pluvial que entra al sistema de colectores. Las características de las aguas residuales de sistemas combinados, agua de lluvia, y agua residual doméstica se presentan en la tabla (Cuadro 7).

Cuadro 7 Comparación de características de Aguas residuales de sistemas combinados con otras fuentes (Metcalf & Eddy, 2003).

| Parámetro | Unidades | Concentraciones de los Parámetros | | |
|--------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | Drenaje Pluvial | Drenaje combinado | Drenaje sanitario |
| SST | mg/l | 67-101 | 270-550 | 120-370 |
| DBO | mg/l | 8-10 | 60-220 | 120-380 |
| DQO | mg/l | 40-73 | 260-480 | 260-900 |
| Coliformes fecales | NMP/100ml | 10^3 - 10^4 | 10^5 - 10^6 | 10^5 - 10^7 |

Los sistemas combinados llevan una mezcla de aguas residuales y de material arrastrado. Cuando se excede la capacidad de las plantas de tratamiento ocurren avenidas o sobreflujos descargados directamente a los cuerpos de agua receptores.

Grandes sobreflujos pueden impactar la calidad del agua y evitar el cumplimiento de la normatividad. En EE.UU. el cierre de playas de recreación y granjas de acuacultivos se da a consecuencia de sobreflujos de colectores combinados, ya que una avenida grande de agua pluvial repentina puede cambiar la concentración de materia orgánica en la granja, y aumentar la cantidad de materia inorgánica (basura, aceites de carro, etc.) en las playas.

Las grandes avenidas de agua pluvial en sistemas combinados ocasionan un flujo pico que las PTAR no pueden absorber, si se construye una planta para soportar esto implicaría instalaciones ociosas la mayor parte del año ocasionando costos excesivos en la inversión de infraestructura, necesidad de grandes estructuras de almacenamiento, y complican la operación debido a los cambios en las características fisicoquímicas del agua a tratar. Por eso es que se utiliza un vertedor de demasías que limita el flujo que entra a la PTAR, pero que cae como agua cruda al cuerpo de agua receptor.

CAPÍTULO 4. OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar el riesgo causado por las inundaciones pluviales en la zona de Plaza del Sol, así como también sus efectos y valorar alternativas de atención.

Objetivos Particulares

- Determinar las causas que provocan la presencia de inundaciones en la zona de Plaza del Sol durante la época de lluvia.
- Determinar la probabilidad de ocurrencia de inundación.
- Analizar la Vulnerabilidad Técnica y Socio-organizativa.
- Proponer recomendaciones técnicas y organizativas para reducir la vulnerabilidad a las inundaciones.
- Valorar económicamente los efectos de las inundaciones en la población y sus bienes en la zona de Plaza del Sol.

CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA

En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo que se siguió al principio de el presente trabajo, en donde se observan los pasos iniciales a seguir para la realización de esta investigación. Además de que se incluye información de referencia como la calidad del aire, dentro de éste capítulo.

5.1. Delimitación de la Zona de Estudio

La zona de estudio denominada zona de Plaza del Sol, se encuentra dentro de la cuenca de Atemajac, en la subcuenca del mismo nombre. Geográficamente la región está contenida entre las latitudes 20°37'N y 20°41'N; y las longitudes 103°23'W y 103°28'W (Figura 6).

Con respecto a la traza urbana de la ZMG, la región está limitada por:

- Al Sur por las avenidas Galileo Galilei y Valle de Atemajac.
- Al Norte por las avenidas Vallarta y Lázaro Cárdenas.
- Al Poniente siguiendo el límite de la cuenca, aproximadamente paralela a la avenida Periférico Sur hasta la colonia Ciudad Granja;
- y por el Oriente, el límite de cuenca sigue aproximadamente a la avenida Obsidiana en la colonia Bosques de la Victoria, la cual llega hasta la avenida Mariano Otero.

Siendo los puntos de mayor elevación el cerro del Colli a 1950 msnm, y el cerro del Gachupín a 1750 msnm. Así mismo, la zona más baja dentro del área de estudio corresponde al cruce de las avenidas Lázaro Cárdenas y Mariano Otero con una elevación de 1585 msnm (INEGI, 2002) (Figura 6).

Con respecto a los servicios, cuenta con hospitales particulares: Santa María Chapalita, Jardines de Guadalupe y Hospital Arboledas. Se encuentra una unidad administrativa de parte del gobierno del municipio de Zapopan ubicada en la Avenida López Mateos Sur, en el monumento a las Águilas; en donde se hayan oficinas de cada dependencia de gobierno como son: SIAPA, Ayuntamiento de Zapopan, Tránsito y Vialidad, Registro Civil, Bomberos, Cruz Verde, Policía, Correos y Telégrafos, e IFE.

Contigua a esta Unidad Administrativa Sur Zapopan, se encuentra la clínica 171 del IMSS. Existe una central de CFE en la colonia Paseos del Sol. En servicios comerciales,

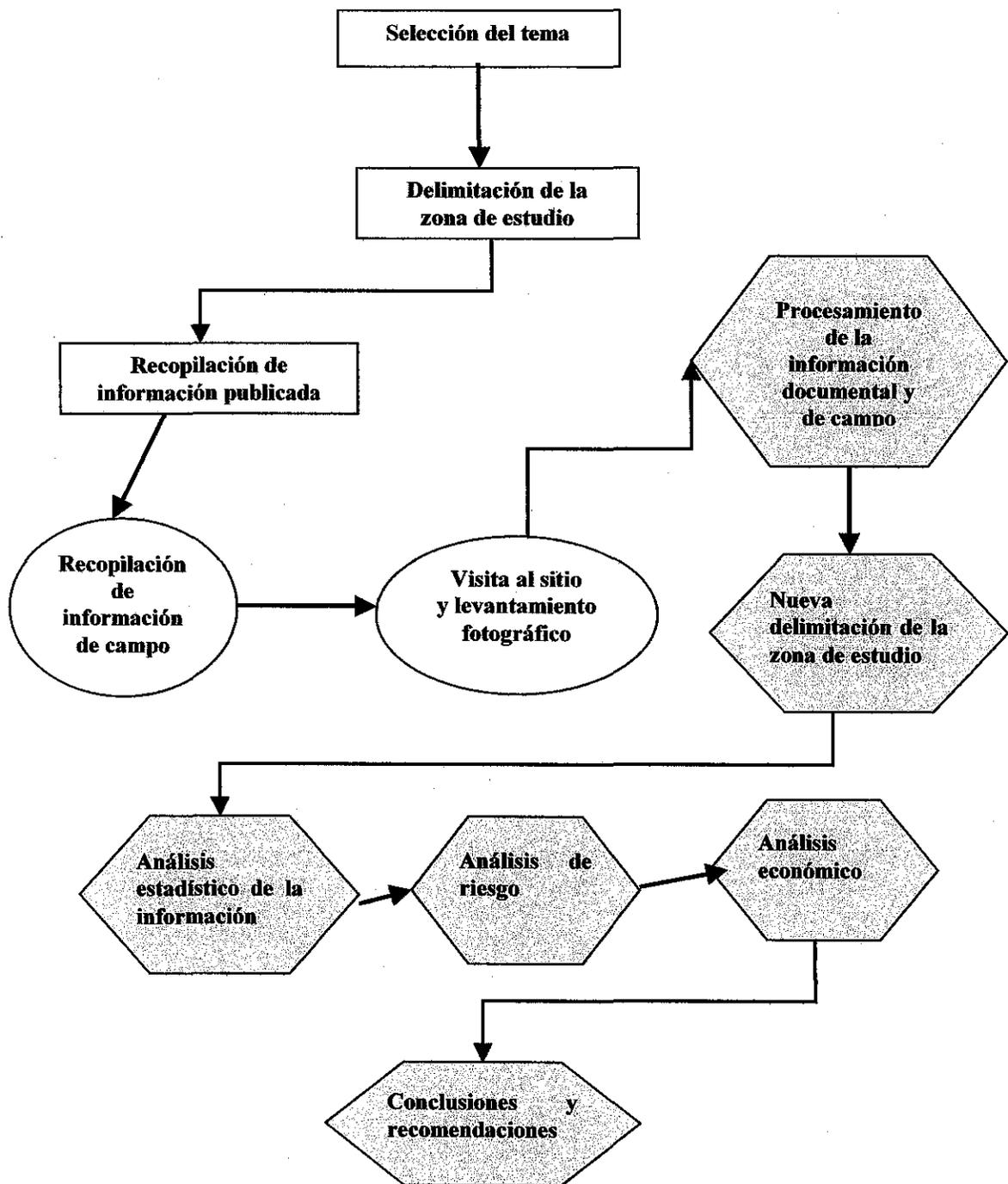


Figura 5 Diagrama de Flujo de Metodología

el más importante es Plaza del Sol ya que ofrece diversidad de productos, otros centros comerciales en la zona son Plaza de la Luna, Plaza del Ángel, Condo Plaza, Plaza Tepeyac y Plaza Cordilleras. También encontramos oficinas de Telefonía como son: Telmex y Axtel. La economía de la zona de estudio está catalogada en el rango de media y media alta. De igual forma se considera que su población está en el mismo nivel socio-económico antes mencionado. Las principales vías de comunicación son las avenidas López Mateos, Mariano Otero, Lázaro Cárdenas, Patria, Cordilleras, Periférico Sur, Vallarta, Guadalupe, Copérnico y Niño Obrero.

5.1.1 Información de calidad del aire en la zona de estudio

Desde el año de 1996 la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEMADES), monitorea la calidad del aire en la ZMG. En la zona de estudio se encuentra la estación de medición "Las Águilas", en el Cuadro 8 se presenta el resumen de información histórica en esta estación.

Cuadro 8 Información Histórica de Calidad del Aire. Estación Las Águilas.

| Año | IMECA promedio | No. días arriba de norma | No días arriba de 150 IMECAS | IMECA máximo |
|------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 1996 | 86 | 104 | 24 | 216 |
| 1997 | 80 | 86 | 11 | 193 |
| 1998 | 78 | 67 | 7 | 209 |
| 1999 | 54 | 2 | 0 | 103 |
| 2000 | 49 | 3 | 0 | 123 |
| 2001 | 53 | 6 | 0 | 127 |
| 2002 | 57 | 9 | 0 | 148 |
| 2003 | 60 | 19 | 0 | 145 |
| 2004 | 57 | 14 | 0 | 144 |

*Fuente: SEMADES, junio de 2005

Los parámetros que se analizan de calidad del aire en forma automática son los que se presentan en el

Cuadro 9, aquí se presenta la información de cada parámetro en el primer semestre del año 2002. La misma información se presenta en el Cuadro 10 para el año de 2005.

En promedio la calidad del aire es aceptable en la zona de estudio. Eventualmente se han presentado algunos días en que se excede la norma para el parámetro ozono. En el período de Enero a Junio del 2002 se presentaron 6 días por arriba de la norma para ozono. El resto de los parámetros no presenta algún problema durante este período.

Cuadro 9 Parámetros de Calidad del Aire. Estación Las Águilas. Enero-Junio 2002.

| Parámetro | Ozono (O ₃) | Bióxido de nitrógeno (NO ₂) | Monóxido de carbono (CO) | Dióxido de azufre (SO ₂) | Partículas respirables (PM ₁₀) |
|----------------------------------|----------------------------|---|--------------------------------|--|--|
| Unidades de concentración | ppm | ppm | Ppm | ppm | µg/m ³ |
| IMECA Promedio | 52 | 33 | 23 | 9 | 42 |
| Concentración promedio | 0.057 | 0.069 | 3.04 | 0.012 | 42.2 |
| IMECA Máximo | 148 | 76 | 73 | 20 | 67 |
| Concentración máxima | 0.169 | 0.16 | 9.49 | 0.026 | 84 |
| No. días arriba de norma | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| No. días arriba de 150 IMECAS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| No. días arriba de 250 IMECAS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Fuente: SEMADES, 2002

Cuadro 10 Parámetros de Calidad del Aire. Estación Las Águilas. Enero-Junio 2005.

| Parámetro | Ozono (O ₃) | Bióxido de nitrógeno (NO ₂) | Monóxido de carbono (CO) | Dióxido de azufre (SO ₂) | Partículas respirables (PM ₁₀) |
|----------------------------------|----------------------------|---|--------------------------------|--|--|
| Unidades de concentración | ppm | ppm | Ppm | ppm | µg/m ³ |
| IMECA Promedio | 59.91 | 33.46 | 24.87 | 9.35 | 53.85 |
| IMECA Máximo | 197 | 113 | 54 | 18 | 112 |
| No. días arriba de norma | 9 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| No. días arriba de 150 IMECAS | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| No. días arriba de 250 IMECAS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*Fuente: SEMADES, junio de 2005

Cuadro 11 Calidad del Aire. Estación Las Águilas Abril de 2005

| | O ₃ | NO ₂ | CO | SO ₂ | PM ₁₀ |
|-----------|----------------|-----------------|--------|-----------------|------------------|
| FECHA | IMECAS | IMECAS | IMECAS | IMECAS | IMECAS |
| 01-Abr-05 | 105 | 53 | 31 | 10 | 48 |
| 2-Abr-05 | 65 | 35 | 23 | 11 | 62 |
| 3-Abr-05 | 67 | 41 | 22 | 9 | 62 |
| 4-Abr-05 | 47 | 21 | 23 | 8 | 50 |
| 5-Abr-05 | 54 | 25 | 27 | 7 | 36 |
| 6-Abr-05 | 113 | 61 | 28 | 9 | 47 |
| 7-Abr-05 | 74 | 33 | 35 | 10 | 56 |
| 8-Abr-05 | 80 | 33 | 20 | 10 | 58 |
| 9-Abr-05 | 56 | 32 | 19 | 8 | 54 |
| 10-Abr-05 | 48 | 27 | 23 | 8 | 63 |
| 11-Abr-05 | 46 | 26 | 19 | 8 | 46 |
| 12-Abr-05 | 67 | 34 | 31 | 18 | 57 |
| 13-Abr-05 | 64 | 30 | 38 | 18 | 56 |
| 14-Abr-05 | 54 | 36 | 33 | 10 | 56 |
| 15-Abr-05 | 53 | 29 | 33 | 11 | 59 |
| 16-Abr-05 | 60 | 34 | 35 | 10 | 61 |
| 17-Abr-05 | 99 | 25 | 29 | 10 | 61 |
| 18-Abr-05 | 74 | 41 | 45 | 10 | 53 |
| 19-Abr-05 | 64 | 36 | 31 | 9 | 53 |
| 20-Abr-05 | 53 | 34 | 29 | 10 | 56 |
| 21-Abr-05 | 53 | 27 | 31 | 10 | 52 |
| 22-Abr-05 | 64 | 10 | 22 | 10 | 52 |
| 23-Abr-05 | 87 | 16 | 20 | 9 | 59 |
| 24-Abr-05 | 64 | 12 | 17 | 9 | 61 |
| 25-Abr-05 | 44 | 11 | 16 | 8 | 48 |
| 26-Abr-05 | 48 | 94 | 42 | 9 | 112 |
| 27-Abr-05 | 74 | 49 | 27 | 9 | 112 |
| 28-Abr-05 | 117 | 73 | 27 | 9 | 71 |
| 29-Abr-05 | 106 | 72 | 32 | 10 | 75 |
| 30-Abr-05 | 69 | 29 | 22 | 10 | 63 |

*Fuente: SEMADES, Junio de 2005

En el pasado mes de abril de 2005 se presentó una contingencia ambiental en la ZMG debido a un incendio forestal en el Bosque de la Primavera, siendo éste el principal pulmón de la ciudad. Las agencias noticiosas reportaron que el inicio se dio el 25 de abril de 2005 a las 14:30 horas en el llamado cerro Llano Grande en el municipio de Tala, Jalisco (periódico La Jornada).

El resumen de la calidad del aire del mes de abril de 2005 se presenta en el Cuadro 11, en donde se puede observar que los días 26 y 27 se dio un significativo aumento en los IMECAS de partículas suspendidas, extendiéndose esta situación hacia los días 28 y 29 del mismo mes. Los medios de comunicación notificaron que en ciertas zonas se llegaron a tener hasta 250 IMECAS.

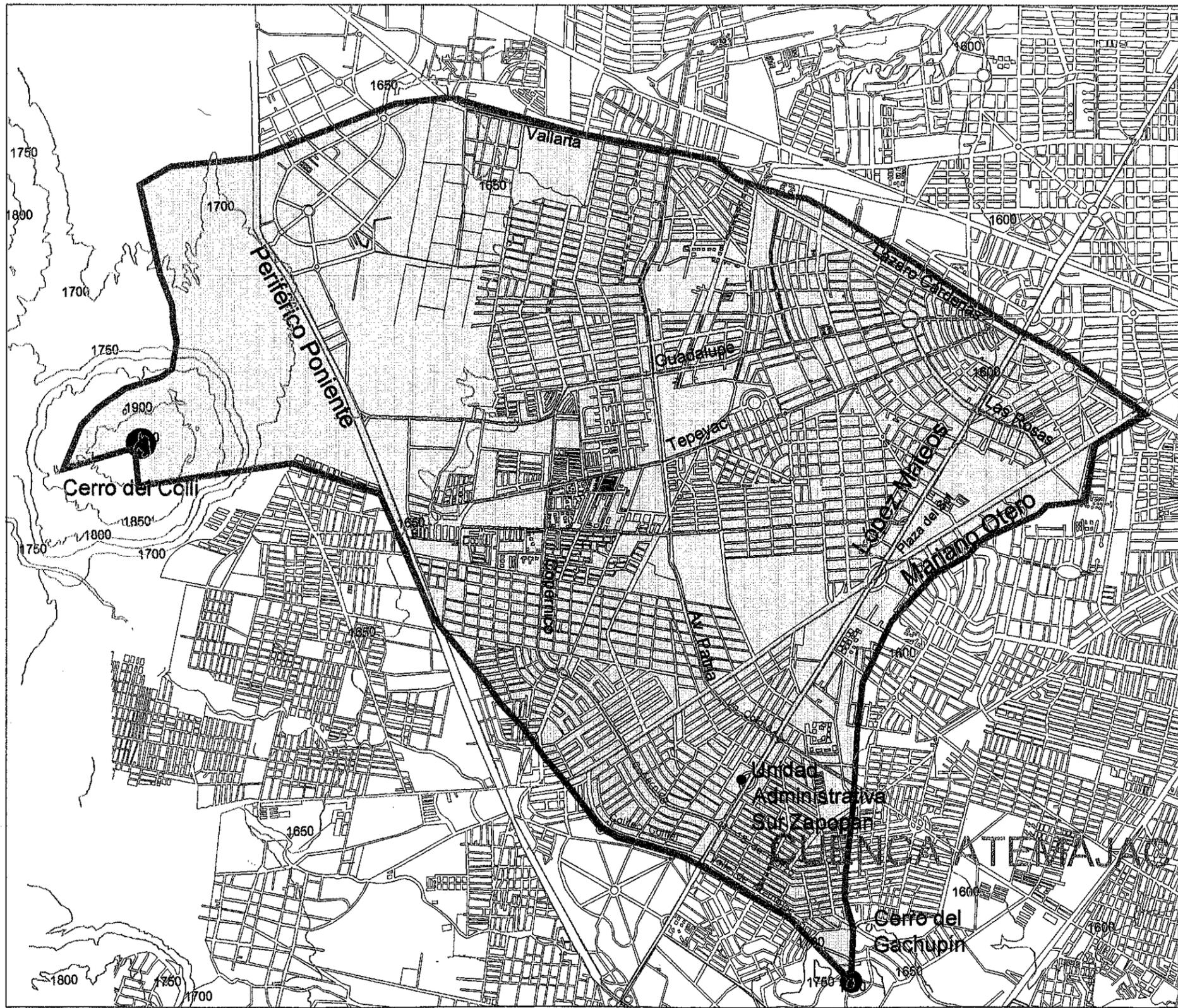
Además existe dentro de la zona una diversidad de arbolado, algunos se encuentran en mal estado y están con peligro de derrumbarse, lo cual es un riesgo para la población que transita por la zona de estudio (Fregoso Anguiano, 2002).

La zona de estudio comprende 70 AGEB's (Cuadro 12) en total de los cuales se puede apreciar que existe un promedio de 11 años de escolaridad en la población, lo cual equivale a la Preparatoria o Bachillerato. Además, un porcentaje alto del total de viviendas cuentan con todos los servicios básicos como son: drenaje, luz, teléfono, gas, techo, sanitarios, etc., lo cual indica que la población tiene lo principal para conservar un buen estado de salud.

Cuadro 12 Resumen de Resultados de los AGEB's

| CONCEPTO | TOTAL | PORCENTAJE |
|---|-----------|------------|
| No. TOTAL DE AGEB's | 70 | - |
| Población total | 240,821 | 100% |
| Grado promedio de escolaridad | 11.1 | - |
| Población económicamente activa | 104,246.0 | 43% |
| Población económicamente inactiva | 81,051.0 | 34% |
| Población desocupada | 1,058.0 | 0.4% |
| Total de viviendas | 62,873.0 | 100% |
| Viviendas particulares habitadas | 62,187.0 | 99% |
| Viviendas particulares con techos precarios | 658.0 | 1% |
| Viviendas particulares con techos de concreto | 60,767.0 | 96.7% |
| Viviendas particulares con paredes de materiales ligeros | 210.0 | 0.3% |
| Viviendas particulares con piso de cemento, mosaico, madera | 61,269.0 | 97% |
| Vivienda particulares con sanitario exclusivo | 61,235.0 | 97% |
| Vivienda particular con drenaje a red pública | 61,095 | 97% |
| Vivienda particular con drenaje a fosa séptica | 380 | 0.6% |
| Vivienda particular sin drenaje | 155 | 0.2% |

*Fuente: SEMADES, 2002



ORIENTACION NORTE

ESCALA

0 500 1000 1500 2000

SIMBOLOGIA

| | |
|--|-------------------------------|
| | Curva de Nivel a cada 50 mts. |
| | Limite Zona de Estudio |
| | Avenidas Principales |
| | Zona de Estudio |
| | Principales elevaciones |

FUENTE: INEGI. CARTA TOPOGRÁFICA 1:50,000 GUADALAJARA OESTE

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

ESTUDIO

RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES EN LA ZONA DE PLAZA DEL SOL

ZONA DE ESTUDIO

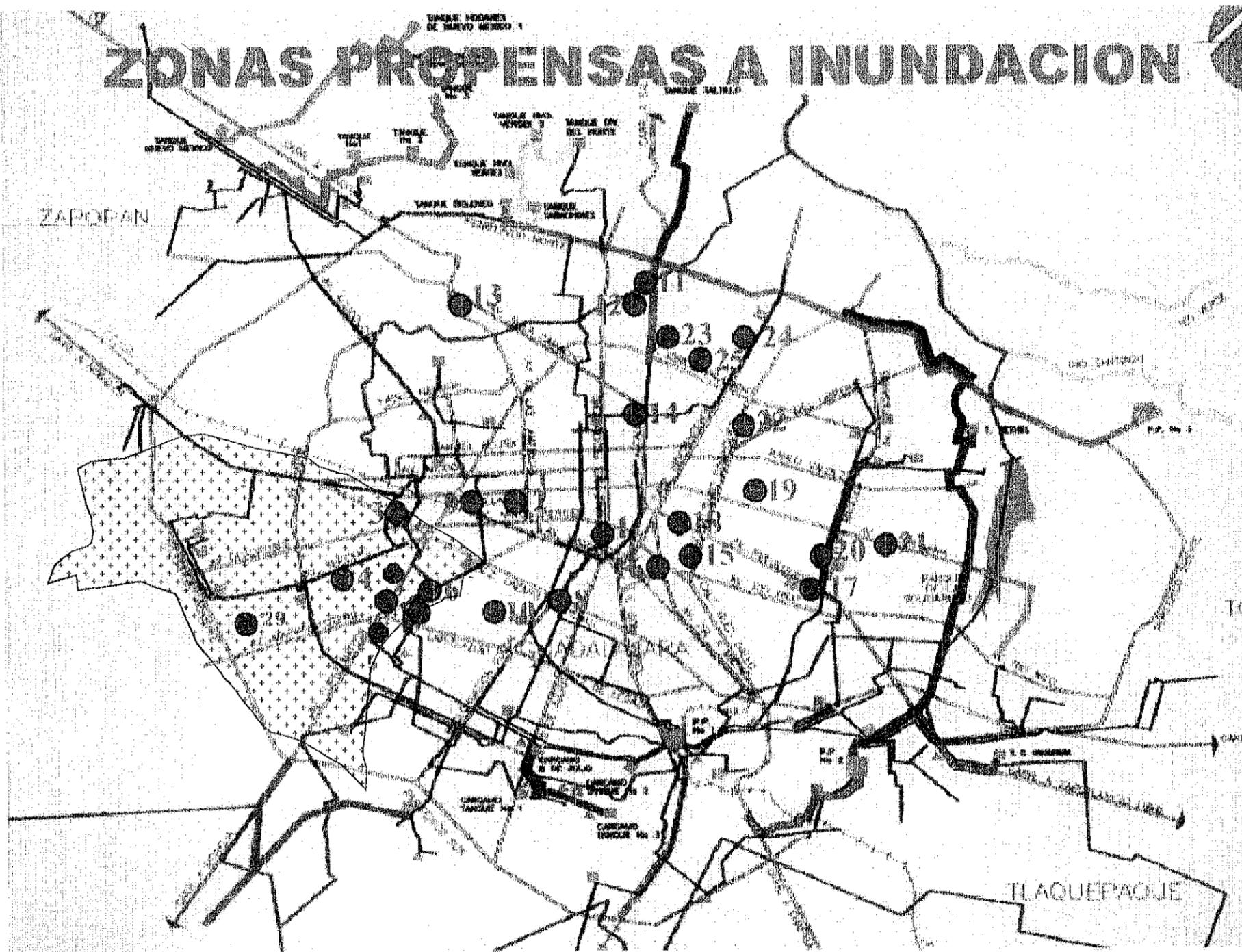
PLAZA DEL SOL (SUBCUENCA DE ATEMAJAC)

DESCRIPCION DEL PLANO

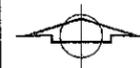
FIGURA 6. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| ELABORÓ | BIOL. CLAUDIA PATRICIA FÉLIX BELTRÁN |
| REVISÓ | DRA. MARTHA G. OROZCO MEDINA |
| Vo. Bo. | DRA. GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ |
| APROBÓ | DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS |
| REVISÓ | DR. ALBERTO A. JIMÉNEZ CORDERO |
| IMPRESIÓN | GRUPO HIDROSANITEC |
| ESCALA | INDICADA |
| FECHA | JUNIO 2005 |

ZONAS PROPENSAS A INUNDACION



ORIENTACION
NORTE



ESCALA

0 1000 2000 3000 4000



SIMBOLOGIA

-  1650 Curva de Nivel a cada 50 mts.
-  Límite Zona de Estudio
-  Avenidas Principales
-  Zona de Estudio
-  Zonas de inundación

FUENTE: SIAPA. GERENCIA DE
ALCANTARILLADO
DICIEMBRE 2001



UNIVERSIDAD
DE
GUADALAJARA
MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA SALUD AMBIENTAL

ESTUDIO

RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES
EN LA ZONA DE PLAZA DEL SOL

ZONA DE ESTUDIO

PLAZA DEL SOL
(SUBCUENCA DE ATEMAJAC)

DESCRIPCION DEL PLANO

FIGURA 7. UBICACIÓN DE LA ZONA
DE ESTUDIO DENTRO DE LA ZMG

ELABORÓ BIOL. CLAUDIA PATRICIA FÉLIX BELTRÁN

REVISÓ DRA. MARTHA G. OROZCO MEDINA

Vo. Bo. DRA. GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ

APROBÓ DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS

REVISÓ DR. ALBERTO A. JIMÉNEZ GORDERO

IMPRESIÓN GRUPO HIDROSANITEC

ESCALA INDICADA

FECHA JUNIO 2005

5.2 Materiales

- Fotografías aéreas (vuelo 1942, Anexo fotográfico aéreo)
- Fotografías aéreas (vuelo 1962, Anexo fotográfico aéreo) fuente de información Ayuntamiento de Guadalajara.
- Fotografías aéreas (vuelo 1987, Anexo fotográfico aéreo) fuente de información Ayuntamiento de Guadalajara.
- Fotografías aéreas (vuelo 1998, Anexo fotográfico aéreo) fuente de información Ayuntamiento de Guadalajara.
- Mapa de traza urbana de la Zona Metropolitana de Guadalajara, fuente de información INEGI (Figura 6).
- Carta Topográfica de Guadalajara Este (escala 1:50,000), fuente de información INEGI
- Carta Topográfica de Guadalajara Oeste (escala 1:50,000), fuente de información INEGI
- Plano de la red de colectores del sistema de alcantarillado de la ZMG, fuente de información SIAPA enero de 2002, Departamento de Alcantarillado, Ing. Rafael Casillas (Figura 9).
- Equipo de computación y software:
 - a) Autocad para manejo de imágenes;
 - b) Excel para cuadros, tablas, figuras;
 - c) Word para documento escrito; y
 - d) Power Point para presentación en pantalla.

5.3 Métodos

5.3.1 Fase documental

El presente trabajo es un estudio analítico y retrospectivo. Para el cual fue utilizado el método sistemático por descomposición (Figura 8) para determinar las causas que provocan la presencia de inundaciones en la zona de Plaza del Sol durante la época de lluvia (Ovsei et al., 1996), partiendo de lo general hacia lo particular, y con esto hacer el análisis de riesgo de inundación mediante la utilización del método histórico ambiental (Ángel Maya, 1996).

Analizar la Vulnerabilidad Técnica y Socio-organizativa, mediante la utilización del método sistemático (Ovsei et al., 1996) y el método propuesto por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria de la Organización Panamericana de la Salud (CEPIS, 2002). Siendo el análisis de vulnerabilidad un proceso para determinar los

componentes críticos o débiles de los sistemas, las medidas de emergencia y mitigación de las amenazas.

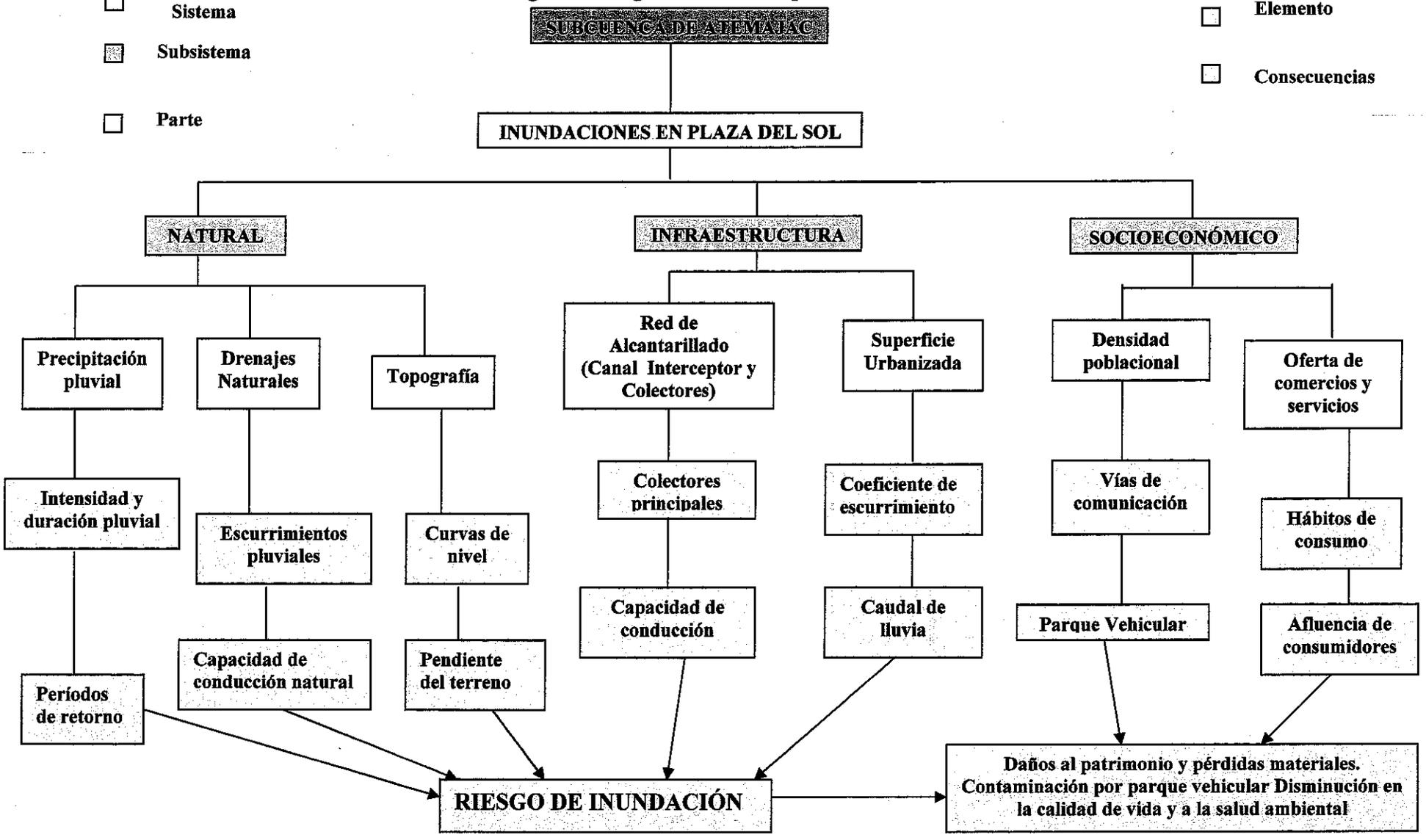
El análisis de vulnerabilidad se efectuó por etapas que van desde lo más simple a lo más complejo. La primera etapa fue la identificación de las amenazas y su impacto en el tiempo, espacio y magnitud, sus efectos sobre los sistemas y componentes y las medidas de mitigación y de emergencia necesarias para lo cual fueron establecidos los indicadores de vulnerabilidad (Cuadro 13).

La segunda corresponde a estudios especializados que se requieren para identificar la vulnerabilidad o resistencia de estructuras complejas como cuencas, acuíferos, represas, grandes conducciones de tuberías, puentes, plantas, etc.; y la tercera etapa comprende la evaluación luego de la ocurrencia de impactos, eventos de evaluación, etc. (CEPIS, 2002).

- Suprasistema
- Sistema
- ▨ Subsistema
- Parte

- Componente
- Elemento
- Consecuencias

Figura 8 Diagrama del Enfoque Sistemático



Cuadro 13 Indicadores de Vulnerabilidad

| TIPO | INDICADOR | ÁMBITO DE ACTUACIÓN | DEFINICIÓN | UNIDAD DE MEDIDA | SITUACIÓN IDEAL | INFORMACIÓN RECOPIADA Y GENERADA | FUENTE |
|---------|---|---------------------|---|-------------------|---|---|------------------------------------|
| TÉCNICA | Red de Alcantarillado | Zona de Estudio | Se indica que porcentaje de colectores es combina y que porcentaje es separado. | % | Separación de colectores (pluvial y sanitario) | E.U. ya no se construyen colectores combinados. | SIAPA |
| | Capacidad de conducción de los colectores | Zona de Estudio | Caudal de agua que puede conducirse | m ³ /s | Capacidad de colectores >= el caudal de lluvia | Drenaje profundo en el D.F. | SIAPA |
| | Almacenamiento de aguas pluviales | Zona de Estudio | Volumen de agua de lluvia almacenada | m ³ | Vol de almacenamiento >= Vol de agua de lluvia que no ingresa al colector | Toronto, CANADÁ | SIAPA |
| | Impermeabilización del suelo | Zona de Estudio | Porcentaje de superficie de suelo asfaltado | % | Que no aumente el valor actual | Tabla de coeficiente de escurrimiento | INEGI AGEBS |
| SOCIAL | Vías de Comunicación | Plaza del Sol | Número de avenidas importantes | Número | Que no aumente el número actual de vías de comunicación para transporte privado | Traza urbana | Guía Roji Vialidad y Tránsito |
| | Transporte Público | Plaza del Sol | Número de sitios de ascenso y descenso de autobuses | Número | Generar un transporte público de calidad y eficiencia | Aforo de Transporte público | Directa Vialidad y Tránsito |
| | Flujo Vehicular | Plaza del Sol | Cantidad de vehículos que transitan por la zona | Promedio / Hora | Que no aumenten la cantidad de vehículos privados | Aforo vehicular privado | Vialidad y Tránsito. Aforo Directo |

*Félix Beltrán, 2002.

5.3.2 Fase de campo

Se realizó una recopilación de la información existente en las diferentes dependencias de los gobiernos (SIAPA; INEGI; Ayuntamiento de Guadalajara; Instituto de Astronomía y Meteorología U. de G., Vialidad y Tránsito). Se hicieron visitas de campo a la zona de estudio, realizándose levantamientos fotográficos, aforo vehicular y censo económico. Se realizó una entrevista con personal del SIAPA, Ing. Rafael Casillas, Jefe de Departamento de Alcantarillado, en el mes de Enero de 2002.

Con la información recabada se realizó un análisis del por qué se inunda la zona de Plaza del Sol cada vez que ocurre un evento natural, como lo es la precipitación pluvial, repitiéndose esto cada año durante el temporal de lluvias. Así mismo, se hizo una evaluación del riesgo que representan dichas inundaciones y los daños que se ocasionan a la salud ambiental.

Las variables que se definieron en el presente estudio son: precipitación pluvial, tiempo, red de alcantarillado y uso de suelo como variables independientes; y las inundaciones pluviales como variable dependiente.

Cuadro 14 Operacionalización de las Variables

| Variable | Definición | Indicadores | Índices | Unidades | Fuente de información |
|------------------------|---|---|--|-------------------|---|
| Precipitación Pluvial | Precipitación de agua en forma de gotas de diámetro mayor de 0.5mm que caen con una velocidad que rebasa los 3 m / s. | Intensidad de la lluvia | Chubasco llovizna, granizo, etc. | mm/h | Instituto de Astronomía y Meteorología, U de G |
| Tiempo | Periodo de tiempo en el cual se registra una precipitación pluvial apreciable | Duración de la lluvia. | No aplica | Minuto Horas | Instituto de Astronomía y Meteorología |
| Red de Alcantarillado | Sistema de tuberías y elementos auxiliares diseñados para desalojar las aguas residuales y/o pluviales. | Capacidad de conducción. Materiales de construcción. | Flujo máximo | m ³ /s | Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) |
| Usos del Suelo | Conjunto de espacios destinados y diseñados para el desplazamiento de vehículos. | Coefficiente de Escorrentía (Ce) | 0.3 suelos permeables. 0.7 suelos urbanizados | Adimensional | Plano de Traza urbana de la Zona Metropolitana de Guadalajara (INEGI) |
| Inundaciones pluviales | Acción de cubrir los terrenos, casas, poblaciones, etc. por causa de lluvia | Intensidad y duración de la lluvia. Sistema de colectores | Días críticos | mm / tiempo | Protección Civil |

(Félix Beltrán, 2002)

Se realizó una obtención de los datos de duración (horas) e intensidad (mm/hora) de cada lluvia dados por parte del Instituto de Astronomía y Meteorología, así como también las gráficas del pluviógrafo de dos eventos, en los cuales existen reportes de parte de los medios de comunicación como eventos que provocaron inundación en la zona del centro comercial en cuestión. Por parte de Protección Civil no fue posible la obtención de la información con respecto a el número de días críticos que se presentan por temporal de lluvias, lo cual es importante para corroborar el número de eventos de inundación por año.

5.3.3 Fase de gabinete

Con la información recabada se analizaron la causas que provocan inundaciones cada vez que ocurre un evento natural denominado chubasco, y que se repite cada año durante la época de lluvias.

Se analizaron datos de intensidad y duración pluvial del período de 1970 - 2000, obteniéndose el valor promedio, valores mínimo y máximo para cada mes del temporal de lluvia, con estos datos obtenidos se realizó una estimación de la probabilidad de ocurrencia de inundación pluvial, estimando los períodos de retorno (Pág. 59), (Anexo A).

Se calculó la pendiente del terreno en la zona de estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$Pendiente = \frac{\cot a_2 - \cot a_1}{\text{distancia}}$$

La cantidad de lluvia que escurre superficialmente se obtuvo a partir de la siguiente fórmula racional (Peavy et al., 1985):

$$Q = (0.278) C_e I A$$

Donde:

Q = caudal de escurrimiento (m^3/s)

C_e = coeficiente de escurrimiento (fracción de la precipitación que fluye sobre el terreno)

= 0.7 en la zona de estudio

I = intensidad de lluvia (mm/h) = 13 - 154 mm/h

A = área de la zona de estudio en $km^2 = 31.24 km^2$

Con lo anterior se calculará la probabilidad de ocurrencia de inundación pluvial y sus afectaciones a la infraestructura urbana y al tránsito vehicular; utilizando el análisis

estadístico de distribución de frecuencias, distribución de frecuencias acumuladas, análisis de normalidad y prueba de ajuste de Smirnov (Montgomery et al., 1994; Ortiz Solorio, 1984).

Se hizo un análisis de la vulnerabilidad en el cual se incluyeron los indicadores, se presenta un mapa el cual se realizó tomando en cuenta datos de pendiente del terreno, capacidad de drenaje y caudal de escurrimiento. Donde se señalan los diferentes grados de vulnerabilidad y sus cuadrantes correspondientes.

5.3.3.1 Criterios para la construcción de los mapas

A) Mapa de vulnerabilidad

Para la realización de este mapa se tomaron en cuenta como indicadores las vías de comunicación, las paradas de autobuses y el flujo vehicular. Los tres indicadores antes mencionados se explican con detalle en la Tabla de Indicadores de Vulnerabilidad. Fueron tomados en cuenta datos proporcionados por la Secretaría de Vialidad y Transporte, obteniéndose así los puntos de mayor conflicto en términos de vialidad y transporte urbano en la zona de Plaza del Sol, que comprende las avenidas López Mateos y Mariano Otero (Fig. 20).

En la figura 21 del capítulo 6, se expresan los resultados de los datos de la Secretaría de Vialidad y Transporte, en donde señalan los puntos de mayor conflicto que son: zonas de mayor concentración de personas a causa de las paradas de autobuses de transporte urbano señaladas en color rojo; y las zonas de mayor conflicto de flujo vehicular señaladas en azul y verde.

Para la realización de este plano, se tomaron en cuenta los indicadores de vulnerabilidad descritos con detalle en la tabla, los cuales son: red de alcantarillado, capacidad de conducción de colectores, almacenamiento de aguas pluviales, impermeabilización del suelo por asfalto. También se tomó en cuenta los datos de Vialidad y Transporte, Pendiente del Terreno e Infraestructura.

Para este plano algo muy importante fue la pendiente del terreno ya que es el factor decisivo para una inundación pluvial, en zonas planas se inunda más que en zonas elevadas. Para esto se les dio una categoría asignando un número de acuerdo a las características con que cumplieron, haciendo divisiones de 1 km² para toda la zona de estudio, teniendo en cuenta que los principales cuadrantes son los que corresponden a López Mateos y Mariano Otero en la zona de Plaza del Sol. En la siguiente tabla se

explica con detalle la construcción de la escala de vulnerabilidad que se representa en la Figura 17, Plano de Vulnerabilidad.

Cuadro 15 Indicadores para la construcción del mapa de Vulnerabilidad

| ESCALA DE VULNERABILIDAD | INDICADORES |
|---------------------------------|---|
| Muy Baja = 1 (color verde) | Pendiente de terreno pronunciada (0.13 m/m) |
| Baja = 2 (color azul) | Pendiente de terreno de 0.07 m/m, capacidad de conducción insuficiente, almacenamiento de aguas pluviales insuficiente, red de alcantarillado de tipo combinado. |
| Media = 3 (color morado) | Pendiente de terreno de 0.05 m/m, capacidad de conducción insuficiente, almacenamiento de aguas pluviales insuficiente, red de alcantarillado de tipo combinado. |
| Alta = 4 (color café) | Pendiente de terreno de 0.03 m/m, capacidad de conducción insuficiente, almacenamiento de aguas pluviales insuficiente, red de alcantarillado de tipo combinado. |
| Muy Alta = 5 (color rojo) | Pendiente de terreno muy baja (0.011 m/m), capacidad de conducción insuficiente, almacenamiento de aguas pluviales insuficiente, red de alcantarillado de tipo combinado, carril central de Av. López Mateos elevado que funciona como represa. |

*Félix Beltrán, 2002

B) Mapa de capacidad de respuesta

Los resultados del análisis de la capacidad de respuesta se muestran en la Figura 18, en la sección de Resultados. Para la construcción de dicho mapa se tomaron en cuenta los datos proporcionados por el INEGI con respecto a los AGEB's los cuales se muestran en resumen en la siguiente tabla.

Los indicadores que se tomaron en cuenta fue:

- la cercanía con la Unidad Administrativa Sur Zapopan (ésta cuenta con bomberos, cruz verde, policía, protección civil, etc.),
- vías de comunicación de acceso rápido,
- nivel socio-económico de los pobladores de cada cuadrante,
- tipos de viviendas en cada cuadrante, y
- nivel de escolaridad de los pobladores.

Los factores decisivos en los que se tomaron principalmente en cuenta fue: la cercanía que tienen los pobladores con la Unidad Administrativa Sur Zapopan, el nivel socio-

económico, y las rutas de acceso rápido. Todo lo anterior se muestra en la Figura 18 como plano de capacidad de respuesta ante una inundación de tipo pluvial, utilizando el paquete de computo llamado Autocad.

En la siguiente tabla se muestra la construcción de la escala de capacidad de respuesta de acuerdo con los indicadores ahí mismo mencionados.

Cuadro 16 Indicadores para la construcción del mapa de Capacidad de Respuesta

| ESCALA DE CAPACIDAD DE RESPUESTA | INDICADORES |
|----------------------------------|---|
| Muy baja = 1 (color rojo) | Alejado de la Unidad Administrativa Sur, nivel socio-económico bajo, nivel de escolaridad equivalente a primaria, tipos de viviendas con paredes y techos precarios. |
| Baja = 2 (color café) | Alejado de la Unidad Administrativa Sur, nivel socio-económico medio-bajo, nivel de escolaridad equivalente a preparatoria, viviendas de tipo medio (INFONAVIT). |
| Media = 3 (color morado) | Alejado de la Unidad Administrativa Sur, nivel socio-económico medio, nivel de escolaridad equivalente a preparatoria, tipos de viviendas con todos los servicios y algunas en la zona del periférico de tipo precario. |
| Alta = 4 (color azul) | Cercano a la Unidad Administrativa Sur, nivel socio-económico medio y medio-alto, nivel de escolaridad equivalente a universidad, tipos de viviendas con todos los servicios y algunas en el periférico de tipo precario. |
| Muy alta = 5 (color verde) | Cercano a la Unidad Administrativa Sur, nivel socio-económico medio-alto y alto, nivel de escolaridad equivalente a profesional, viviendas tipo residencial, posesión de varios vehículos. |

*Félix Beltrán, 2002

Se realizó un análisis de socio-económico tanto en la parte tecnológica como en la parte de ordenamiento urbano. Para justificar las propuestas técnicas y organizativas recomendadas para reducir la vulnerabilidad a las inundaciones (CRESEE, 2001).

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1 Información de Colectores en la Zona de Estudio

6.1.1 Sistema de colectores en la zona de estudio

La Zona de estudio presenta las mayores elevaciones de terreno hacia el poniente, disminuyendo hacia el nororiente de la región. Los colectores que se encuentran en la zona conducen las aguas pluviales y sanitarias predominantemente en dirección norte. Todos los colectores son de tipo combinado. Además del sistema de colectores, se encuentra en la zona de estudio un canal (Interceptor Poniente) que tiene la función de evitar que el agua pluvial ingrese al sistema de colectores. Los colectores principales en la zona de estudio se presentan en el Cuadro 17. De éstos, el más importante es el colector López Mateos o colector Poniente. La ubicación de los colectores en la zona de estudio se presenta en la Figura 9.

Cuadro 17 Capacidad de Conducción de Colectores en la Zona de Estudio

| Colector | Tipo | Capacidad Teórica (m ³ /s) |
|------------------------|-----------|---------------------------------------|
| López Mateos | Combinado | 21.0 |
| El Colli | Combinado | 25.3 |
| Interceptor Poniente | Pluvial | 36.0 |
| Mariano Otero | Combinado | 2.8 |
| Subcolector sin nombre | Combinado | 1.5 |
| Total | | 86.6 |

Fuente: SIAPA, Departamento de Alcantarillado, 2002

Los colectores que se encuentran dentro de la zona de estudio se construyeron durante el período de 1965-1970, fueron hechos para condiciones de intensidad de lluvia de 52 mm/h y un coeficiente máximo de escurrimiento de 0.5, siendo éste último un factor decisivo en la construcción puesto que un escurrimiento de 0.5 significaba que el 50% de los escurrimientos se perdían por infiltración y evaporación, mientras que el otro 50% sería captado por el sistema de drenaje combinado. La razón de que se tomaron dichos datos para la elaboración de colectores fue, porque el gobierno de ese entonces así lo estableció.

Por tal motivo, fue construido un canal de captación de escurrimientos pluviales como una medida preventiva, puesto que los constructores sabían de antemano que las

condiciones de escurrimiento e intensidad de lluvia podrían cambiar, lo cual ciertamente ocurrió. Teniendo éste el propósito de evitar que los escurrimientos llegaran a la Av. López Mateos. El canal inicia su recorrido en Mariano Otero, entre Av. Patria y Copérnico, y termina en la calle Santa Catalina de Siena y Av. Lázaro Cárdenas, en donde se encuentra un pozo de absorción y un tanque subterráneo de almacenamiento de aguas pluviales. Sin embargo el canal no funciona como fue previsto ya que se encuentra obstruido en diferentes puntos de su recorrido.

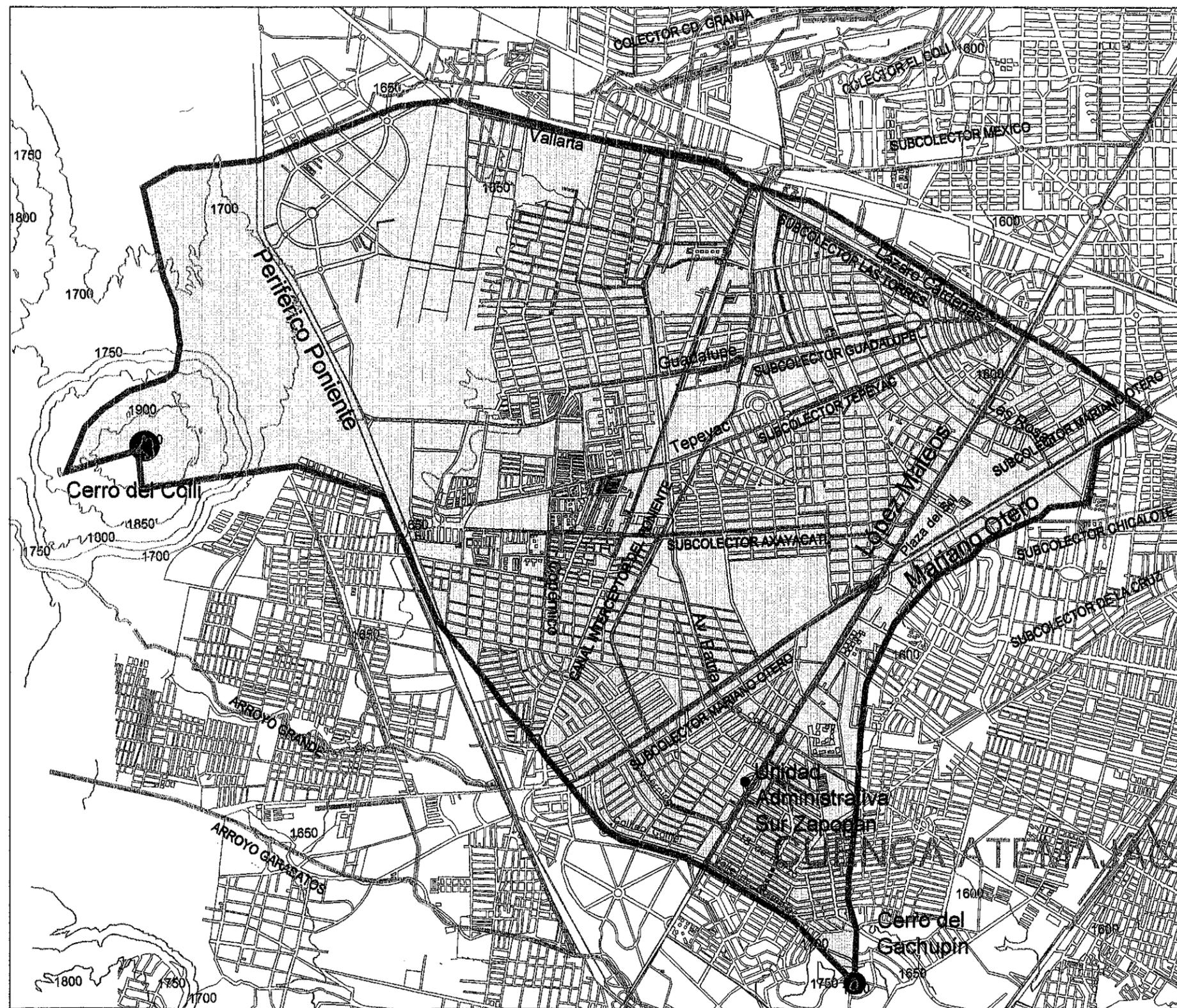
Actualmente el coeficiente de escurrimiento es de 0.7 (Gob del Edo. de Jal., 1965-1970) y es común que se presenten intensidades de lluvia por arriba de los 52 mm/h, puesto que los 30 años de intensidad de lluvia analizados presentaron un rango de 12.0-154.5 mm/h.

Por otra parte, el subcolector Mariano Otero inicia en el cruce de las avenidas Mariano Otero y Galileo Galilei, siendo la avenida Las Fuentes el parte aguas entre las cuencas de Atemajac y el Ahogado. Teniendo un diámetro de 1.2 m con una capacidad de conducción inicial de 3 m³/s; aumentando a 1.52 m con una capacidad de 5.3 m³/s en el cruce de Av. La Calma y Mariano Otero. Cuando se une al colector principal, lleva una capacidad de 8.20 m³/s y un diámetro de 1.07 m (Figura 9).

Cuando el subcolector Mariano Otero se une al colector López Mateos, termina la primera parte del subcolector. La segunda parte, inicia pasando la glorieta del cruce de López Mateos y Mariano Otero, con una capacidad de conducción de 2.90 m³/s y una altura de 1.0m. Poco antes de llegar a la Av. Circunvalación Agustín Yáñez, da vuelta en la calle de Luis Pérez Verdía hasta llegar a su cruce con López Mateos y Jesús García.

El colector principal es el del Poniente o López Mateos, el cual nace en la Av. del Pinar en la colonia Pinar de la Calma teniendo una capacidad de conducción de 3.30 m³/s y un diámetro de 1.22 m. Cuando se une con el subcolector Mariano Otero tiene una capacidad de 7.5 m³/s y una altura de 1.60 m. Cuando éste colector llega a Plaza del Sol, aumenta su capacidad a 16 m³/s y una altura de 2.30 m. Aquí se le une el subcolector Axayacatl, el cual lleva en este punto una capacidad de 5.36 m³/s y una altura de 1.20 m. Siguiendo la misma línea, el colector López Mateos aumenta su capacidad a 21 m³/s y una altura de 2.50 m a la altura del cruce con la calle Popocatépetl, y continúa con tales medidas hasta una cuadra antes de llegar a la Av. Lázaro Cárdenas (Figura 9).

Cuando se dan lluvias torrenciales, el subcolector Mariano Otero va a su capacidad máxima al momento de unirse con el colector López Mateos. A su vez, el colector López Mateos también va a su capacidad máxima. Esto provoca que el agua de lluvia que trae el subcolector Mariano Otero, no ingrese al colector López Mateos, causando un aumento en la presión de la línea del colector; en lugar de que el flujo sea por gravedad se transforma en un flujo a presión. El resultado es, la inundación del cruce de las Av. López Mateos y Mariano Otero; y el botamiento de las alcantarillas.



ORIENTACION NORTE

ESCALA

0 500 1000 1500 2000

SIMBOLOGIA

| | |
|--|-------------------------------|
| | Curva de Nivel a cada 50 mts. |
| | Límite Zona de Estudio |
| | Avenidas Principales |
| | Zona de Estudio |
| | Principales elevaciones |
| | Colector |

FUENTE: SIAPA. GERENCIA DE ALCANTARILLADO. 2002

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

ESTUDIO

RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES EN LA ZONA DE PLAZA DEL SOL

ZONA DE ESTUDIO

PLAZA DEL SOL (SUBCUENCA DE ATEMAJAC)

DESCRIPCION DEL PLANO

FIGURA 9. DRENAJES EN LA ZONA DE ESTUDIO

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| ELABORÓ | BIOL. CLAUDIA PATRICIA FÉLIX BELTRÁN |
| REVISÓ | DRA. MARTHA G. OROZCO MEDINA |
| Va. Bo. | DRA. GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ |
| APROBÓ | DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS |
| REVISÓ | DR. ALBERTO A. JIMÉNEZ CORDERO |
| IMPRESIÓN | GRUPO HIDROSANITEC |
| ESCALA | INDICADA |
| FECHA | JUNIO 2005 |

6.1.2. Problemática del sistema de colectores

De acuerdo con el SIAPA, se sabe que el sistema de drenaje tiene una capacidad sobrada para la conducción de aguas residuales ya que durante la época de estiaje van a un 20% de su capacidad como máximo. Pero para la conducción de agua pluvial es insuficiente, ya que no alcanza a entrar toda el agua de lluvia, lo que provoca inundaciones en zonas bajas del terreno (Cuadro 17) .

En un esfuerzo por tratar de reducir el riesgo, el SIAPA ha implementado algunas acciones como lo son: la construcción de tanques de almacenamiento de aguas debajo de los pasos a desnivel en la Av. López Mateos, instalación de válvulas check que evitan que se boten las tapas de los pozos de visita la cual avisa en que nivel va el colector cuando baja el nivel del colector abre la rejilla y desaloja el agua acumulada en la calle; y un programa de limpieza de bocas de tormenta que comienza el día primero de marzo y termina en el día último de septiembre. La limpieza de las alcantarillas se realiza por lo menos dos veces por año en zonas donde el riesgo de inundación es bajo, antes y después de la época de lluvias, y en las zonas como Plaza del Sol se realizan de cuatro a seis veces por año, debido al alto riesgo de inundación que existe en esa zona. Además, existe un total de 15 mil pozos de absorción para la captación de agua pluvial y recargar los mantos acuíferos en toda la ZMG.

Si el colector López Mateos va a su capacidad máxima a la altura de Popocatepetl, el agua, producto del escurrimiento durante una lluvia, que debería entrar al colector por las bocas de tormenta, lo cual no ocurre, como consecuencia se producen inundaciones en dicho cruce de calles. También porque era una zona donde corría un arroyo desde el cerro del Colli, antes de la pavimentación del terreno (fotografía aérea vuelo 1962, Anexo C).

Existe un proyecto por parte de SIAPA para desalojar el agua que se acumula en el cruce de López Mateos y Popocatepetl, conectándolo al subcolector Chicalote que se encuentra paralelo a Cruz del Sur y Mariano Otero, y que se encuentra entre estas dos avenidas. De realizarse dicho proyecto, este actuaría como una medida de prevención y mitigación del riesgo de inundación en la zona de estudio.

Como una medida de mitigación ya existente, se cuenta con un cárcamo de captación de aguas pluviales, el cual está conectado a bocas de tormenta, y cuando se llenan se bombea el agua y se manda al drenaje de otra calle en donde no cause inundación (Ing. Rafael Casillas, SIAPA, 2001).

Las alcantarillas se obstruyen con toda la basura que arrastran, los desperdicios que les arrojan los comercios, bolsas de plástico, ramas de árboles, etc. Las primeras lluvias son las problemáticas puesto que arrastran toda clase de basura obstruyendo las alcantarillas. Esto aumenta más el riesgo de inundaciones, en la zona de estudio, la cual tiene una vulnerabilidad alta de inundación (U de G, 1994).

Algunas de las zonas de inundación ya identificadas por personal de SIAPA son las siguientes: López Mateos y Conchitas, López Mateos y Mariano Otero, López Mateos y Popocatepetl, Mariano Otero y Av. Plaza del Sol (Figura 4).

Aunque en el Cuadro 17 aparece que el canal Interceptor Poniente tiene una capacidad de conducción de 36 m³/s; en la realidad su capacidad de conducción es casi nula. En visita de campo se verificó que el canal se encuentra obstruido en diferentes puntos de su recorrido; no tiene salida terminando abruptamente en la avenida Lázaro Cárdenas sin que el agua se conduzca a otro punto. Se encontró acumulación de basura, maleza y azolve en todo su cauce por lo que además representa un sitio de proliferación de fauna nociva que ocasiona un deterioro de la salud ambiental de los pobladores de las zonas aledañas (Anexo B, fotos del canal de Santa Catalina).

6.2 Cálculo de la Pendiente

Los escurrimientos pluviales corren de Poniente a Oriente desde el Cerro del Colli hacia López Mateos. Esto debido a que la parte más alta del cerro se encuentra en la cota 1950; el Periférico en su cruce con Avenida Guadalupe en la cota 1650 y Plaza del Sol en la cota 1600, con estos datos se determinaron las pendientes del terreno, obteniéndose que del cerro del Colli al Periférico hay una pendiente de 0.1256 m/m, y del Periférico a López Mateos es de 0.0126 m/m.

De acuerdo con el cálculo de la pendiente, se puede verificar que el terreno era originalmente considerado como llano, puesto que sólo desciende un total de 50 m en una distancia lineal de 3,962 m, tomando las cotas del periférico y López Mateos (Cuadro 18).

$$Pendiente = \frac{(cota\ 1) - (cota\ 2)}{Distancia} = \frac{(1950) - (1650)}{2389} = 0.1256$$

$$Pendiente = \frac{(1650) - (1600)}{3962} = 0.0126$$

Cuadro 18 Cálculo de la Pendiente del Terreno en la Zona de Estudio

| Punto | Elevación msnm | Distancia m | Δ elevación m | Pendiente m/m |
|----------------------|-------------------|----------------|-------------------------|---------------------|
| Cerro del Colli | 1950 | 0 | | |
| | 1900 | 459 | 50 | 0.109 |
| | 1850 | 259 | 50 | 0.193 |
| | 1800 | 156 | 50 | 0.321 |
| | 1750 | 54 | 50 | 0.926 |
| Falda | 1700 | 72 | 50 | 0.694 |
| Periférico (Tutelar) | 1650 | 1389 | 50 | 0.036 |
| Plaza del Sol | 1600 | 3962 | 50 | 0.013 |
| | | | | |
| Total | | 6351 | 350 | 0.055 (promedio) |

Félix Beltrán, 2002.

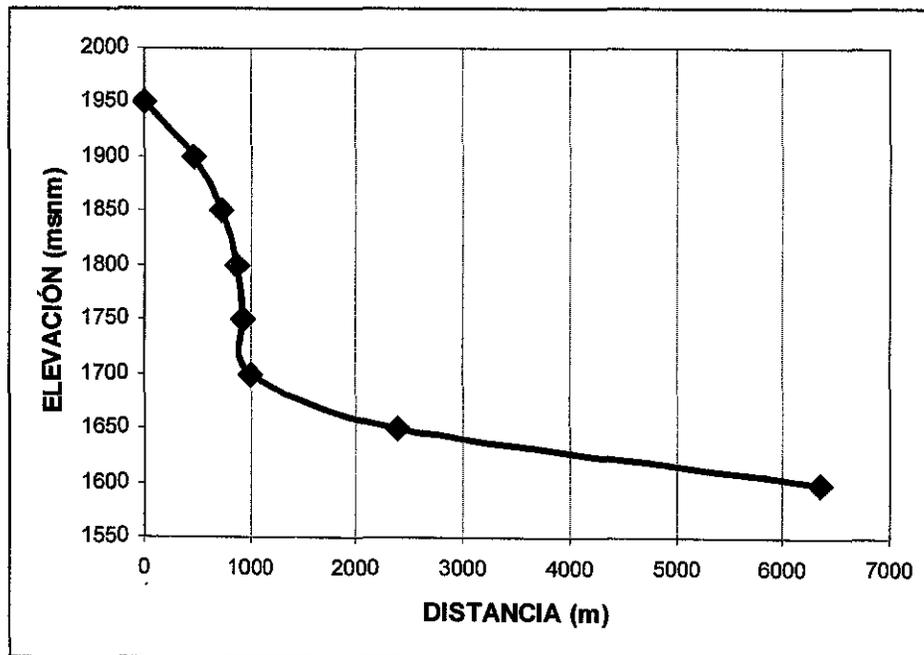


Figura 10 Perfil Cerro del Colli – Plaza del Sol (Félix Beltrán, 2004).

Cuadro 19 Cálculo de la Pendiente del Terreno en la Zona de Estudio

| Punto | Elevación msnm | Distancia m | Δ elevación m | Pendiente m/m |
|--------------------|-------------------|----------------|-------------------------|---------------------|
| Cerro del Gachupín | 1750 | 0 | | |
| | 1700 | 106 | 50 | 0.472 |
| Falda | 1650 | 343 | 50 | 0.146 |
| Plaza del Sol | 1600 | 2936 | 50 | 0.017 |
| | | | | |
| Total | | 3385 | 1500 | 0.044 (promedio) |

Félix Beltrán, 2004.

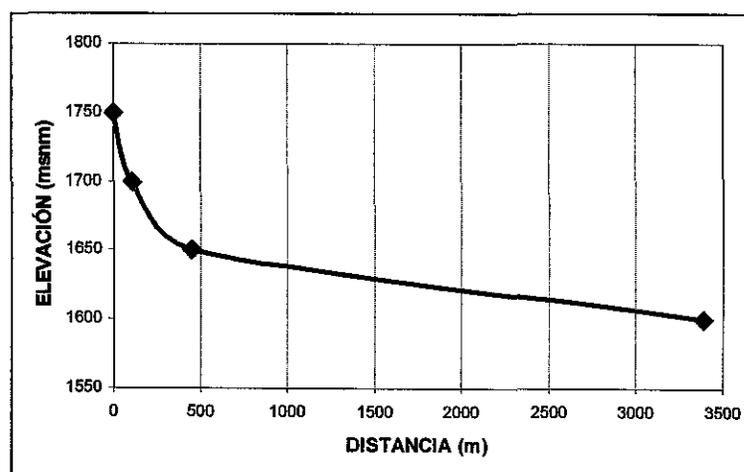


Figura 11 Perfil Cerro del Gachupín – Plaza del Sol (Félix Beltrán, 2004).

El caudal escurrido depende básicamente de la intensidad de lluvia, la duración de la precipitación y las condiciones de uso de suelo. A partir de la información de intensidad de lluvia y de la duración de tormentas se realizó el cálculo del escurrimiento durante los eventos de máxima intensidad mensual para los meses de junio a septiembre en el período de 1970-2000. Los cálculos en detalle se encuentran en el anexo de cálculo de escurrimiento pluvial (Anexo A). Cabe aclarar que los datos proporcionados por el IAM, U de G, corresponde a la intensidad máxima registrada para cada mes de cada año.

Según se presenta en estos anexos en la zona de estudio se espera caudales de escurrimiento desde 80 hasta 929 m³/s; siendo muy frecuentes, valores arriba de 150 m³/s, que sobrepasan la capacidad de los colectores de la zona de estudio indicada en el Cuadro 17, en más del 90% del total de datos analizados. Esto indica que la capacidad

teórica de los colectores es insuficiente para la conducción de aguas pluviales y por lo tanto para evitar una inundación en las zonas bajas del terreno.

El promedio del caudal de escurrimiento pluvial fue de $329 \text{ m}^3/\text{s}$, con valores en el rango de $103 - 938 \text{ m}^3/\text{s}$. En cambio la capacidad de los colectores se estima en $86.6 \text{ m}^3/\text{s}$ esto indica que son insuficientes para desalojar el escurrimiento pluvial.

Si a esto se le agrega que el canal interceptor del poniente no trabaja como fue planeado y que se presentan frecuentemente problemas de acumulación de basura en las alcantarillas y bocas de tormenta, entonces en las condiciones reales la frecuencia de inundaciones es mayor a la estimada teóricamente.

6.3 Precipitación Pluvial

En la ZMG el temporal de lluvias comprende los meses de junio, julio, agosto y septiembre. La temporada de lluvias para el año 2001 el mes de septiembre tuvo una cantidad total de precipitación de 864.0 mm , ligeramente debajo del promedio histórico de 908.3 mm (Figura 12). Las cantidades totales de lluvia han sido de 208.9 mm en junio, 307.4 mm en julio, 143.9 mm en agosto y 203.8 mm en septiembre. De acuerdo con el comportamiento del temporal en la ZMG en los primeros cuatro meses de los últimos 11 años, se observa que el 2001 tuvo, una marcha normal y con una bien definida "canícula" o período con déficit de precipitaciones en el mes de agosto (IAM, U de G, 2001).

Durante el temporal de lluvias el mes más lluvioso es Julio, se caracteriza por tener un registro histórico de 266.1 mm mensuales. La cantidad de lluvia registrada para el 2001 fue de 337.4 mm en total mensual. Los días en que se registró una mayor cantidad son el 5 y 10 con 41.9 y 48.2 mm , respectivamente. En los primeros 11 días llovió un total de 164.8 mm mientras que en la segunda decena y la tercera fue de 87.7 y 84.9 mm respectivamente (IAM, U de G, Sep. 2001).

En el mes de agosto se puede presentar ausencia o escasez de precipitación que se identifica como sequía intraestival o canícula. La precipitación registrada fue de 143.9 mm estando por debajo del promedio histórico de precipitación que es de 221.1 mm . La precipitación es escasa a partir del día 14 al 23 con cantidades menores a los 6.0 mm (IAM, U de G, Oct. 2001). Para el mes de septiembre la precipitación total fue de 203.8 mm , ocurriendo el máximo evento el día 20 con 51.4 mm ; estando por encima del promedio histórico mensual el cual es de 900 mm (IAM, U de G, Nov. 2001).

El historial de lluvia del período de 30 años analizados arrojó los siguientes resultados; precipitación media anual de 908.3 mm, con un temporal de lluvias concentrado en los meses de Junio a Septiembre, siendo el mes de Julio el más lluvioso presentando valores de 266 mm como promedio histórico y con un período de sequía llamado canícula en la primer quincena de Agosto. El fenómeno hidrometeorológico se presenta con frecuencia como chubasco con una intensidad promedio histórica de 56 mm/h, con un rango de 12.0 – 154.5 mm/h (Figura 13). El tiempo promedio de duración de los chubascos es de 87 min.

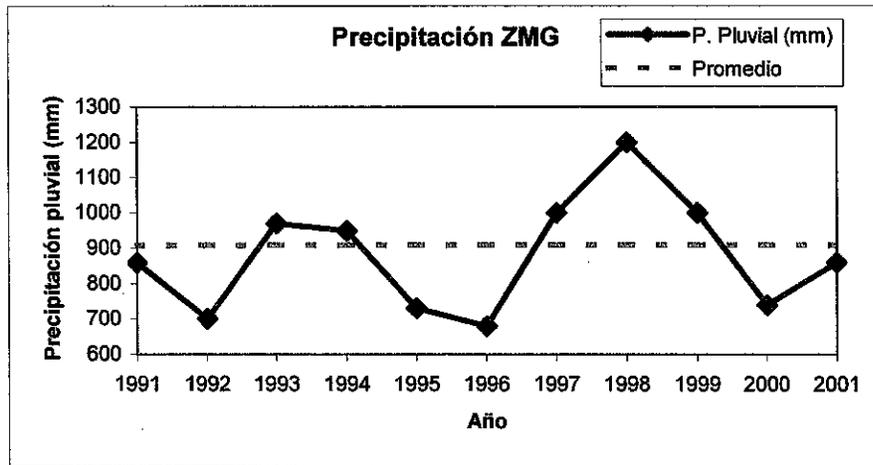


Figura 12 Comportamiento de la Precipitación Pluvial Anual. Período 1970-2001 (Instituto de Astronomía y Meteorología, U. de G., 2002)

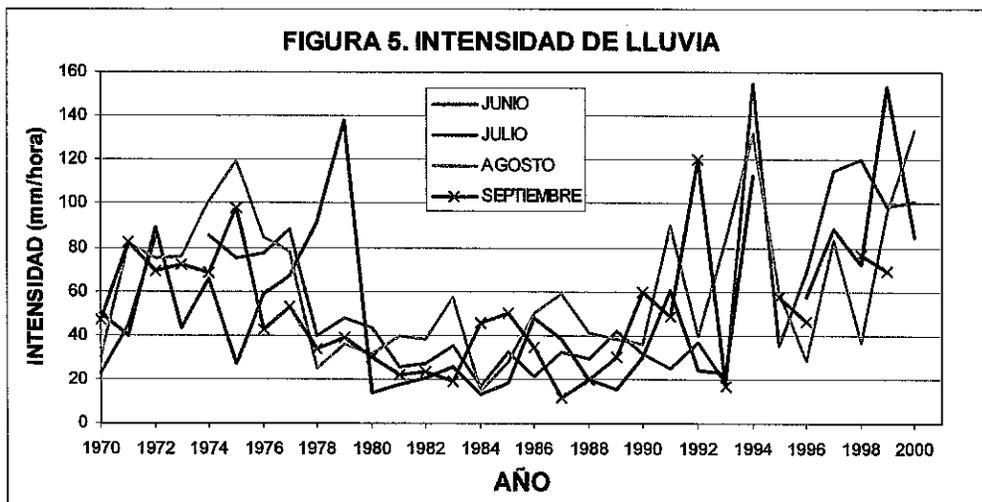


Figura 13 Intensidad Pluvial Máxima. Período 1970-2000 (Instituto de Astronomía y Meteorología, U. de G., 2002)

6.4 Frecuencia de Inundaciones Pluviales

La duración de la inundación está determinada por la intensidad de lluvia y la duración del evento. De acuerdo a los datos reportados por el IAM los chubascos presentaron duraciones con un promedio de 102 min, teniendo un rango de 4 – 710 min. El efecto combinado de la intensidad y la duración de lluvia produjo inundaciones en prácticamente cualquier mes del período de lluvias en cualquier año, con duraciones de más de 3 horas. Por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia de inundación en la zona de estudio es de por lo menos una vez al mes durante el período de lluvias.

Algunas de las zonas de inundación ya identificadas por personal de SIAPA son las siguientes: López Mateos y Conchitas, López Mateos y Mariano Otero, López Mateos y Popocatepetl, Mariano Otero y Av. Plaza del Sol.

La zona de Plaza del Sol, está señalada como una zona donde existe amenaza de inundaciones (U. de G., 1994). Se sabe que es común que existan segmentos a lo largo de López Mateos que se inunda hasta 1 m de altura con agua pluvial acumulada, principalmente en las laterales del lado Poniente de la avenida. Lo anterior, también sucede porque el carril central elevado funciona como represa (Anexo B; fotos 8, 24, 31, 37), siendo el colector, a través de las bocas de tormenta, la única salida del agua de lluvia. Además hay que sumar el hecho de que las alcantarillas estén obstruidas con basura (Anexo B; fotos 10, 11 y 41).

6.5 Análisis Estadístico

Se recibió información del Instituto de Astronomía y Meteorología, acerca de la intensidad de lluvia máxima registrada mensualmente durante el temporal de lluvia de 31 años (1970-2000) (Cuadro 20). Las intensidades de lluvia (mm/h) fueron calculadas a partir del evento de máxima precipitación registrada para cada mes de cada año; y corresponden a una duración de 10 min.

Se generó información estadística básica (Cuadro 21), análisis de distribución de frecuencias y frecuencia acumulada, y se corroboraron con la prueba de ajuste de Smirnov (Ortiz Solorio, 1984). Además se calcularon los períodos de retorno de intensidad de lluvia, aclarando que los datos recibidos no son suficientes para este análisis, ya que corresponden únicamente a una duración de 10 min. Todos los análisis se presentan a continuación por separado.

Cuadro 20 Intensidad Máxima (mm/h) Registrada Período 1970-2000

| AÑO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|------|-------|-------|--------|------------|
| 1970 | 50.4 | 23.0 | 30.0 | 47.4 |
| 1971 | 40.0 | 45.2 | 82.2 | 82.8 |
| 1972 | 89.4 | 85.0 | 75.0 | 69.6 |
| 1973 | 43.8 | ND | 76.2 | 72.0 |
| 1974 | 65.4 | 85.8 | 100.8 | 68.4 |
| 1975 | 27.6 | 75.0 | 119.4 | 97.8 |
| 1976 | 59.0 | 77.4 | 84.6 | 42.6 |
| 1977 | 67.2 | 88.8 | 78.0 | 53.4 |
| 1978 | 91.5 | 39.8 | 25.4 | 34.2 |
| 1979 | 138.0 | 47.6 | 36.0 | 39.0 |
| 1980 | 14.1 | 43.4 | 31.9 | 30.0 |
| 1981 | 17.8 | 25.5 | 39.8 | 22.2 |
| 1982 | 21.0 | 27.2 | 38.3 | 23.7 |
| 1983 | 25.8 | 35.7 | 57.3 | 19.5 |
| 1984 | 13.4 | 17.1 | 14.8 | 45.4 |
| 1985 | 18.5 | 32.6 | 28.3 | 50.0 |
| 1986 | 48.0 | 21.6 | 49.8 | 34.8 |
| 1987 | 38.0 | 32.4 | 58.8 | 12.0 |
| 1988 | 19.9 | 29.5 | 41.4 | 20.0 |
| 1989 | 15.3 | 41.7 | 38.4 | 30.4 |
| 1990 | 30.0 | 31.5 | 35.9 | 60.0 |
| 1991 | 60.1 | 25.2 | 90.0 | 48.6 |
| 1992 | 24.0 | 37.2 | 39.7 | 120.0 |
| 1993 | 22.6 | 18.3 | 83.3 | 16.8 |
| 1994 | 112.8 | 154.5 | 132.0 | ND |
| 1995 | ND | 35.4 | 60.0 | 57.2 |
| 1996 | 57.6 | 68.4 | 28.8 | 46.8 |
| 1997 | 88.8 | 115.2 | 83.4 | ND |
| 1998 | 72.0 | 120.0 | 37.2 | 76.8 |
| 1999 | 153.0 | 99.0 | 96.0 | 69.0 |
| 2000 | 85.0 | 100.8 | 133.8 | ND |

*ND No disponible. Fuente: IAM, U de G, 2001.

La Información estadística básica (Cuadro 21), arroja una intensidad promedio de 55.52 mm/h con una variación entre 12 y 154.5 mm/h. La desviación estándar de los 119 datos analizados es de 33.11 mm/h. Esto indica que el mayor número de datos se encuentra en $55.52 \text{ mm/h} \pm 33.11 \text{ mm/h}$, lo cual sugiere una distribución normal de los datos, para lo cual se realizó un análisis de frecuencia y frecuencia acumulada.

Cuadro 21 Resumen de Información Estadística Básica de Intensidad de lluvia

| | |
|-----------------------|--------|
| No. De datos | 119 |
| Promedio | 55.52 |
| Mínimo | 12.00 |
| Máximo | 154.50 |
| Desv. Estándar | 33.11 |

*Félix Beltrán, 2005

6.5.1 Distribución de frecuencias de datos de intensidad de lluvia

Los datos de lluvia se dividieron en 16 intervalos cada uno con una amplitud de 10 mm/h (Cuadro 22). En este cuadro se observa que la mayor frecuencia se encuentra en el intervalo de 30.1-40.0 mm/h con un total de 21 datos. Se puede apreciar que las mayores frecuencias están en 10-50 mm/h.

Cuadro 22 Tabla de distribución de Frecuencias de Intensidad de Lluvia Período 1970-2000

| INTENSIDAD DE LLUVIA mm/h | No. DATOS | INTENSIDAD DE LLUVIA mm/h | No. DATOS |
|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
| 0 – 10.0 | 0 | 80.1 - 90.0 | 12 |
| 10.1 – 20.0 | 13 | 90.1 - 100.0 | 4 |
| 20.1 – 30.0 | 19 | 100.1 - 110.0 | 2 |
| 30.1 – 40.0 | 21 | 110.1 - 120.0 | 5 |
| 40.1 – 50.0 | 14 | 120.1 - 130.0 | 0 |
| 50.1 – 60.0 | 9 | 130.1 - 140.0 | 3 |
| 60.1 – 70.0 | 7 | 140.1 - 150.0 | 0 |
| 70.1 – 80.0 | 8 | 150.1 - 160.0 | 2 |

*Félix Beltrán, 2005.

La distribución de frecuencias se presenta en la Figura 14 . Como se puede apreciar en esta figura la distribución no sigue un comportamiento tipo campana de Gauss. Claramente la distribución es asimétrica y la máxima frecuencia ocurre en el intervalo de 30.1-40.0 mm/h alejado del valor promedio de 55.52 mm/h (Cuadro 21). De no haberse realizado el análisis de distribución de frecuencias, podría pensarse que los datos siguen un comportamiento normal.

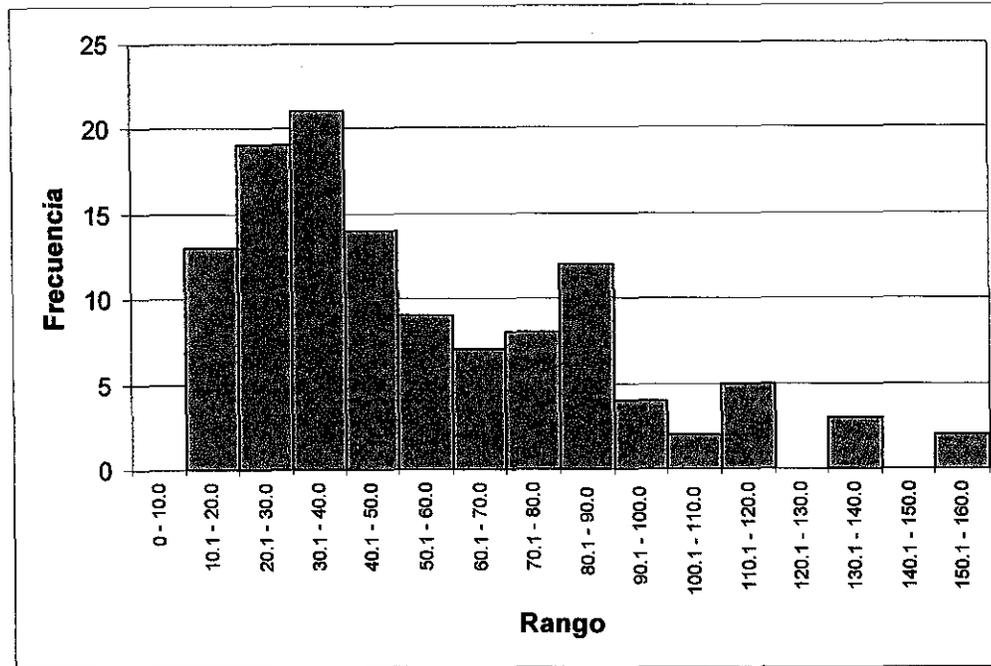


Figura 14 Distribución de Frecuencias de datos de Intensidad de Lluvia Período 1970-2000 (Félix Beltrán, 2005).

6.5.2 Distribución de frecuencias acumuladas de datos de intensidad de lluvia

El análisis de frecuencias acumuladas (Percentil) se presenta a continuación en el Cuadro 23, donde también se encuentra la distribución de frecuencias acumuladas que corresponderían a una distribución normal (Percentil Normal 100). Esta información se presenta en forma gráfica en la Figura 15.

Cuadro 23 Tabla de Distribución de Frecuencias Acumuladas de Intensidad de Lluvia Período 1970-2000.

| N | I (X) | N/n+1 | F | Percentil | Z | Percentil Normal | Percentil Normal (100) |
|---|-------|-------|-------|-----------|-------|------------------|------------------------|
| 1 | 12.0 | 1/120 | 0.008 | 0.833 | -1.31 | 0.0951 | 9.51 |
| 2 | 13.4 | 1/60 | 0.017 | 1.667 | -1.27 | 0.1020 | 10.20 |
| 3 | 14.1 | 1/40 | 0.025 | 2.500 | -1.25 | 0.1056 | 10.56 |
| 4 | 14.8 | 1/30 | 0.033 | 3.333 | -1.23 | 0.1093 | 10.93 |
| 5 | 15.3 | 1/24 | 0.042 | 4.167 | -1.21 | 0.1131 | 11.31 |
| 6 | 16.8 | 1/20 | 0.050 | 5.000 | -1.17 | 0.1210 | 12.10 |

| N | I (X) | N/n+1 | F | Percentil | Z | Percentil Normal | Percentil Normal (100) |
|----|-------|--------|-------|-----------|-------|------------------|------------------------|
| 7 | 17.1 | 7/120 | 0.058 | 5.833 | -1.16 | 0.1230 | 12.30 |
| 8 | 17.8 | 1/15 | 0.067 | 6.667 | -1.14 | 0.1271 | 12.71 |
| 9 | 18.3 | 3/40 | 0.075 | 7.500 | -1.12 | 0.1314 | 13.14 |
| 10 | 18.5 | 1/12 | 0.083 | 8.333 | -1.12 | 0.1314 | 13.14 |
| 11 | 19.5 | 11/120 | 0.092 | 9.167 | -1.09 | 0.1379 | 13.79 |
| 12 | 19.9 | 1/10 | 0.100 | 10.000 | -1.08 | 0.1401 | 14.01 |
| 13 | 20.0 | 13/120 | 0.108 | 10.833 | -1.07 | 0.1423 | 14.23 |
| 14 | 21.0 | 7/60 | 0.117 | 11.667 | -1.04 | 0.1492 | 14.92 |
| 15 | 21.6 | 1/8 | 0.125 | 12.500 | -1.02 | 0.1539 | 15.39 |
| 16 | 22.2 | 2/15 | 0.133 | 13.333 | -1.01 | 0.1562 | 15.62 |
| 17 | 22.6 | 17/120 | 0.142 | 14.167 | -0.99 | 0.1611 | 16.11 |
| 18 | 23.0 | 3/20 | 0.150 | 15.000 | -0.98 | 0.1635 | 16.35 |
| 19 | 23.7 | 19/120 | 0.158 | 15.833 | -0.96 | 0.1685 | 16.85 |
| 20 | 24.0 | 1/6 | 0.167 | 16.667 | -0.95 | 0.1711 | 17.11 |
| 21 | 25.2 | 7/40 | 0.175 | 17.500 | -0.92 | 0.1788 | 17.88 |
| 22 | 25.4 | 11/60 | 0.183 | 18.333 | -0.91 | 0.1814 | 18.14 |
| 23 | 25.5 | 23/120 | 0.192 | 19.167 | -0.91 | 0.1814 | 18.14 |
| 24 | 25.8 | 1/5 | 0.200 | 20.000 | -0.90 | 0.1841 | 18.41 |
| 25 | 27.2 | 5/24 | 0.208 | 20.833 | -0.86 | 0.1949 | 19.49 |
| 26 | 27.6 | 13/60 | 0.217 | 21.667 | -0.84 | 0.2004 | 20.04 |
| 27 | 28.3 | 9/40 | 0.225 | 22.500 | -0.82 | 0.2061 | 20.61 |
| 28 | 28.8 | 7/30 | 0.233 | 23.333 | -0.81 | 0.2090 | 20.90 |
| 29 | 29.5 | 29/120 | 0.242 | 24.167 | -0.79 | 0.2148 | 21.48 |
| 30 | 30.0 | 1/4 | 0.250 | 25.000 | -0.77 | 0.2206 | 22.06 |
| 31 | 30.0 | 31/120 | 0.258 | 25.833 | -0.77 | 0.2206 | 22.06 |
| 32 | 30.0 | 4/15 | 0.267 | 26.667 | -0.77 | 0.2206 | 22.06 |
| 33 | 30.4 | 11/40 | 0.275 | 27.500 | -0.76 | 0.2236 | 22.36 |
| 34 | 31.5 | 17/60 | 0.283 | 28.333 | -0.73 | 0.2327 | 23.27 |
| 35 | 31.9 | 7/24 | 0.292 | 29.167 | -0.71 | 0.2388 | 23.88 |
| 36 | 32.4 | 3/10 | 0.300 | 30.000 | -0.70 | 0.2420 | 24.20 |
| 37 | 32.6 | 37/120 | 0.308 | 30.833 | -0.69 | 0.2451 | 24.51 |
| 38 | 34.2 | 19/60 | 0.317 | 31.667 | -0.64 | 0.2611 | 26.11 |
| 39 | 34.8 | 13/40 | 0.325 | 32.500 | -0.63 | 0.2643 | 26.43 |
| 40 | 35.4 | 1/3 | 0.333 | 33.333 | -0.61 | 0.2709 | 27.09 |
| 41 | 35.7 | 41/120 | 0.342 | 34.167 | -0.60 | 0.2742 | 27.42 |
| 42 | 35.9 | 7/20 | 0.350 | 35.000 | -0.59 | 0.2776 | 27.76 |
| 43 | 36.0 | 43/120 | 0.358 | 35.833 | -0.59 | 0.2776 | 27.76 |
| 44 | 37.2 | 11/30 | 0.367 | 36.667 | -0.55 | 0.2912 | 29.12 |
| 45 | 37.2 | 3/8 | 0.375 | 37.500 | -0.55 | 0.2912 | 29.12 |
| 46 | 38.0 | 23/60 | 0.383 | 38.333 | -0.53 | 0.2981 | 29.81 |
| 47 | 38.3 | 47/120 | 0.392 | 39.167 | -0.52 | 0.3015 | 30.15 |

| N | I (X) | N/n+1 | F | Percentil | Z | Percentil Normal | Percentil Normal (100) |
|----|-------|--------|-------|-----------|-------|------------------|------------------------|
| 48 | 38.4 | 2/5 | 0.400 | 40.000 | -0.52 | 0.3015 | 30.15 |
| 49 | 39.0 | 49/120 | 0.408 | 40.833 | -0.50 | 0.3085 | 30.85 |
| 50 | 39.7 | 5/12 | 0.417 | 41.667 | -0.48 | 0.3156 | 31.56 |
| 51 | 39.8 | 17/40 | 0.425 | 42.500 | -0.47 | 0.3192 | 31.92 |
| 52 | 39.8 | 13/30 | 0.433 | 43.333 | -0.47 | 0.3192 | 31.92 |
| 53 | 40.0 | 53/120 | 0.442 | 44.167 | -0.47 | 0.3192 | 31.92 |
| 54 | 41.4 | 9/20 | 0.450 | 45.000 | -0.43 | 0.3336 | 33.36 |
| 55 | 41.7 | 11/24 | 0.458 | 45.833 | -0.42 | 0.3372 | 33.72 |
| 56 | 42.6 | 7/15 | 0.467 | 46.667 | -0.39 | 0.3483 | 34.83 |
| 57 | 43.4 | 19/40 | 0.475 | 47.500 | -0.37 | 0.3557 | 35.57 |
| 58 | 43.8 | 29/60 | 0.483 | 48.333 | -0.35 | 0.3632 | 36.32 |
| 59 | 45.2 | 59/120 | 0.492 | 49.167 | -0.31 | 0.3783 | 37.83 |
| 60 | 45.4 | 1/2 | 0.500 | 50.000 | -0.31 | 0.3783 | 37.83 |
| 61 | 46.8 | 61/120 | 0.508 | 50.833 | -0.26 | 0.3974 | 39.74 |
| 62 | 47.4 | 31/60 | 0.517 | 51.667 | -0.25 | 0.4013 | 40.13 |
| 63 | 47.6 | 21/40 | 0.525 | 52.500 | -0.24 | 0.4052 | 40.52 |
| 64 | 48.0 | 8/15 | 0.533 | 53.333 | -0.23 | 0.4090 | 40.90 |
| 65 | 48.6 | 13/24 | 0.542 | 54.167 | -0.21 | 0.4168 | 41.68 |
| 66 | 49.8 | 11/20 | 0.550 | 55.000 | -0.17 | 0.4325 | 43.25 |
| 67 | 50.0 | 67/120 | 0.558 | 55.833 | -0.17 | 0.4325 | 43.25 |
| 68 | 50.4 | 17/30 | 0.567 | 56.667 | -0.15 | 0.4404 | 44.04 |
| 69 | 53.4 | 23/40 | 0.575 | 57.500 | -0.06 | 0.4761 | 47.61 |
| 70 | 57.2 | 7/12 | 0.583 | 58.333 | 0.05 | 0.5199 | 51.99 |
| 71 | 57.3 | 71/120 | 0.592 | 59.167 | 0.05 | 0.5199 | 51.99 |
| 72 | 57.6 | 3/5 | 0.600 | 60.000 | 0.06 | 0.5239 | 52.39 |
| 73 | 58.8 | 73/120 | 0.608 | 60.833 | 0.10 | 0.5398 | 53.98 |
| 74 | 59.0 | 37/60 | 0.617 | 61.667 | 0.11 | 0.5438 | 54.38 |
| 75 | 60.0 | 5/8 | 0.625 | 62.500 | 0.14 | 0.5557 | 55.57 |
| 76 | 60.0 | 19/30 | 0.633 | 63.333 | 0.14 | 0.5557 | 55.57 |
| 77 | 60.1 | 77/120 | 0.642 | 64.167 | 0.14 | 0.5557 | 55.57 |
| 78 | 65.4 | 13/20 | 0.650 | 65.000 | 0.30 | 0.6179 | 61.79 |
| 79 | 67.2 | 79/120 | 0.658 | 65.833 | 0.35 | 0.6368 | 63.68 |
| 80 | 68.4 | 2/3 | 0.667 | 66.667 | 0.39 | 0.6517 | 65.17 |
| 81 | 68.4 | 27/40 | 0.675 | 67.500 | 0.39 | 0.6517 | 65.17 |
| 82 | 69.0 | 41/60 | 0.683 | 68.333 | 0.41 | 0.6591 | 65.91 |
| 83 | 69.6 | 83/120 | 0.692 | 69.167 | 0.43 | 0.6664 | 66.64 |
| 84 | 72.0 | 7/10 | 0.700 | 70.000 | 0.50 | 0.6915 | 69.15 |
| 85 | 72.0 | 17/24 | 0.708 | 70.833 | 0.50 | 0.6915 | 69.15 |
| 86 | 75.0 | 43/60 | 0.717 | 71.667 | 0.59 | 0.7224 | 72.24 |
| 87 | 75.0 | 29/40 | 0.725 | 72.500 | 0.59 | 0.7224 | 72.24 |
| 88 | 76.2 | 11/15 | 0.733 | 73.333 | 0.62 | 0.7324 | 73.24 |

| N | I (X) | N/n+1 | F | Percentil | Z | Percentil Normal | Percentil Normal (100) |
|----------|--------------|--------------|----------|------------------|----------|-------------------------|-------------------------------|
| 89 | 76.8 | 89/120 | 0.742 | 74.167 | 0.64 | 0.7389 | 73.89 |
| 90 | 77.4 | 3/4 | 0.750 | 75.000 | 0.66 | 0.7454 | 74.54 |
| 91 | 78.0 | 91/120 | 0.758 | 75.833 | 0.68 | 0.7518 | 75.18 |
| 92 | 82.2 | 23/30 | 0.767 | 76.667 | 0.81 | 0.7910 | 79.1 |
| 93 | 82.8 | 31/40 | 0.775 | 77.500 | 0.82 | 0.7939 | 79.39 |
| 94 | 83.3 | 47/60 | 0.783 | 78.333 | 0.84 | 0.7996 | 79.96 |
| 95 | 83.4 | 19/24 | 0.792 | 79.167 | 0.84 | 0.7996 | 79.96 |
| 96 | 84.6 | 4/5 | 0.800 | 80.000 | 0.88 | 0.8106 | 81.06 |
| 97 | 85.0 | 97/120 | 0.808 | 80.833 | 0.89 | 0.8133 | 81.33 |
| 98 | 85.0 | 49/60 | 0.817 | 81.667 | 0.89 | 0.8133 | 81.33 |
| 99 | 85.8 | 33/40 | 0.825 | 82.500 | 0.91 | 0.8186 | 81.86 |
| 100 | 88.8 | 5/6 | 0.833 | 83.333 | 1.01 | 0.8438 | 84.38 |
| 101 | 88.8 | 101/120 | 0.842 | 84.167 | 1.01 | 0.8438 | 84.38 |
| 102 | 89.4 | 17/20 | 0.850 | 85.000 | 1.02 | 0.8461 | 84.61 |
| 103 | 90.0 | 103/120 | 0.858 | 85.833 | 1.04 | 0.8508 | 85.08 |
| 104 | 91.5 | 13/15 | 0.867 | 86.667 | 1.09 | 0.8621 | 86.21 |
| 105 | 96.0 | 7/8 | 0.875 | 87.500 | 1.22 | 0.8888 | 88.88 |
| 106 | 97.8 | 53/60 | 0.883 | 88.333 | 1.28 | 0.8997 | 89.97 |
| 107 | 99.0 | 107/120 | 0.892 | 89.167 | 1.31 | 0.9049 | 90.49 |
| 108 | 100.8 | 9/10 | 0.900 | 90.000 | 1.37 | 0.9147 | 91.47 |
| 109 | 100.8 | 109/120 | 0.908 | 90.833 | 1.37 | 0.9147 | 91.47 |
| 110 | 112.8 | 11/12 | 0.917 | 91.667 | 1.73 | 0.9582 | 95.82 |
| 111 | 115.2 | 37/40 | 0.925 | 92.500 | 1.80 | 0.9641 | 96.41 |
| 112 | 119.4 | 14/15 | 0.933 | 93.333 | 1.93 | 0.9732 | 97.32 |
| 113 | 120.0 | 113/120 | 0.942 | 94.167 | 1.95 | 0.9744 | 97.44 |
| 114 | 120.0 | 19/20 | 0.950 | 95.000 | 1.95 | 0.9744 | 97.44 |
| 115 | 132.0 | 23/24 | 0.958 | 95.833 | 2.31 | 0.9896 | 98.96 |
| 116 | 133.8 | 29/30 | 0.967 | 96.667 | 2.36 | 0.9909 | 99.09 |
| 117 | 138.0 | 39/40 | 0.975 | 97.500 | 2.49 | 0.9936 | 99.36 |
| 118 | 153.0 | 59/60 | 0.983 | 98.333 | 2.94 | 0.9984 | 99.84 |
| 119 | 154.5 | 119/120 | 0.992 | 99.167 | 2.99 | 0.9986 | 99.86 |

*Félix Beltrán, 2005.

Al comparar las dos curvas de la Figura 15 se observa que se separan en algunas zonas, lo que indica que los datos se alejan del comportamiento de una distribución normal.

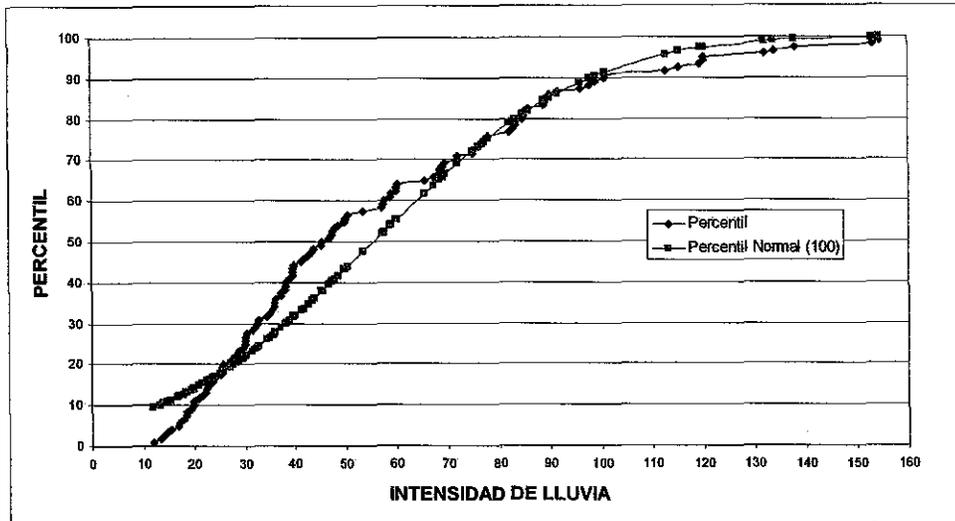


Figura 15 Gráfica de Distribución de Frecuencias Acumuladas de Intensidad de Lluvia 1970-2000 (Félix Beltrán, 2005).

6.5.3 Análisis de normalidad de los datos de intensidad de lluvia

En la sección anterior se indicó que los datos no parecen seguir una distribución normal. Pero el análisis se basó en el análisis gráfico de las curvas de distribución de frecuencias y de frecuencias acumuladas (Figura 14 y Figura 15). Para corroborar esta afirmación se realizó una prueba de bondad de ajuste de los datos a una distribución normal. La prueba de bondad que se eligió fue la de Smirnov ya que esta prueba se considera la mejor prueba de ajuste (Ortiz Solorio, 1984).

La prueba de Smirnov se basa en el cálculo del término nW^2 , si este parámetro es menor o igual a 0.166 se considera que los datos sí corresponden a una distribución normal; y en caso contrario los datos no serían correctamente descritos por una distribución normal. Los pasos realizados para el cálculo del término nW^2 se detallan en el Cuadro 24.

Hipótesis = los datos de intensidad de lluvia siguen una distribución normal

Hipótesis \neq los datos de intensidad de lluvia no siguen una distribución normal

Cuadro 24 Tabla de Prueba de Bondad de Ajuste para Intensidad de Lluvia

| N | Perceñtil Normal | Perceñtil Normal (100) | $2i-1/2n$ | $F(x)-2i-1/2n$ | $[F(x)-2i-1/2n]^2$ |
|---|------------------|------------------------|-----------|----------------|--------------------|
| 1 | 0.0951 | 9.51 | 0.0042 | 0.0909 | 0.0083 |
| 2 | 0.1020 | 10.20 | 0.0126 | 0.0894 | 0.0080 |
| 3 | 0.1056 | 10.56 | 0.0210 | 0.0846 | 0.0072 |

| N | Percentil Normal | Percentil Normal (100) | $2i-1/2n$ | $F(x)-2i-1/2n$ | $[F(x)-2i-1/2n]^2$ |
|----|------------------|------------------------|-----------|----------------|--------------------|
| 4 | 0.1093 | 10.93 | 0.0294 | 0.0799 | 0.0064 |
| 5 | 0.1131 | 11.31 | 0.0378 | 0.0753 | 0.0057 |
| 6 | 0.1210 | 12.10 | 0.0462 | 0.0748 | 0.0056 |
| 7 | 0.1230 | 12.30 | 0.0546 | 0.0684 | 0.0047 |
| 8 | 0.1271 | 12.71 | 0.0630 | 0.0641 | 0.0041 |
| 9 | 0.1314 | 13.14 | 0.0714 | 0.0600 | 0.0036 |
| 10 | 0.1314 | 13.14 | 0.0798 | 0.0516 | 0.0027 |
| 11 | 0.1379 | 13.79 | 0.0882 | 0.0497 | 0.0025 |
| 12 | 0.1401 | 14.01 | 0.0966 | 0.0435 | 0.0019 |
| 13 | 0.1423 | 14.23 | 0.1050 | 0.0373 | 0.0014 |
| 14 | 0.1492 | 14.92 | 0.1134 | 0.0358 | 0.0013 |
| 15 | 0.1539 | 15.39 | 0.1218 | 0.0321 | 0.0010 |
| 16 | 0.1562 | 15.62 | 0.1303 | 0.0259 | 0.0007 |
| 17 | 0.1611 | 16.11 | 0.1387 | 0.0224 | 0.0005 |
| 18 | 0.1635 | 16.35 | 0.1471 | 0.0164 | 0.0003 |
| 19 | 0.1685 | 16.85 | 0.1555 | 0.0130 | 0.0002 |
| 20 | 0.1711 | 17.11 | 0.1639 | 0.0072 | 0.0001 |
| 21 | 0.1788 | 17.88 | 0.1723 | 0.0065 | 0.00004 |
| 22 | 0.1814 | 18.14 | 0.1807 | 0.0007 | 0.000001 |
| 23 | 0.1814 | 18.14 | 0.1891 | -0.0077 | 0.0001 |
| 24 | 0.1841 | 18.41 | 0.1975 | -0.0134 | 0.0002 |
| 25 | 0.1949 | 19.49 | 0.2059 | -0.0110 | 0.0001 |
| 26 | 0.2004 | 20.04 | 0.2143 | -0.0139 | 0.0002 |
| 27 | 0.2061 | 20.61 | 0.2227 | -0.0166 | 0.0003 |
| 28 | 0.2090 | 20.90 | 0.2311 | -0.0221 | 0.0005 |
| 29 | 0.2148 | 21.48 | 0.2395 | -0.0247 | 0.0006 |
| 30 | 0.2206 | 22.06 | 0.2479 | -0.0273 | 0.0007 |
| 31 | 0.2206 | 22.06 | 0.2563 | -0.0357 | 0.0013 |
| 32 | 0.2206 | 22.06 | 0.2647 | -0.0441 | 0.0019 |
| 33 | 0.2236 | 22.36 | 0.2731 | -0.0495 | 0.0025 |
| 34 | 0.2327 | 23.27 | 0.2815 | -0.0488 | 0.0024 |
| 35 | 0.2388 | 23.88 | 0.2899 | -0.0511 | 0.0026 |
| 36 | 0.2420 | 24.20 | 0.2983 | -0.0563 | 0.0032 |
| 37 | 0.2451 | 24.51 | 0.3067 | -0.0616 | 0.0038 |
| 38 | 0.2611 | 26.11 | 0.3151 | -0.0540 | 0.0029 |
| 39 | 0.2643 | 26.43 | 0.3235 | -0.0592 | 0.0035 |
| 40 | 0.2709 | 27.09 | 0.3319 | -0.0610 | 0.0037 |
| 41 | 0.2742 | 27.42 | 0.3403 | -0.0661 | 0.0044 |
| 42 | 0.2776 | 27.76 | 0.3487 | -0.0711 | 0.0051 |
| 43 | 0.2776 | 27.76 | 0.3571 | -0.0795 | 0.0063 |
| 44 | 0.2912 | 29.12 | 0.3655 | -0.0743 | 0.0055 |

| N | Percentil Normal | Percentil Normal (100) | 2i-1/2n | F(x)-2i-1/2n | [F(x)-2i-1/2n] ² |
|----|------------------|------------------------|---------|--------------|-----------------------------|
| 45 | 0.2912 | 29.12 | 0.3739 | -0.0827 | 0.0068 |
| 46 | 0.2981 | 29.81 | 0.3824 | -0.0843 | 0.0071 |
| 47 | 0.3015 | 30.15 | 0.3908 | -0.0893 | 0.0080 |
| 48 | 0.3015 | 30.15 | 0.3992 | -0.0977 | 0.0095 |
| 49 | 0.3085 | 30.85 | 0.4076 | -0.0991 | 0.0098 |
| 50 | 0.3156 | 31.56 | 0.4160 | -0.1004 | 0.0101 |
| 51 | 0.3192 | 31.92 | 0.4244 | -0.1052 | 0.0111 |
| 52 | 0.3192 | 31.92 | 0.4328 | -0.1136 | 0.0129 |
| 53 | 0.3192 | 31.92 | 0.4412 | -0.1220 | 0.0149 |
| 54 | 0.3336 | 33.36 | 0.4496 | -0.1160 | 0.0135 |
| 55 | 0.3372 | 33.72 | 0.4580 | -0.1208 | 0.0146 |
| 56 | 0.3483 | 34.83 | 0.4664 | -0.1181 | 0.0139 |
| 57 | 0.3557 | 35.57 | 0.4748 | -0.1191 | 0.0142 |
| 58 | 0.3632 | 36.32 | 0.4832 | -0.1200 | 0.0144 |
| 59 | 0.3783 | 37.83 | 0.4916 | -0.1133 | 0.0128 |
| 60 | 0.3783 | 37.83 | 0.5000 | -0.1217 | 0.0148 |
| 61 | 0.3974 | 39.74 | 0.5084 | -0.1110 | 0.0123 |
| 62 | 0.4013 | 40.13 | 0.5168 | -0.1155 | 0.0133 |
| 63 | 0.4052 | 40.52 | 0.5252 | -0.1200 | 0.0144 |
| 64 | 0.4090 | 40.90 | 0.5336 | -0.1246 | 0.0155 |
| 65 | 0.4168 | 41.68 | 0.5420 | -0.1252 | 0.0157 |
| 66 | 0.4325 | 43.25 | 0.5504 | -0.1179 | 0.0139 |
| 67 | 0.4325 | 43.25 | 0.5588 | -0.1263 | 0.0160 |
| 68 | 0.4404 | 44.04 | 0.5672 | -0.1268 | 0.0161 |
| 69 | 0.4761 | 47.61 | 0.5756 | -0.0995 | 0.0099 |
| 70 | 0.5199 | 51.99 | 0.5840 | -0.0641 | 0.0041 |
| 71 | 0.5199 | 51.99 | 0.5924 | -0.0725 | 0.0053 |
| 72 | 0.5239 | 52.39 | 0.6008 | -0.0769 | 0.0059 |
| 73 | 0.5398 | 53.98 | 0.6092 | -0.0694 | 0.0048 |
| 74 | 0.5438 | 54.38 | 0.6176 | -0.0738 | 0.0055 |
| 75 | 0.5557 | 55.57 | 0.6261 | -0.0704 | 0.0049 |
| 76 | 0.5557 | 55.57 | 0.6345 | -0.0788 | 0.0062 |
| 77 | 0.5557 | 55.57 | 0.6429 | -0.0872 | 0.0076 |
| 78 | 0.6179 | 61.79 | 0.6513 | -0.0334 | 0.0011 |
| 79 | 0.6368 | 63.68 | 0.6597 | -0.0229 | 0.0005 |
| 80 | 0.6517 | 65.17 | 0.6681 | -0.0164 | 0.0003 |
| 81 | 0.6517 | 65.17 | 0.6765 | -0.0248 | 0.0006 |
| 82 | 0.6591 | 65.91 | 0.6849 | -0.0258 | 0.0007 |
| 83 | 0.6664 | 66.64 | 0.6933 | -0.0269 | 0.0007 |
| 84 | 0.6915 | 69.15 | 0.7017 | -0.0102 | 0.0001 |
| 85 | 0.6915 | 69.15 | 0.7101 | -0.0186 | 0.0003 |

| N | Percentil Normal | Percentil Normal (100) | 2i-1/2n | F(x)-2i-1/2n | [F(x)-2i-1/2n] ² |
|-----|------------------|------------------------|---------|--------------|-----------------------------|
| 86 | 0.7224 | 72.24 | 0.7185 | 0.0039 | 0.00002 |
| 87 | 0.7224 | 72.24 | 0.7269 | -0.0045 | 0.00002 |
| 88 | 0.7324 | 73.24 | 0.7353 | -0.0029 | 0.00001 |
| 89 | 0.7389 | 73.89 | 0.7437 | -0.0048 | 0.00002 |
| 90 | 0.7454 | 74.54 | 0.7521 | -0.0067 | 0.00004 |
| 91 | 0.7518 | 75.18 | 0.7605 | -0.0087 | 0.0001 |
| 92 | 0.7910 | 79.1 | 0.7689 | 0.0221 | 0.0005 |
| 93 | 0.7939 | 79.39 | 0.7773 | 0.0166 | 0.0003 |
| 94 | 0.7996 | 79.96 | 0.7857 | 0.0139 | 0.0002 |
| 95 | 0.7996 | 79.96 | 0.7941 | 0.0055 | 0.00003 |
| 96 | 0.8106 | 81.06 | 0.8025 | 0.0081 | 0.0001 |
| 97 | 0.8133 | 81.33 | 0.8109 | 0.0024 | 0.00001 |
| 98 | 0.8133 | 81.33 | 0.8193 | -0.0060 | 0.00004 |
| 99 | 0.8186 | 81.86 | 0.8277 | -0.0091 | 0.0001 |
| 100 | 0.8438 | 84.38 | 0.8361 | 0.0077 | 0.0001 |
| 101 | 0.8438 | 84.38 | 0.8445 | -0.0007 | 0.000001 |
| 102 | 0.8461 | 84.61 | 0.8529 | -0.0068 | 0.00005 |
| 103 | 0.8508 | 85.08 | 0.8613 | -0.0105 | 0.0001 |
| 104 | 0.8621 | 86.21 | 0.8697 | -0.0076 | 0.0001 |
| 105 | 0.8888 | 88.88 | 0.8782 | 0.0106 | 0.0001 |
| 106 | 0.8997 | 89.97 | 0.8866 | 0.0131 | 0.0002 |
| 107 | 0.9049 | 90.49 | 0.8950 | 0.0099 | 0.0001 |
| 108 | 0.9147 | 91.47 | 0.9034 | 0.0113 | 0.0001 |
| 109 | 0.9147 | 91.47 | 0.9118 | 0.0029 | 0.00001 |
| 110 | 0.9582 | 95.82 | 0.9202 | 0.0380 | 0.0014 |
| 111 | 0.9641 | 96.41 | 0.9286 | 0.0355 | 0.0013 |
| 112 | 0.9732 | 97.32 | 0.9370 | 0.0362 | 0.0013 |
| 113 | 0.9744 | 97.44 | 0.9454 | 0.0290 | 0.0008 |
| 114 | 0.9744 | 97.44 | 0.9538 | 0.0206 | 0.0004 |
| 115 | 0.9896 | 98.96 | 0.9622 | 0.0274 | 0.0008 |
| 116 | 0.9909 | 99.09 | 0.9706 | 0.0203 | 0.0004 |
| 117 | 0.9936 | 99.36 | 0.9790 | 0.0146 | 0.0002 |
| 118 | 0.9984 | 99.84 | 0.9874 | 0.0110 | 0.0001 |
| 119 | 0.9986 | 99.86 | 0.9958 | 0.0028 | 0.00001 |

*Félix Beltrán, 2005.

$$\Sigma[F(x)-2i-1/2n]^2 = 0.4907$$

$$nW^2 \text{ (calculado)} = 1/12n + \Sigma[F(x)-2i-1/2n]^2 = 0.4914$$

Criterio de Aceptación de Hipótesis: $nW^2 \leq 0.166$

Como se presenta en las ecuaciones anteriores el valor de nW^2 es igual a 0.4914. Dado que este valor es mayor a 0.166 el cual corresponde al criterio de ajuste, se concluye que los datos de intensidad de lluvia no siguen una distribución normal (Ortiz Solorio, 1984).

6.5.4 Período de retorno de intensidad de lluvia

Uno de los elementos más importantes para el diseño de colectores, es el período de retorno en que ocurre un determinado valor de intensidad de lluvia. Para esto la bibliografía recomienda utilizar las gráficas del pluviógrafo diarias durante al menos 3 años consecutivos (López Cualla, 1999). Cabe aclarar que el cálculo de períodos de retorno que se presenta a continuación no fue realizado como lo indica la bibliografía ya que no se contó con la información completa. Por lo cual, el período de retorno se calculó a partir de la frecuencia con la que se presentaron intensidades de lluvia en el período de 31 años (1970-2000), datos proporcionados por el IAM. Los resultados del cálculo del período de retorno se presentan a continuación en el Cuadro 25 y en la Figura 16.

Cuadro 25 Tabla de Cálculo de Períodos de Retorno de Intensidad de Lluvia

| RANGO | No. DATOS | Intensidad de Lluvia mm/h (I) | No. De datos <= I | No. Datos > I | No. Años | Periodo de retorno (años) |
|---------------|------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 0 - 10.0 | 0 | 10 | 0 | 119 | 31 | 0.3 |
| 10.1 - 20.0 | 13 | 20 | 13 | 106 | 31 | 0.3 |
| 20.1 - 30.0 | 19 | 30 | 32 | 87 | 31 | 0.4 |
| 30.1 - 40.0 | 21 | 40 | 53 | 66 | 31 | 0.5 |
| 40.1 - 50.0 | 14 | 50 | 67 | 52 | 31 | 0.6 |
| 50.1 - 60.0 | 9 | 60 | 76 | 43 | 31 | 0.7 |
| 60.1 - 70.0 | 7 | 70 | 83 | 36 | 31 | 0.9 |
| 70.1 - 80.0 | 8 | 80 | 91 | 28 | 31 | 1.1 |
| 80.1 - 90.0 | 12 | 90 | 103 | 16 | 31 | 1.9 |
| 90.1 - 100.0 | 4 | 100 | 107 | 12 | 31 | 2.6 |
| 100.1 - 110.0 | 2 | 110 | 109 | 10 | 31 | 3.1 |
| 110.1 - 120.0 | 5 | 120 | 114 | 5 | 31 | 6.2 |
| 120.1 - 130.0 | 0 | 130 | 114 | 5 | 31 | 6.2 |
| 130.1 - 140.0 | 3 | 140 | 117 | 2 | 31 | 15.5 |
| 140.1 - 150.0 | 0 | 150 | 117 | 2 | 31 | 15.5 |
| 150.1 - 160.0 | 2 | 160 | 119 | 0 | 31 | > 31 |

*Félix Beltrán, 2005.

Los principales colectores de la zona de estudio fueron diseñados para una intensidad de lluvia de 52 mm/h (Gob del Edo de Jal., 1965-1970). Actualmente se diseñan para intensidades de lluvia de 60 mm/h. Ambos casos caen dentro del rango de 50.1 a 60.0 mm/h (Cuadro 28), lo cual indica que a partir del rango de 60.1 a 70.0 mm/h ya existe la posibilidad de una inundación, debido a que se rebasaría la capacidad teórica de conducción del sistema de alcantarillado.

Si además se toma en cuenta que el período de retorno de un año abarca hasta una intensidad de lluvia de 80 mm/h, esto indica que cada año se tendrán inundaciones en la zona de estudio (Cuadro 28).

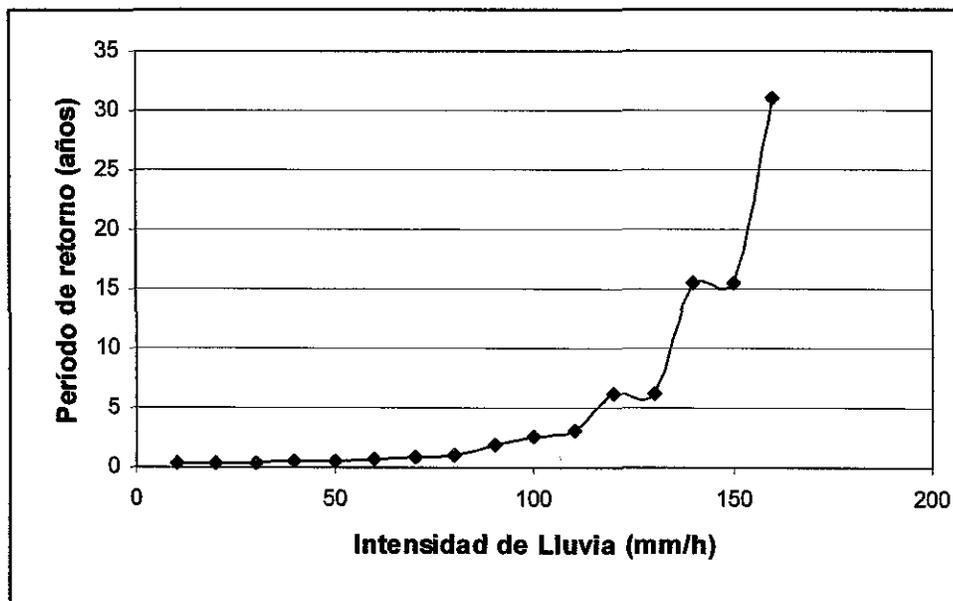


Figura 16 Gráfico de Períodos de Retorno de Intensidad de Lluvia 1970-2000 (Félix Beltrán, 2005).

Como se aprecia en el Cuadro 25, para una intensidad de 80 mm/h le corresponde un período de retorno de 1.1 años. Esto quiere decir que aproximadamente cada año se pueden esperar lluvias con una intensidad de 80 mm/h o mayores. De forma análoga intensidades de lluvia de 140 mm/h o mayores, se presentan aproximadamente cada 15.5 años. En cambio podemos esperar que cada año se tengan lluvias con intensidades de 70 mm/h o menores.

Estos resultados son muy importantes ya que en el diseño de los colectores en la ZMG las autoridades correspondientes recomienda usar una intensidad de lluvia de 60 mm/h. Los resultados anteriores indican que todos lo años se rebasaría la capacidad de los

colectores, ya que cada año se presentan intensidades de lluvia de 70 mm/h. Se hace la observación de que los datos recibidos corresponden a una intensidad máxima calculada para una duración de 10 min, esta duración no necesariamente corresponde a la que se debe usar en el diseño de colectores.

6.6 Análisis de la Vulnerabilidad

Se realizó un análisis de la vulnerabilidad que presenta la zona de estudio, tomando en cuenta todos los datos recabados, y siguiendo la metodología propuesta por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, de la Organización Panamericana de la Salud.

Se construyó un mapa de vulnerabilidad a inundaciones, en donde se tomaron en cuenta los datos de caudal de escurrimientos pluviales, capacidad de los colectores y pendiente del terreno. En el cual se observa que la zona más vulnerable a las inundaciones es la que se encuentra a todo lo largo de las avenidas López Mateos y Mariano Otero. Pero al mismo tiempo es la zona donde se encuentra la mayor capacidad de respuesta de parte de la población civil y de las diferentes instituciones de protección como son: bomberos, cruz verde, policía, etc. (Figura 17 y Figura 18).

Se hizo una recopilación de información de los AGEB's a los cuales pertenece la zona de estudio siendo en total 70 AGEB's de acuerdo con el INEGI, los resultados se presentan en el Cuadro 6 en la descripción de la zona de estudio. Así mismo, se realizó un mapa de análisis de información de vialidad de las avenidas que delimitan al centro comercial, el cual se incluye en las siguientes páginas.

De acuerdo con el análisis de toda la información recabada en diferentes dependencias de gobierno se obtienen los siguientes resultados:

- a) La zona que delimita al centro comercial Plaza del Sol, es el sitio de mayor vulnerabilidad ante el riesgo de inundaciones causadas por escurrimientos pluviales durante la época de lluvias en la ZMG. Esto se debe a la que la zona está comprendida en cotas bajas (llanos), a que antes de la pavimentación eran zonas de escurrimientos pluviales y paso de arroyos, a la elevación del carril central de la avenida López Mateos el cual funciona como represa, a que el canal interceptor de aguas pluviales no funciona como fue planeado debido a que se encuentra obstruido por crecimiento de malezas y basura que es arrojada por los pobladores aledaños, a la cobertura de asfalto del terreno que actualmente es del 90 % lo cual aumenta el caudal de escurrimiento de agua de lluvia.

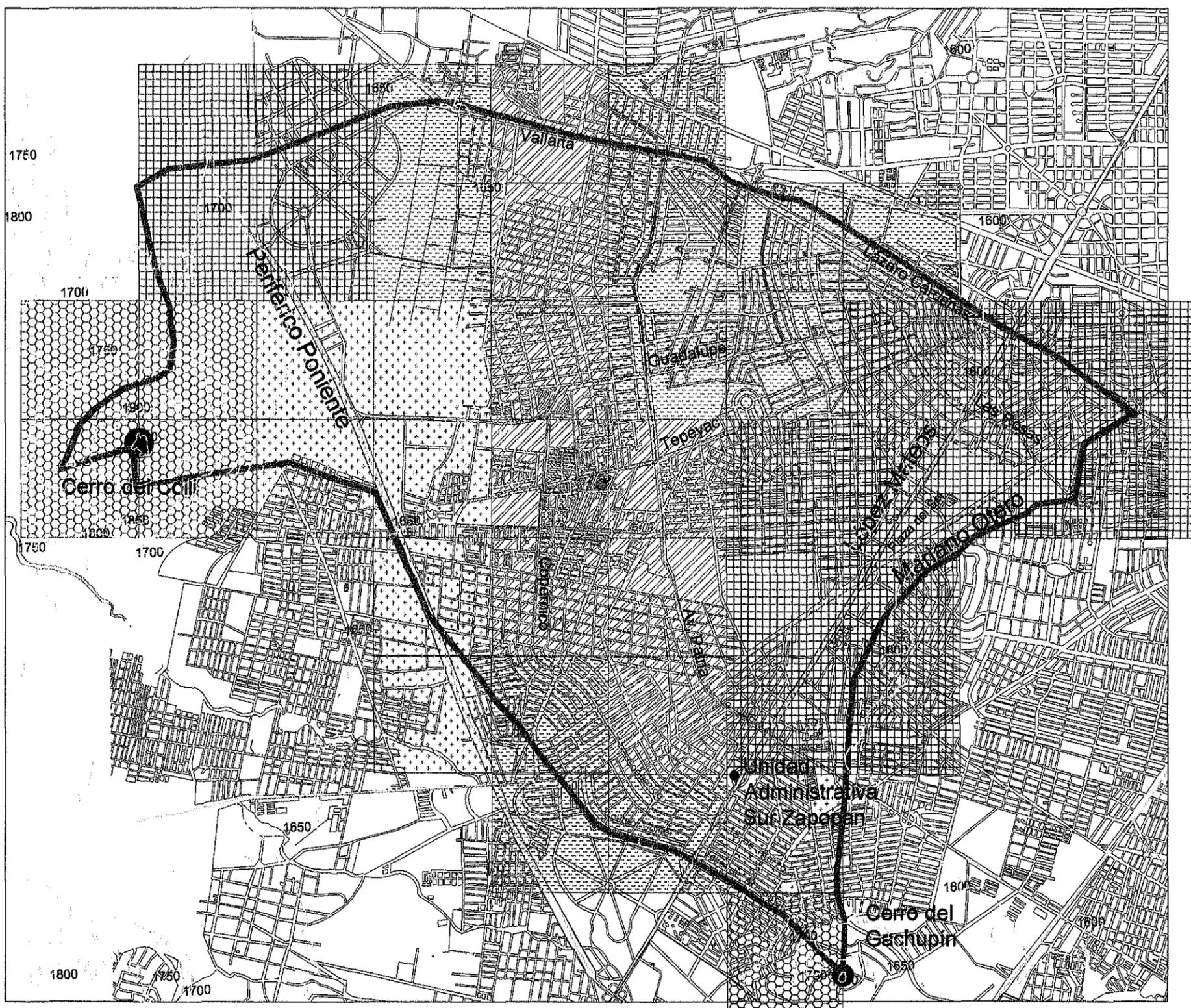
- b) La zona no cuenta con colectores pluviales con capacidad suficiente para la conducción de agua de lluvia y por último, se debe a que la zona tiene una alta concentración de personas debido a la cantidad de paradas de autobuses urbanos (8 en total) y a la cantidad de vehículos que transitan por la zona lo cual asciende a 3,000 vehículos por hora (Vialidad y Tránsito). Esto significa que si se da un evento de inundación durante una hora, los vehículos afectados serán 3,000 en total. En general dentro de la zona de estudio las avenidas López Mateos y Mariano Otero son las más vulnerables a una inundación causada por escurrimientos pluviales.
- c) Al mismo tiempo dicha zona es la que tiene mayor capacidad de respuesta, debido a la cercanía que tiene con la Unidad Administrativa Sur Zapopan, donde se encuentra una estación de bomberos, protección civil Zapopan, cruz verde y policía. Así como también al nivel socioeconómico y educativo que poseen los pobladores de la zona de acuerdo con INEGI.
- d) Las zonas que se encuentran muy cercanas al cerro del Colli y Periférico Sur, son zonas menos vulnerables a inundaciones pluviales, debido a que la pendiente del terreno evita esta situación. Pero al mismo tiempo son las personas de nivel educativo y socioeconómico más bajo de toda la zona de estudio, además de que cuentan con poca infraestructura para la conducción de aguas pluviales (drenaje). Por lo tanto son los que tienen una menor capacidad de respuesta y son los más vulnerables ante eventos de otra naturaleza como son deslaves y derrumbes, pero no a inundaciones con escurrimientos pluviales.
- e) Cabe aclarar esta última situación señalada, ya que los pobladores del cerro del Colli si son vulnerables a deslaves, deslizamientos de tierra o derrumbes del terreno por erosión del terreno. Pero no son vulnerables ante una inundación ya que la pendiente del terreno ayuda a que el agua no se estanque. Por lo tanto no se considera como una zona de vulnerabilidad alta ya que el presente trabajo se enfoca en los Riesgos por Inundaciones a causa de Lluvias Torrenciales que se presentan año con año en la ZMG.
- f) Existe un riesgo de electrocución por contacto del agua con la luz eléctrica dentro de la zona de estudio. En las calles existe el riesgo de caída de árboles, y que estos a su vez dañen las instalaciones de luz, provocando que entren en contacto la corriente eléctrica y el agua. En las casas, oficinas y comercios el agua puede llegar a los 15 cm de altura, llegando así a entrar en contacto con los enchufes o cualquier otro contacto de corriente continua.
- g) Por último, cabe señalar la importancia que tiene el nivel promedio de escolaridad que poseen los pobladores de la zona de estudio, puesto que éste

equivale a nivel Preparatoria; esto facilita la realización de programas de educación ambiental, para la implementación de medidas de mitigación de la vulnerabilidad por medio de la información a la población, de los riesgos que existen durante una lluvia torrencial dentro de la zona de estudio y también en toda la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG).

Cuadro 26 Indicadores de Vulnerabilidad

| TIPO | INDICADOR | ÁMBITO DE ACTUACIÓN | DEFINICIÓN | UNIDAD DE MEDIDA | SITUACIÓN IDEAL | INFORMACIÓN RECOPIADA Y GENERADA | FUENTE |
|----------------|---|---------------------|---|-------------------|---|---|------------------------------------|
| TÉCNICA | Red de Alcantarillado | Zona de Estudio | Se indica que porcentaje de colectores es combina y que porcentaje es separado. | % | Separación de colectores (pluvial y sanitario) | EE.UU. ya no se construyen colectores combinados. | SIAPA |
| | Capacidad de conducción de los colectores | Zona de Estudio | Caudal de agua que puede conducirse | m ³ /s | Capacidad de colectores >= el caudal de lluvia | Drenaje profundo en el D.F. | SIAPA |
| | Almacenamiento de aguas pluviales | Zona de Estudio | Volumen de agua de lluvia almacenada | m ³ | Vol. de almacenamiento >= Vol. de agua de lluvia que no ingresa al colector | Toronto, CANADÁ | SIAPA |
| | Impermeabilización del suelo | Zona de Estudio | Porcentaje de superficie de suelo asfaltado | % | Que no aumente el valor actual | Tabla de coeficiente de escurrimiento | INEGI AGEBS |
| SOCIAL | Vías de Comunicación | Plaza del Sol | Número de avenidas importantes | Número | Que no aumente el número actual de vías de comunicación para transporte privado | Traza urbana | Guía Roji Vialidad y Tránsito |
| | Transporte Público | Plaza del Sol | Número de sitios de ascenso y descenso de autobuses | Número | Generar un transporte público de calidad y eficiencia | Aforo de Transporte público | Directa Vialidad y Tránsito |
| | Flujo Vehicular | Plaza del Sol | Cantidad de vehículos que transitan por la zona | Promedio / Hora | Que no aumenten la cantidad de vehículos privados | Aforo vehicular privado | Vialidad y Tránsito. Aforo Directo |

*Félix Beltrán, 2002.



ORIENTACION NORTE

ESCALA

0 500 1000 1500 2000

SIMBOLOGIA

| | | |
|------|--|------------------------------|
| 1650 | | Curva de Nivel a cada 50 ms. |
| | | Límite Zona de Estudio |
| | | Avenidas Principales |
| | | Zona de Estudio |
| | | Principales elevaciones |
| | | VULNERABILIDAD MUY BAJA = 1 |
| | | BAJA = 2 |
| | | MEDIA = 3 |
| | | ALTA = 4 |
| | | MUY ALTA = 5 |

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

ESTUDIO

RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES EN LA ZONA DE PLAZA DEL SOL

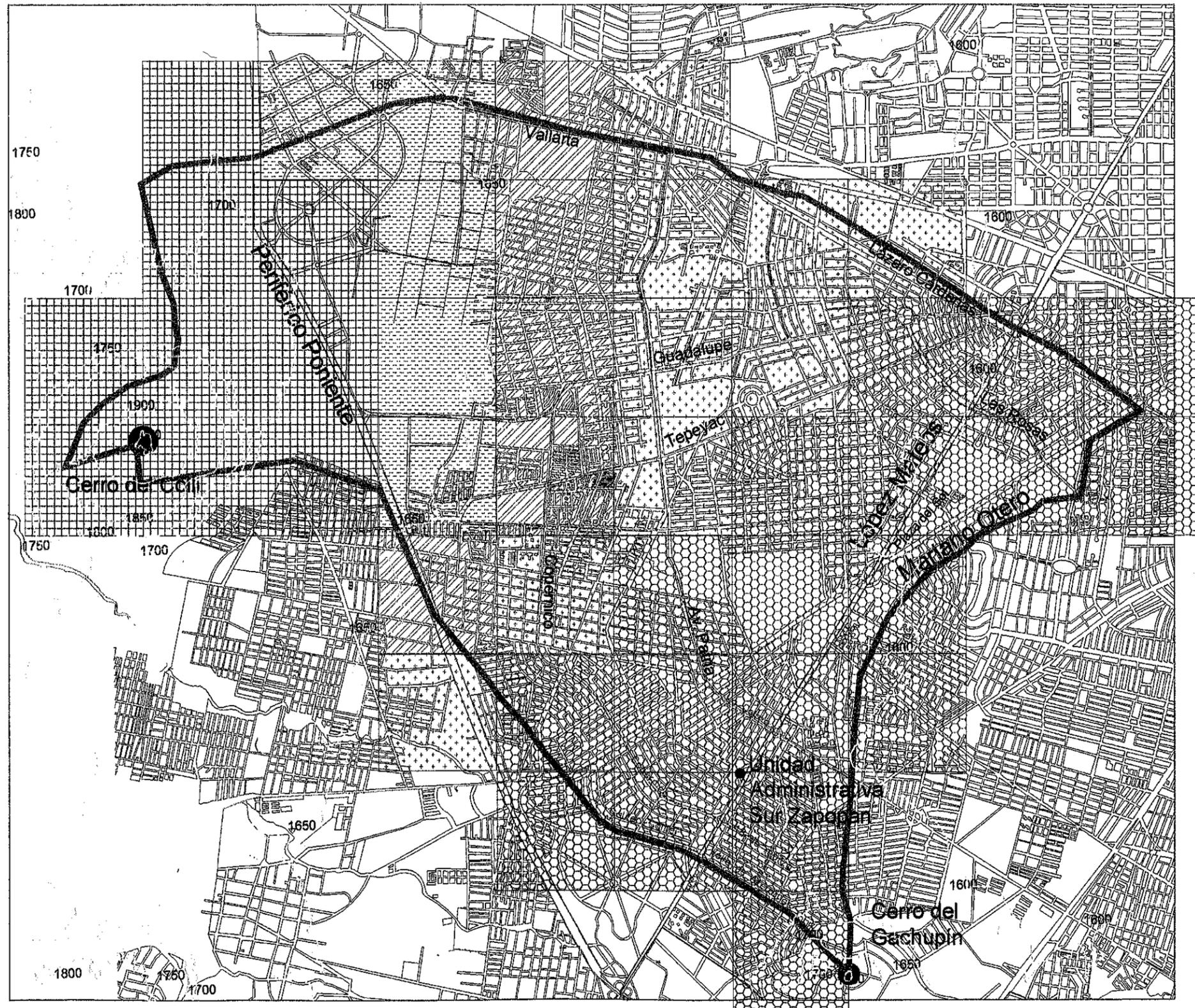
ZONA DE ESTUDIO

PLAZA DEL SOL (SUBCUENCA DE ATEMAJAC)

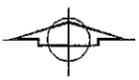
DESCRIPCION DEL PLANO

FIGURA 17. VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO

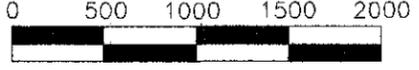
| | |
|-----------|--------------------------------------|
| ELABORÓ | BIOL. CLAUDIA PATRICIA FÉLIX BELTRÁN |
| REVISÓ | DRA. MARTHA G. OROZCO MEDINA |
| Vo. Bo. | DRA. GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ |
| APROBÓ | DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS |
| REVISÓ | DR. ALBERTO A. JIMÉNEZ CORDERO |
| IMPRESIÓN | GRUPO HIDROSANITEC |
| ESCALA | INDICADA |
| FECHA | JUNIO 2005 |



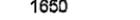
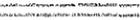
ORIENTACION NORTE



ESCALA



SIMBOLOGIA

| | | |
|--|---|-------------------------------------|
| 1650 |  | Curva de Nivel a cada 60 mts. |
|  | | Límite Zona de Estudio |
|  | | Avenidas Principales |
|  | | Zona de Estudio |
|  | | Principales elevaciones |
|  | | CAPACIDAD DE RESPUESTA MUY BAJA = 1 |
|  | | BAJA = 2 |
|  | | MEDIA = 3 |
|  | | ALTA = 4 |
|  | | MUY ALTA = 5 |



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
 MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

ESTUDIO

RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES EN LA ZONA DE PLAZA DEL SOL

ZONA DE ESTUDIO

PLAZA DEL SOL (SUBCUENCA DE ATEMAJAC)

DESCRIPCION DEL PLANO

FIGURA 18. CAPACIDAD DE RESPUESTA ZONA DE ESTUDIO

| | |
|-----------|--------------------------------|
| ELABORÓ | BIOL. CLAUDIA P. FÉLIX BELTRÁN |
| REVISÓ | DRA. MARTHA G. OROZCO MEDINA |
| Vo. Bo. | DRA. GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ |
| APROBÓ | DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS |
| REVISÓ | DR. ALBERTO A. JIMÉNEZ CORDERO |
| IMPRESIÓN | GRUPO HIDROSANITEC |
| ESCALA | INDICADA |
| FECHA | JUNIO 2005 |

6.6.1 Medidas de mitigación del riesgo y disminución de la vulnerabilidad.

Dada la frecuencia con que se presentan las lluvias e inundaciones en diferentes sectores de la zona metropolitana de Guadalajara, es de particular importancia estar preparados para enfrentarlas y responder adecuadamente. Jalisco se ve afectado por lluvias torrenciales durante el temporal de cada año, también, en la zona costera se presenta la acción de tormentas tropicales y huracanes. Para lo cual la unidad de Protección Civil ha implementado un plan de mitigación de la vulnerabilidad de la población.

Para este caso en particular se construyó un plan de educación ambiental para la mitigación de la vulnerabilidad en caso de una inundación pluvial dentro de la zona de estudio, esto con la finalidad de disminuir el riesgo de daños personales y al patrimonio. El cual también podrá ser utilizado para toda la zona metropolitana de Guadalajara.

a) Antes de una tormenta

- Durante la temporada de lluvia se debe prestar atención diariamente a los medios de comunicación, con la finalidad de saber si existe probabilidad de lluvia antes de salir de casa.
- Poner especial atención al estado general del vehículo de transporte, en caso de contar con uno.
- Preguntar a las autoridades correspondientes sobre la existencia de bocas de tormenta y acerca de su estado, de este modo sabrá cual calle es más segura para transitar a pie.
- Si se utiliza el transporte público, evitar en lo posible abordar unidades que visiblemente estén en mal estado.
- Mantener limpia el área de calle correspondiente a la vivienda, con el fin de evitar acumulación de basura en las bocas de tormenta. En caso de encontrarse obstruida una boca de tormenta, es conveniente dar aviso a las autoridades correspondientes (SIAPA).
- Se considera una inundación, cuando existe una acumulación de 15 cm ó más, debido a que los contactos de luz se encuentran en su mayoría a esa altura, por lo cual se recomienda en oficinas, escuelas, industrias y hogares, alejarse de cualquier lugar susceptible de inundación o de sitios donde pueda conducirse la electricidad, así como también de postes de luz, alumbrado público, o cualquier otro conductor.

- Respete el poder de la electricidad. La electricidad es una fuerza invisible que da poder a maquinaria, luces, y otras formas de equipo. El contacto accidental con la corriente eléctrica puede causar lesiones, fuego, daños extensivos y hasta la muerte. Por eso se sugiere seguir las siguientes indicaciones:
 - ✓ Instalar una tierra física en su vivienda antes del temporal de lluvias.
 - ✓ Mantener en buenas condiciones cualquier instalación de corriente eléctrica dentro del hogar haciendo revisiones periódicamente.
 - ✓ No maltrate los cordones de las extensiones. Un cordón de extensión que esté torcido, atado en un nudo, aplastado, o doblado puede provocar un corto circuito, fuego y hasta choque eléctrico. Las extensiones solo deben ser utilizadas temporalmente.

- En lo que respecta a la vivienda particular, se recomienda mantener los sistemas de desagüe en buen estado y repararlos antes del temporal. Así mismo también limpiar e impermeabilizar las azoteas. Revisar si la entrada de la vivienda se encuentra en una zona de inundación, y en tal caso implementar bordos con el fin de evitar que el agua entre a la casa.

b) Durante la tormenta

- Evitar en lo posible salir de casa durante una tormenta fuerte, es preferible esperar a que pase la tormenta.

- En caso de encontrarse en cualquier parte dentro la zona de estudio, es conveniente buscar un lugar en donde estacionar el vehículo y esperar a que pase la tormenta, ya que de acuerdo con los registros de SIAPA, después de terminada la lluvia el agua estancada tarda una hora en ser desalojada por los colectores.

- Si se es usuario del transporte público, es conveniente que utilice los autobuses, ya que los llamados minibuses y taxis son más propensos a quedarse varados en caso de una inundación. Así mismo, el transporte eléctrico puede causar problemas por fallas en el suministro de energía eléctrica.

- Escuche y atienda las indicaciones y avisos de la Unidad de Protección Civil, conserve la calma.

- Si se encuentra transitando a pie, procure hacerlo por calles en donde esté seguro que existen bocas de tormenta en buen estado y limpias. O bien, resguárdese en algún comercio o restaurante que sea seguro; o bien en el interior del centro comercial Plaza del Sol, de preferencia en la zona que se encuentra cubierta puesto que en la parte descubierta se encuentran algunos postes de alumbrado y puede haber riesgo de electrocución.

- Manténgase alerta y en sintonía con la radio cuando se está trasladando en su vehículo, las lluvias pueden estar afectando áreas vecinas, las inundaciones pueden extenderse a lugares cercanos.
- No olvide que las corrientes fuertes ocasionadas por las lluvias pueden arrastrar consigo árboles, animales, materiales sólidos, etc.
- No se acerque a postes o conductores energizados, recuerde que el agua es conductora de electricidad.
- En caso de existir electrocución, se le debe de proporcionar primeros auxilios a la persona afectada. En primer lugar habrá de procederse a eliminar el contacto, para lo cual deberá cortarse la corriente, si es posible. En caso de que no sea posible se tendrá que desprender a la persona accidentada, para lo cual deberá actuarse con las debidas precauciones utilizando guantes, aislándose de la tierra, empleando pértigas de salvamento, etc., puesto que la persona electrocutada es un conductor eléctrico mientras está pasando por ella la corriente. De cualquier forma conviene hablar de inmediato al teléfono de emergencias, y que protección civil y la cruz roja se hagan cargo.
- Si su casa está cercana a un cerro o ladera, tenga cuidado puede haber derrumbes, deslaves y corrientes repentinas de agua.
- Si la vivienda presenta signos de inundación, es conveniente desconectar todos los electrodomésticos, mantenga a la familia unida en la parte alta con un radio de transistores encendido y si es posible un celular para cualquier emergencia.
- Evite transitar por zonas inundadas. Aunque el nivel del agua sea bajo puede aumentar rápidamente y desarrollar velocidades peligrosas.

c) Después de la tormenta

- Permanezca fuera de las áreas afectadas. Permita que las autoridades realicen las acciones de auxilio y rescate.
- Si su vivienda sufrió una inundación, realice una cuidadosa inspección teniendo en cuenta la posibilidad de un derrumbe; si tiene dudas sobre el estado de su casa, llame a las autoridades de Protección Civil para que determinen lo conducente.
- No encienda cerillos o cualquier tipo de flama hasta estar seguro de que no existen fugas de gas, y no accione los apagadores eléctricos hasta que verifique que ninguna toma de corriente se encuentre en contacto con el agua.

- Solicite ayuda médica a los centros establecidos para atender las emergencias en caso necesario.
- Si tiene teléfono móvil o fijo, ofrézcalo a personas afectadas para reportar emergencias.
- Una vez terminada la tormenta, el sistema de alcantarillado tarda una hora en desalojar el agua pluvial acumulada.

6.6.2 Recomendaciones técnicas para la reducción del riesgo y la vulnerabilidad

Para disminuir el riesgo de inundaciones hay que modificar el coeficiente de escurrimiento o la captación de agua pluvial. Modificar el coeficiente de escurrimiento resulta muy difícil de implementar ya que implicaría modificar las condiciones del uso de suelo, reduciendo la cobertura asfáltica. Por lo cual las acciones a tomar deben de enfocarse hacia la conducción y/o; captación y almacenamiento de agua pluvial.

Existen soluciones en infraestructura para la reducción del riesgo de inundación como lo son: almacenar el agua de lluvia en tanque de captación de aguas pluviales subterráneo, para después bombearla a una planta de tratamiento. Separación de drenajes, donde se construye un drenaje nuevo paralelo al existente, y separando los drenajes pluviales y sanitarios (E.P.A., 2001). Por parte de SIAPA, existe la propuesta de mandar los escurrimientos pluviales al Parque Metropolitano.

Por tal razón, cuando se urbanizó la zona de estudio, se debieron de haber tomado en cuenta los drenajes pluviales naturales, respetando los cauces de ríos y arroyos, puesto que el agua de lluvia cuando escurre reconoce su cauce aún cuando esté pavimentado, y como resultado causa inundaciones y daños a los bienes materiales de las personas (E.P.A., 2001).

Al pavimentar las calles, se aumenta la superficie impermeable impidiendo así la infiltración del agua de lluvia al subsuelo. Una opción que debió haberse considerado al momento de la urbanización de la ZMG, fue la pavimentación de las vías con mayor tráfico vehicular, y las calles internas de las colonias ponerles adoquín o empedrarlas. Así se habría permitido que la lluvia se infiltrara, recargaría los mantos acuíferos y disminuiría el riesgo de inundación, además de que se reduce el riesgo de accidentes viales por exceso de velocidad (E.P.A. – watershed, 2001). Lo anterior debe de ser considerado en la construcción de los nuevos fraccionamientos en la zona conurbada de Guadalajara (ZCG).

Otra solución, es la captación del agua de lluvia que cae en los techos, utilizando el bajante que existe en el 90 % de las viviendas. Esta agua se conduce por una serie de filtros de grava, arena y carbón activado, y finalmente hacia una cisterna para posteriormente utilizarla en riego de jardines, lavado de vehículos particulares, patios y cocheras.

La construcción de bordos y elevación de carriles viales, provoca que estos actúen como diques al paso de las escorrentías. Si las bocas de tormenta en estos lugares no están en condiciones de permitir el ingreso del agua pluvial se verá favorecido el estancamiento de la misma, provocando una inundación. El impedirle el paso natural a los escurrimientos pluviales modifica los ecosistemas aguas abajo y repercute en el clima (E.P.A. – watershed, 2001). Esto se ha visto reflejado en el clima de la Z. M. G., el cual se hace cada vez más extremo y con más carencia de agua potable debido a la pavimentación total de la ciudad y a la mala planeación urbana.

Para los futuros fraccionamientos, deberían de tomarse en cuenta las observaciones anteriores. Así como también, respetar un margen a lo largo de los ríos y arroyos, previniendo el desbordamiento de éstos durante una lluvia torrencial. Además, si se plantan árboles nativos, que sean indicados para la zona de acuerdo al clima y tipo de suelo, pudieran ser ahuehuetes; esto tendría un gran valor estético lo cual puede influir de manera positiva en la parte psicológica de las personas (E.P.A. – watershed, 2001).

Es necesario evaluar todas las propuestas en los aspectos: económico, técnico, de ordenamiento urbano, salud y ecológico, para poder tomar la decisión correcta y no solamente mandar el problema aguas abajo.

6.7 Análisis de Caso

6.7.1 Antecedentes históricos

La Zona Metropolitana de Guadalajara cuenta con alcantarillado combinado. El régimen de lluvias en la ZMG se concentra en los meses de Julio a Septiembre, produciendo volúmenes de lluvia mayores a los que pueden conducir los colectores del centro comercial Plaza del Sol. Anteriormente esa zona eran lugares de escurrimientos pluviales y paso de arroyos que provenían desde la zona del cerro del Colli.

Se urbanizó toda la zona en parte por una presión social de tener vías de acceso rápido a centro comercial, para lo cual no fueron tomados en cuenta los cauces de arroyos y

zonas de inundación natural, ocasionando que durante la época de lluvias el agua reconozca su cauce y provoque inundaciones año con año, a consecuencia de una deficiente planeación urbana, ya que en la avenida López Mateos se encuentran más elevados los carriles centrales, los cuales funcionan como un dique.

Debido a que la pendiente del terreno favorece los escurrimientos pluviales hacia el colector López Mateos, se debió de considerar la posibilidad de un drenaje pluvial, así como también el almacenamiento del agua de lluvia para su utilización durante las épocas de estiaje. Además, se perdió el canal pluvial Interceptor del Poniente, el cual fue hecho durante la construcción del colector López Mateos, con la finalidad de desviar los escurrimientos pluviales hacia un pozo de absorción que se ubicaba en el término del canal a la altura de la avenida Lázaro Cárdenas.

Todo esto dio como resultado una completa modificación del ecosistema existente en la zona de estudio, ya que de acuerdo con los reportes del IAM, la zona se ha convertido en una isla de calor, lo que provoca un aumento en la intensidad de lluvia y disminución del tiempo de tormenta. De lo anterior se deduce que cae el mismo volumen de agua pero en un menor tiempo.

En México, al igual que el resto de los países en vías de desarrollo, los recursos económicos se enfocan principalmente a los problemas inmediatos como son: salud, vivienda y educación. Comúnmente, los recursos económicos no son suficientes para otras áreas tales como la prevención del riesgo y disminución de la vulnerabilidad.

Cuadro 27 Cambios en el Uso de Suelo e Intensidad de Lluvia a través del Tiempo

| VARIABLE TIEMPO | |
|--------------------------|--------------------------|
| ANTES | DESPUÉS |
| 1965 | 2004 |
| > Infiltración | < Infiltración |
| < Escurrimiento | > Escurrimiento |
| Con drenaje natural | Sin drenaje natural |
| < Superficie Urbanizada | > Superficie Urbanizada |
| < Desarrollo Poblacional | > Desarrollo Poblacional |
| Con canal interceptor | Sin canal interceptor |
| < Intensidad de lluvia | > Intensidad de lluvia |

*Félix Beltrán, 2004

6.7.2 Durante el evento

El pasado 18 de junio de 2002 y 20 de septiembre de 2004, ocurrieron lluvias intensas provocando inundaciones en parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara (centro comercial Plaza del Sol).

Durante ambos eventos se presentaron lluvias torrenciales, teniendo una precipitación total de 8.4 mm con una duración de 40 min, registrando una intensidad máxima de 33 mm/h calculada para una duración de 10 min; esto para el 18 de junio de 2002 (Cuadro 28; Figura 19). En el caso del 20 de septiembre de 2004, se registró una precipitación total de 25.14 mm con una duración de la tormenta de 50 min, con una intensidad máxima de 93 mm/h calculada para una duración de 10 min (Cuadro 29; Figura 20).

Cuadro 28 Cálculo de Intensidad Máxima correspondiente a 18-Junio-02

| HORA | Precipitación (mm) | DURACIÓN (minutos) | Precipitación Máxima (mm) | Intensidad (mm/h) |
|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|
| 15:20 | 5.5 | 10 | 5.5 | 33 |
| 15:30 | 1.2 | 20 | 6.7 | 20.1 |
| 15:40 | 0.8 | 30 | 7.5 | 15 |
| 15:50 | 1.0 | 40 | 8.5 | 12.75 |

*Fuente: IAM Universidad de Guadalajara, 2004

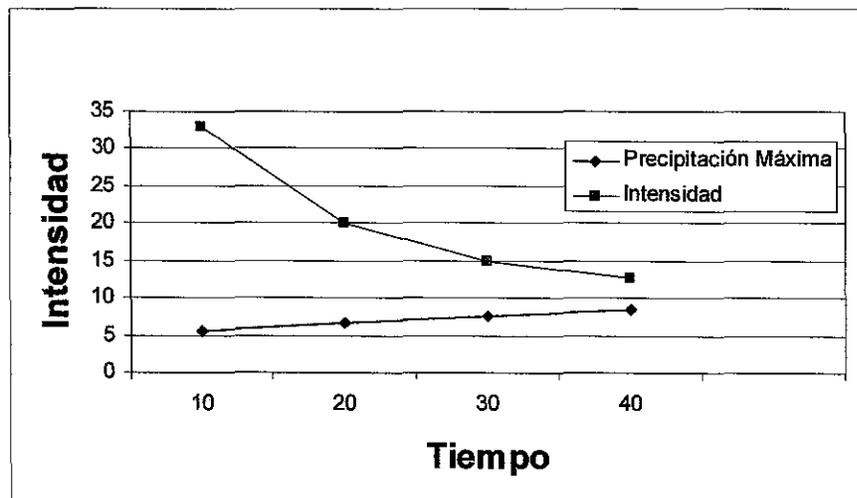


Figura 19 Curva Duración - Intensidad correspondiente al 18-Junio-2002 (Félix Beltrán, 2004).

Cuadro 29 Precipitación Pluvial correspondiente a 20-Sep-04

| Hora | Precipitación (mm) | Duración (min) |
|-------|-----------------------|-------------------|
| 18:00 | 0.97 | 10 |
| 18:10 | 15.5 | 20 |
| 18:20 | 6.4 | 30 |
| 18:30 | 0.97 | 40 |
| 18:40 | 0.9 | 50 |
| 18:50 | 0.4 | 60 |

*FUENTE: IAM, Universidad de Guadalajara, 2004.

Cuadro 30 Cálculo de Intensidad Máxima correspondiente a 20-Sep-04

| Precipitación Máxima (mm) | Intensidad (mm/h) |
|------------------------------|----------------------|
| 15.5 | 93 |
| 21.90 | 65.7 |
| 22.87 | 45.74 |
| 23.84 | 35.76 |
| 24.74 | 29.69 |
| 25.14 | 25.14 |

*FUENTE: IAM, Universidad de Guadalajara, 2004.

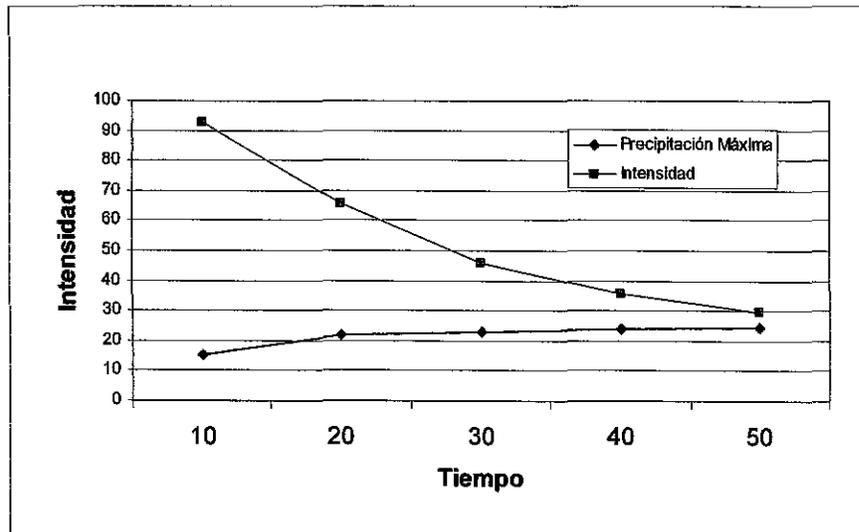


Figura 20 Curva Duración - Intensidad correspondiente al 20-Septiembre-2004 (Félix Beltrán, 2004).

Durante ambos eventos se presentaron escurrimientos pluviales los cuales arrastraron la basura que se encontraba en las calles ocasionando el taponamiento de las bocas de tormenta y la dificultad de la entrada de las avenidas de agua hacia los colectores. Esto dio como consecuencia la formación de zonas de estancamiento de agua pluvial.

La capacidad de los colectores no está preparada para grandes avenidas de agua pluvial en corto tiempo, por lo cual la presión del agua provocó el botamiento de algunas tapas de registros.

Se tuvieron fallas en el suministro de energía eléctrica, lo cual ocasionó conflictos viales como embotellamientos puesto que el servicio de semaforización dejó de funcionar. Esto trajo como consecuencia la pérdida de tiempo por parte de los conductores de vehículos públicos y privados, así como también de parte de los comercios ya que muchos de estos registran una baja en sus ventas y en algunos casos pérdida de sus productos comerciales.

6.7.3 Consecuencias de la inundación

Cuando cesó la lluvia, se habían producido pérdidas económicas por parte de los conductores de vehículos particulares, ya que estos quedan atrapados dentro de sus autos durante el evento. La pérdida de tiempo se traduce en horas laborales pérdidas, puesto que en un día normal en hora pico de tráfico, se pierden como máximo 10 min en recorrer el centro comercial transitando por la avenida López Mateos. Durante un embotellamiento causado por lluvias torrenciales es frecuente que se pierda hasta una hora, solamente en recorrer el centro comercial.

Pérdidas económicas por parte del transporte público, al no poder hacer su recorrido en el tiempo normal establecido. Además de que los usuarios de dicho servicio, no llegaron a su destino en el tiempo estimado, lo cual se traduce en horas laborales pérdidas.

Todos los comercios de la zona se han visto afectados en eventos pasados, y en dichas avenidas pluviales. Tal es el caso que el centro comercial ha puesto un bordo a manera de escalera como medida de mitigación del riesgo, lo cual genera un gasto que después es recuperado en los cargos económicos que se les hace a los diversos clientes.

Los comercios que se encuentran en la periferia al centro comercial también se vieron afectados, y lo han sido en ocasiones anteriores, puesto que se observa que ellos también han implementado medidas de reducción de la vulnerabilidad, subiendo el nivel de sus

entradas mediante el uso de materiales de construcción, lo cual trae como consecuencia lo antes descrito.

Sumado a todo lo anterior, también se encuentra los trabajos que tienen que realizar los servicios de emergencia como Policía y Tránsito, Bomberos, Protección Civil. Además de que CFE tiene que trabajar exhaustivamente para el reestablecimiento del suministro de la energía eléctrica.

6.8 Análisis de Valoración Económica

Los trabajos de campo necesarios para la valoración económica de los impactos de una inundación pluvial fueron realizados en los meses de febrero a abril de 2005. Los trabajos consistieron en: determinación del flujo vehicular público y privado en las avenidas López Mateos y Mariano Otero, conteo de establecimientos comerciales que pudieran verse afectados, y conteo de consumidores de algunos establecimientos comerciales que son representativos de comercios afectados. Se presenta la información más crítica recabada, puesto que para un análisis de riesgo se toma en cuenta el peor de los escenarios, sin embargo se hicieron varias mediciones en todos los muestreos. Todos los muestreos fueron realizados en el horario de 6:30 p.m. a 7:30 p.m.

6.8.1 Aforo vehicular

De acuerdo con la Secretaría de Vialidad y Transporte, el centro comercial Plaza del Sol es una zona conflictiva por la cantidad de vehículos privados que por ahí circulan y por la cantidad de paradas de transporte público establecidas (Figura 21).

Se realizaron varios aforos vehiculares en las avenidas López Mateos y Mariano Otero, de los cuales se escogió el peor de los escenarios para cada vialidad. Los aforos y el resumen estadístico concerniente a cada cuadro se presentan a continuación. Los resultados presentados en el Cuadro 31 y en el Cuadro 33 corresponden al aforo vehicular realizado en un lapso de una hora, en donde cada renglón presenta el conteo realizado durante cada cambio de luz en el semáforo.

Cuadro 31 Aforo vehicular en la avenida López Mateos

| N - S* | N - S | S - N* | S - N |
|---------|---------|---------|---------|
| PRIVADO | PÚBLICO | PRIVADO | PÚBLICO |
| 107 | 3 | 142 | 4 |
| 125 | 2 | 146 | 6 |
| 126 | 5 | 142 | 3 |
| 118 | 1 | 125 | 4 |
| 153 | 4 | 124 | 5 |
| 131 | 2 | 140 | 3 |
| 122 | 1 | 117 | 4 |
| 133 | 5 | 131 | 2 |
| 133 | 2 | 127 | 2 |
| 121 | 3 | 114 | 5 |
| 138 | 8 | 131 | 3 |
| 146 | 2 | 123 | 5 |
| 136 | 5 | 126 | 6 |
| 104 | 3 | 114 | 4 |
| 113 | 3 | 137 | 2 |
| 138 | 3 | 144 | 2 |
| 124 | 0 | 109 | 4 |
| 138 | 3 | 116 | 3 |
| 121 | 3 | 140 | 3 |
| 132 | 1 | 150 | 2 |
| 132 | 4 | 148 | 3 |
| 123 | 3 | 143 | 4 |
| 117 | 2 | 125 | 2 |
| 117 | 4 | 125 | 6 |
| 129 | 2 | 129 | 3 |
| 121 | 6 | 110 | 2 |
| 123 | 1 | 110 | 6 |

Félix Beltrán, 2005. * N-S dirección norte a sur * S-N dirección sur a norte
Aforo vehicular realizado el vehicular 23 de febrero de 2005

Cuadro 32 Resumen Estadístico del Aforo Vehicular en la Av. López Mateos

| | N - S | N - S | S - N | S - N |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | PRIVADO | PÚBLICO | PRIVADO | PÚBLICO |
| No. REPETICIONES | 27 | 27 | 27 | 27 |
| AFORO TOTAL | 3421 | 81 | 3488 | 98 |
| AFORO PROMEDIO | 126.70 | 3.00 | 129.19 | 3.63 |
| D. ESTÁNDAR | 11.10 | 1.75 | 12.66 | 1.39 |
| MÍNIMO | 104 | 0 | 109 | 2 |
| MÁXIMO | 153 | 8 | 150 | 6 |

*Félix Beltrán, 2005.

Cuadro 33 Aforo Vehicular realizado en la Av. Mariano Otero

| N - S* | N - S | S - N* | S - N |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| PRIVADO | PÚBLICO | PRIVADO | PÚBLICO |
| 57 | 4 | 61 | 7 |
| 40 | 3 | 52 | 6 |
| 52 | 5 | 66 | 4 |
| 52 | 3 | 58 | 5 |
| 29 | 1 | 59 | 6 |
| 57 | 5 | 61 | 3 |
| 56 | 4 | 55 | 3 |
| 49 | 3 | 70 | 2 |
| 60 | 2 | 63 | 2 |
| 37 | 2 | 63 | 3 |
| 55 | 6 | 38 | 5 |
| 50 | 1 | 55 | 2 |
| 46 | 6 | 67 | 1 |
| 43 | 6 | 50 | 4 |
| 50 | 6 | 51 | 4 |
| 45 | 2 | 69 | 1 |
| 48 | 4 | 51 | 4 |
| 32 | 4 | 58 | 3 |
| 36 | 6 | 59 | 4 |
| 69 | 3 | 64 | 4 |
| 60 | 6 | 56 | 5 |
| 58 | 2 | 60 | 3 |
| 50 | 4 | 63 | 4 |
| 46 | 2 | 49 | 3 |
| 43 | 4 | 51 | 2 |
| 41 | 4 | 82 | 4 |
| 54 | 4 | 65 | 3 |
| 44 | 3 | 51 | 5 |
| 55 | 2 | 62 | 4 |

Félix Beltrán, 2005. * N-S dirección norte a sur * S-N dirección sur a norte
 *El aforo vehicular fue realizado el día vehicular 16 de febrero de 2005

Cuadro 34 Resumen Estadístico del Aforo Vehicular en la Av. Mariano Otero

| | N - S | N - S | S - N | S - N |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | PRIVADO | PÚBLICO | PRIVADO | PÚBLICO |
| No. REPETICIONES | 29 | 29 | 29 | 29 |
| AFORO TOTAL | 1414 | 107 | 1709 | 106 |
| AFORO PROMEDIO | 48.76 | 3.69 | 58.93 | 3.66 |
| D. ESTÁNDAR | 9.05 | 1.58 | 8.37 | 1.45 |
| MÍNIMO | 29 | 1 | 38 | 1 |
| MÁXIMO | 69 | 6 | 82 | 7 |

Félix Beltrán, 2005.

Se realizó la comparación de la información de aforo vehicular obtenida en campo con los datos recibidos de la Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco (SVT) (Figura 21). En el conteo de campo se registró un total de 7,088 vehículos/hora circulando por la avenida López Mateos en ambos sentidos. Considerando 12 horas diurnas que concentran la mayor cantidad de tráfico, el resultado obtenido es de 85,056 vehículos por día (vpd). Esto concuerda con los aforos realizados por la SVT (Figura 21) que indican entre 88,000 y 98,000 vpd.

Siguiendo el mismo procedimiento, en la avenida Mariano Otero se obtuvo un resultado de 3,336 vehículos/hora en el muestreo de campo, lo que arroja un total de 40,032 vpd. La SVT indica un aforo vehicular de 88,000 – 98,000 vpd, igual al de la avenida López Mateos, aproximadamente el doble de lo que se pudo estimar por el conteo de campo. Las diferencias pueden deberse a la metodología utilizada en el presente trabajo y la seguida por la Secretaría de Vialidad y Transporte.

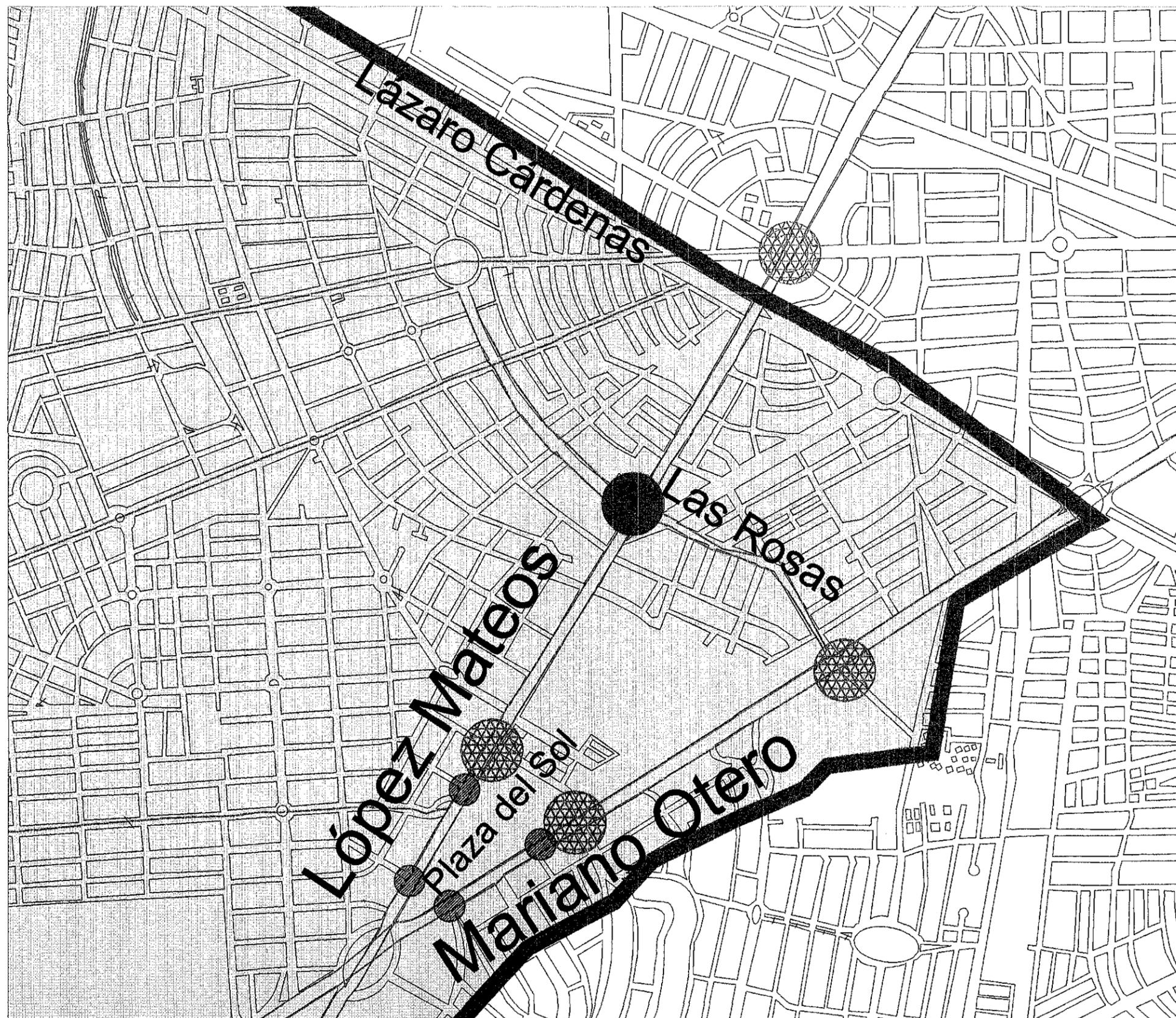
El tiempo máximo que tarda un vehículo en recorrer el centro comercial fue de 10 min, este dato fue arrojado por la medición de campo. De acuerdo a información de personal de SIAPA una inundación tarda aproximadamente una hora en ser desalojada por los colectores, esto sucede una vez que termina la tormenta. Por lo tanto en un evento de este tipo, los conductores y usuarios de los vehículos, perderían en total 50 min de su tiempo, lo cual se puede traducir en horas laborales.

En caso de una tormenta, 303 vehículos particulares quedarían varados durante 50 minutos en la Av. López Mateos y 151 en la Av. Mariano Otero, para un total de 454 vehículos particulares varados. Teniendo un promedio de 1 ocupantes por auto se traduciría en 378 horas hombre laborales pérdidas, lo cual nos arroja el siguiente resultado:

| | | |
|--------------------------------|---|-------------|
| salario mínimo mensual en ZMG | = | \$ 1,422.72 |
| salario mínimo diario en ZMG | = | \$ 45.35 |
| salario mínimo por hora en ZMG | = | \$ 5.67 |
| 378 horas laborales | = | \$ 2,143.26 |

En cuanto a problemas de transporte urbano, el aforo vehicular arrojó 14 unidades para la Av. López Mateos y 13 unidades para la Av. Mariano Otero por cambio de luz, haciendo un total de 27 unidades que tendrían problemas en caso de una inundación pluvial. Si cada vehículo tiene una capacidad para 40 asientos, se estima que 1080 personas tendrían problemas para trasladarse, y que perderían 50 minutos de su tiempo laboral; tomando los mismos criterios anteriores se estima lo siguiente:

| | | |
|--------------------------------|---|------------|
| Salario mínimo por hora en ZMG | = | \$ 5.67 |
| 900 horas hombre | = | \$5,103.00 |



ORIENTACION NORTE



ESCALA

0 100 200 300 400 500



SIMBOLOGIA

| | | |
|---|-------|-------------------------------|
| 1650 | ----- | Curva de Nivel a cada 50 mts. |
| ----- | ----- | Limite Zona de Estudio |
| ----- | ----- | Avenidas Principales |
|  | ----- | Zona de Estudio |
|  | ----- | Principales elevaciones |
|  | ----- | Más de 100,000 vpd |
|  | ----- | 88,000 - 98,000 vpd |
|  | ----- | Paradas de autobús |
| | | vpd = vehiculos por día |

FUENTE: SECRETARÍA DE VIALIDAD Y TRANSPORTE DE JALISCO



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

ESTUDIO

RIESGO POR INUNDACIONES PLUVIALES EN LA ZONA DE PLAZA DEL SOL

ZONA DE ESTUDIO

PLAZA DEL SOL (SUBCUENCA DE ATEMAJAC)

DESCRIPCION DEL PLANO

FIGURA 21. PUNTOS CONFLICTIVOS DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| ELABORÓ | BIOL. CLAUDIA PATRICIA FÉLIX BELTRÁN |
| REVISÓ | DRA. MARTHA G. OROZCO MEDINA |
| Va. Ba. | DRA. GUADALUPE GARIBAY CHÁVEZ |
| APROBÓ | DR. ARTURO CURIEL BALLESTEROS |
| REVISÓ | DR. ALBERTO A. JIMÉNEZ CORDERO |
| IMPRESIÓN | GRUPO HIDROSANITEC |
| ESCALA | INDICADA |
| FECHA | JUNIO 2006 |

6.8.2 Censo comercial y aforo de consumidores

El censo comercial se representa en el Cuadro 35, dando como resultado un total de 126 comercios en las calles que rodean al centro comercial. Se realizó el aforo de consumidores en algunos de los comercios que se consideran más vulnerables en caso de una inundación pluvial, y los resultados son presentados a continuación en el Cuadro 36.

Cuadro 35 Censo Comercial

| NEGOCIO | CANTIDAD |
|-------------------|------------|
| Restaurantes | 13 |
| Escuelas | 12 |
| Iglesias | 1 |
| Bancos | 8 |
| Cafeterías | 3 |
| Neverías | 1 |
| Mueblerías | 6 |
| Agencias de viaje | 6 |
| Vivienda | 1 |
| Hoteles | 7 |
| Servicios Médicos | 4 |
| Gimnasios | 1 |
| Diversiones | 12 |
| Servicios Varios | 51 |
| TOTAL | 126 |

*No se incluyen los negocios establecidos en los centros comerciales Plaza del Sol y Condo Plaza del Sol.

*Este censo comercial fue realizado el miércoles 23 de febrero de 2005. Félix Beltrán, 2005.

Cuadro 36 Tabla de Aforo de Consumidores

| Fecha | Día | Local | Hora | Personas |
|-----------|---------|--|------------------|----------|
| 18-Mar-04 | Viernes | DHL Pack Mail (Condo Plaza del Sol) | 6:15 - 7:15 p.m. | 24 |
| 08-Abr-04 | Viernes | Librería México (Plaza del Sol) | 6:15 - 7:15 p.m. | 29 |
| 10-Abr-04 | Sábado | Restaurante Vip's (Plaza del Sol) | 6:15 - 7:15 p.m. | 39 |
| TOTAL | | | | 92 |

*Félix Beltrán, 2005.

Se escogieron comercios que fueran representativos de pérdidas económicas en caso de una inundación. No se realizó el conteo de todos los comercios, por razones de tiempo y personal para la realización de la encuesta.

El aforo de los consumidores (Cuadro 36) da como resultado que 92 personas resultarían afectadas en sus compras a causa de las inundaciones, y como consecuencia se afectarían los comercios de la zona en conflicto. Si se considera un promedio de compra por persona de \$200, esto por 92 personas nos arroja un resultado de \$18,400 de pérdidas económicas para el centro comercial, durante un evento de inundación pluvial.

Haciendo una sumatoria de todas las pérdidas económicas antes mencionadas, arroja un resultado de \$ 25,646.26 de pérdidas económicas por evento de inundaciones pluviales. Para las estimaciones se tomó en cuenta únicamente el centro comercial y no toda la zona de estudio.

Es importante aclarar que no se incluyen en la estimación total de las pérdidas económicas, gastos como consumo de gasolina por parte de los vehículos particulares y de transporte público, las pérdidas económicas que registran los dueños de taxis durante una inundación, el conteo total de los consumidores de toda la zona de estudio y el estrés sufrido por los afectados. Las vidas perdidas que en ocasiones se han suscitado y la tensión que sufre un conductor con respecto al riesgo de colisión con otro vehículo, el cual aumenta con cada lluvia y aún más cuando se inundan las calles.

6.9 Efectos a la Salud ambiental

Los efectos a la salud ambiental que tiene una inundación pluvial, como lo son los contaminantes que son emitidos por los vehículos que quedan atrapados en un embotellamiento consecuencia de un evento de inundación, el stress que sufren los transeúntes, usuarios de transporte público y conductores de vehículos particulares y público.

La disminución de los mantos freáticos como resultado de la impermeabilización del suelo, lo cual trae como consecuencia el hundimiento del suelo y una baja en la disponibilidad de agua potable. Además de la pérdida total del ecosistema que existía antes de que se asfaltara por completo la zona de estudio.

El riesgo de sufrir una electrocución tanto en la casa como en la calle. En la casa, porque el agua puede llegar a los contactos de luz que normalmente se encuentran a 15 cm del

suelo. En la calle porque pueden caer árboles y dañar los postes de luz, haciendo que los cables entren en contacto con el agua.

Todo lo anterior, es importante para crear un entorno saludable para la población. Por lo cual su valor monetario no puede ser estimado, puesto que es muy importante tener una ciudad con salud ambiental ya que de esto depende en gran parte el desempeño laboral, escolar, social, familiar, etc., de cualquier persona.

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

Antiguamente, Guadalajara, lo que hoy se conoce como el centro de la ciudad tenía muchas de sus calles empedradas. Esto ayudaba a que el agua de lluvia se infiltrara a los mantos freáticos (Fierro Álvarez, 2001). Por el contrario, al aumentar el tendido asfáltico se aumenta la superficie impermeable impidiendo así la infiltración del agua de lluvia al subsuelo y aumentando el riesgo de inundación, porque aumenta el coeficiente de escurrimiento pluvial. El aumento en la impermeabilización se puede comprobar mediante la observación y comparación de los diferentes vuelos aéreos a través del tiempo.

Con respecto a los años 50 y 60 que fue la época en la que se urbanizó dicha zona, el pensamiento de los ingenieros era construir y modernizar. En esa época no se pensaba en captar el agua de lluvia mediante un drenaje pluvial, ya que no tenían previsto que el Lago de Chapala, principal abastecedor de agua potable desde los años 60 hasta nuestros días, pudiera llegar a secarse. Esto afectó en la planeación de los colectores, ya que de haberse considerado la falta de agua, se hubieran construido drenajes separados y sistemas de almacenamiento de agua pluvial para posteriormente conducirla hacia una potabilizadora, para su tratamiento y posteriormente su aprovechamiento y beneficio de los habitantes de la ZMG.

Al construirse el centro comercial Plaza del Sol a principios de los 70's se produjo un impacto social y un auge en la construcción, ya que esto significó un símbolo de status lo cual propició el desarrollo de nuevos fraccionamientos, vías rápidas de acceso y como consecuencia un aumento considerable en la densidad poblacional (CRESEE, 2001).

La zona a lo largo de la Av. López Mateos Sur, antes Av. de los Ingenieros, eran llanos por donde pasaban arroyos; (tal es el caso del arroyo el Chicalote que actualmente se encuentra entubado). Lo anterior se puede comprobar con los cálculos de pendiente realizados, donde arrojan un resultado de 0.013 m/m de pendiente entre el Periférico con Av. Tepeyac y Plaza del Sol. De esto se deduce que la zona de Plaza del Sol tenía inundaciones durante la época de lluvias de manera natural que probablemente servía como abastecimiento de agua para animales de crianza y para sembradíos, lo cual se puede observar en las fotos aéreas, como antiguamente era principalmente zona de cultivo (E.P.A. – watershed, 2001).

En la actualidad todo esto se ha perdido debido a la urbanización de la zona (AGEB-INEGI, 2002), la cual está señalada como un área conflictiva donde existe amenaza de inundaciones (U de G., 1994). Lo anterior, sucede en parte porque el carril central

elevado funciona como represa, siendo el colector a través de las bocas de tormenta, la única salida del agua de lluvia.

Las inundaciones ocurren cuando el caudal de escurrimiento supera a la capacidad de los colectores. Como la capacidad total de los colectores es de $86.6 \text{ m}^3/\text{s}$ y el promedio calculado de escurrimiento pluvial es de $329 \text{ m}^3/\text{s}$, la capacidad del drenaje es insuficiente para desalojar el escurrimiento pluvial. Esto se presenta porque las condiciones ambientales para las que fueron construidos los colectores han cambiado. Anteriormente la mitad del escurrimiento pluvial se perdía por evaporación e infiltración, lo cual nos da un coeficiente de escurrimiento de 0.5, este factor está establecido para zonas de densidad poblacional media. Al aumentar la densidad poblacional de la zona, se aumento la superficie de rodamiento, ocasionando que el coeficiente de escurrimiento aumentara a 0.7, factor establecido para centros comerciales y zonas con densidad poblacional alta (Gob del Edo. de Jal., 1965-1970); lo cual significa que actualmente el 70 % del total de lluvia escurre por las calles hacia los colectores y solamente se pierde el 30 % en evaporación e infiltración.

Los constructores de los colectores sabían que las condiciones de escurrimiento pluvial podrían cambiar (Gob del Edo. de Jal., 1965-1970) y como medida preventiva se realizó un canal interceptor del Poniente para disminuir la llegada de los escurrimientos al colector del poniente. Este canal en la actualidad no funciona como fue previsto, ya que los habitantes de la zona aledaña lo utilizan como tiradero de basura.

A pesar de todas las acciones de mantenimiento y prevención realizadas por el SIAPA, se siguen suscitando eventos de inundaciones lo cual significa que estos trabajos no son suficientes para la eliminación o mitigación del riesgo. Debido a las políticas gubernamentales el plan de limpieza de bocas de tormenta no funciona como debiera, puesto que a SIAPA le compete la limpieza del alcantarillado más no la recolección de la basura y su disposición final en un tiradero (Ing. Casillas, SIAPA, 2002, comunicación personal).

De acuerdo con los estudios realizados en el IAM de la U de G, la intensidad de lluvia ha mostrado cambios significativos, actualmente se ha observado que ésta ha aumentado como consecuencia del calentamiento de la cobertura asfáltica y a la isla de calor que se encuentra dentro de la zona de estudio, lo que provoca que las lluvias tengan una mayor intensidad (Víctor Cornejo, 2004; comunicación personal)

Los colectores fueron calculados para una intensidad pluvial de 52 mm/h . De acuerdo con el historial de 30 años de datos de intensidad de lluvia analizados, se obtuvo una media de 56 mm/h para el período de 1970 –2000, con un rango de $12.0 - 154.5 \text{ mm/h}$, Esto significa que el caudal de escurrimiento pluvial es mayor al que pueden soportar los colectores y que por eso se favorecen las inundaciones.

Se observó que de acuerdo con los períodos de retorno calculados se esperan lluvias con intensidades de hasta 80 mm/h cada año. Si cada año se tienen intensidades de lluvia que sobrepasan el valor de diseño establecido para la construcción de los colectores (52 mm/h), se espera que anualmente ocurra más de una inundación pluvial.

Esto se agrava debido a que el coeficiente de escurrimiento ha sido modificado a consecuencia de la urbanización y el crecimiento de la cobertura asfáltica, siendo originalmente un valor de diseño de 0.5, actualmente se tiene un valor de 0.7 ó más (Gob del Edo. de Jal., 1965-1970). Lo cual significa que el caudal de escurrimiento aumentó puesto que es muy poca la cantidad de agua de lluvia que actualmente se infiltra, por lo tanto, la mayor parte del agua de lluvia escurre por las diversas calles de la zona de estudio hasta llegar a la Av. López Mateos.

Fueron analizados dos eventos de precipitación pluvial como estudio de caso. Para la precipitación pluvial del día 18 de junio de 2002 se calculó una intensidad de lluvia máxima de 33 mm/h, en cambio para el día 20 de septiembre de 2004 la gráfica del pluviógrafo arrojó una intensidad máxima de 93 mm/h. Puesto que las intensidades de lluvia son muy diferentes, se deduce que para el primer caso las bocas de tormenta fueron obstruidas por toda la basura que arrastró el escurrimiento pluvial, ya que dicho evento sucedió al inicio del temporal. Para el segundo caso se observó que la intensidad de lluvia sobrepasa la capacidad de conducción de los colectores; los cuales fueron diseñados para una intensidad de 52 mm/h; y debido a que se tuvo un valor de 93 mm/h de intensidad pluvial (IAM, 2004, gráficas de pluviógrafo).

Como consecuencia de la mala planeación urbana, se tiene una vulnerabilidad alta a todo lo largo de la Av. López Mateos y en toda la zona de estudio, ya que el riesgo de inundación es elevado en cada temporal de lluvias. Por lo cual, ahora los constructores tienen que realizar obras para evitar que el agua de lluvia acumulada en las calles penetre a los edificios, casas, plazas, bancos, etc. (Maza Álvarez, 1997). Esto aumenta los gastos de dichas empresas y de particulares, lo que a fin de cuentas se ve reflejado en la economía de la población de la ZMG (CRESEE, 2001).

Las calles que poseen una mayor vulnerabilidad al riesgo de inundaciones pluviales son las que tienen una mayor capacidad de respuesta, debido a que se encuentran más cercanas a los centros de atención como lo son: bomberos, policía, cruz verde, hospitales, etc. Por el contrario las zonas en donde existe una menor capacidad de respuesta, como son las colonias que se encuentran en el cerro del Colli, pero que por la pendiente del terreno poseen un riesgo mucho menor de inundación. Aquí el riesgo existente es de un deslizamiento de tierra por la erosión del suelo.

Una de las consecuencias que se producen durante un embotellamiento causado por una tormenta, es la emisión de contaminantes provenientes de fuentes móviles, los cuales

llegan a la atmósfera causando un aumento en los índices IMECA. Muchos de estos contaminantes son regresados al suelo por las lluvias, contaminando así los mantos freáticos, ríos, arroyos, lagos, lagunas y presas de abastecimiento de agua potable para la ciudad.

Desde el punto de vista ambiental, el impacto está definido por las alteraciones que genera el hombre ocasionalmente la misma naturaleza en las propiedades físicas, químicas y biológicas del ambiente, las cuales afectan al ser humano de manera directa en un período de tiempo (CRESEE, 2001). Los daños a la salud, en muchos casos no pueden ser medidos en su totalidad otorgándoles un valor económico, debido a que el desgaste causado por el stress que sufre un conductor que se queda varado durante una hora en una tormenta, es mucho más desgastante que una hora de cualquier tipo de trabajo (comunicación personal con conductores de taxis).

El riesgo que existe de colisionar contra otro vehículo y provocar un accidente grave, debido a la inundación y a las fallas de energía eléctrica con la cual funcionan los semáforos, también es estresante (comunicación personal con conductores de transporte público). Así como también, el riesgo existente de caída de árboles, y de encontrarse debajo de uno de ellos, los daños al alumbrado público que puedan ocasionar caída de postes de luz, causan mucha tensión lo cual no es benéfico para la salud de cualquier persona. Además de la pérdida de tiempo a causa de la tormenta.

Por parte de los usuarios del transporte público, existe una pérdida de tiempo con cada inundación debido a que no pueden llegar a tiempo a su trabajo o a su destino. Esto se traduce en horas laborales perdidas, lo cual nos da un costo económico estimado.

La valoración económica del costo de los daños producidos en una inundación resultó de \$25,646.26 en la zona de Plaza del Sol. Si se presentan dos inundaciones por mes durante los cuatro meses de lluvia el costo total ascendería a 205,170.08 pesos por año. Este costo no incluye conceptos de difícil cuantificación como estrés sufrido por conductores, consumo adicional de gasolina en embotellamientos, aumento de emisiones a la atmósfera, pérdidas económicas a taxis, pérdidas en propiedad privada, lesiones por electrocución, ni incluye beneficios como el aprovechamiento del agua de lluvia, mejoramiento del paisaje y de la salud psicológica, entre otros, lo que implica que la estimación de 205,170.08 pesos por año se considera conservadora con respecto al costo real de los daños de las inundaciones.

Se tienen detectadas en la Zona Metropolitana de Guadalajara veintinueve puntos de riesgo de inundación. En cada uno de estos sitios se tienen problemas distintos, por lo que se requeriría un análisis específico de cada punto para realizar la valoración económica de los daños producidos. Si se considera que en promedio los costos por daños por inundación en cada sitio son semejantes a los costos en la zona de estudio, se

estimaría un costo anual de \$5'949,932.32 a los daños por inundación por año en la Zona Metropolitana además de los costos no cuantificados.

La construcción de un drenaje profundo permitiría eliminar la mayor parte de las inundaciones que actualmente se presentan. Consiste en un tubo de capacidad mayor a la actual. Existen dos variaciones en el drenaje profundo: puede ser de tipo combinado como en la ciudad de México y conducir una mezcla de agua pluvial y agua sanitaria; o puede ser exclusivamente pluvial, tal como ocurre en muchas ciudades de EE.UU. y Canadá. En la opción de un drenaje profundo combinado presenta problemas a largo plazo ya que al aumentar el diámetro del tubo el flujo se hace más lento en época de estiaje produciendo mayor sedimentación de sólidos. Si actualmente en estiaje el tubo va a menos del 20% de su capacidad, se disminuiría todavía más el volumen ocupado por el agua residual si aumenta el diámetro del tubo. Por lo tanto no es conveniente agrandar el drenaje mientras siga siendo combinado, debiéndose hacer una separación del agua residual del agua pluvial, lo que permitiría reutilizar el agua de lluvia.

Se estima que el costo de la construcción de un drenaje profundo ascendería a aproximadamente 3,000 millones de pesos (SIAPA, 2004). El elevado costo de esta obra con respecto a la estimación de los daños anuales (6.003 millones de pesos por año) ha impedido que la obra se lleve a cabo. Sin embargo, se justificaría por los ahorros que ocurrirían al disminuir los daños por inundaciones incluyendo los costos que no fue posible cuantificar. Además de los aspectos económicos señalados, se podrían reducir costos de personal eventual en Protección Civil, SIAPA, CFE, que se destinan para las contingencias en la ZMG durante el temporal de lluvias. Si se reducen las contingencias no sería necesario tanto personal destinado a la ZMG, lo que permitiría reducir el número de personal o destinar el personal a otras zonas del estado donde se presentan inundaciones.

Se considera una inundación cuando se acumulan 15 cm ó más de agua pluvial. Esto da un riesgo a la salud por electrocutamiento como consecuencia de que la gran mayoría de los contactos de luz se encuentran a dicha altura (Protección Civil, 2002, Simposium Internacional de Agua y Salud). El riesgo de electrocución para las personas se puede definir como la "posibilidad de circulación de una corriente eléctrica del cuerpo humano". Sufrir un evento de este tipo puede dar como consecuencia daños irreversibles a los órganos internos, pérdida de extremidades, asfixia, fibrilación ventricular, quemaduras, lesiones secundarias y hasta la muerte. Los efectos por electrocución pueden ser a largo plazo, y se presentan como: manifestaciones renales, trastornos cardiovasculares, trastornos nerviosos, trastornos sensoriales, oculares y auditivos. Ocasionando demanda de servicios de salud (UPV, 2004).

La urbanización hacia el poniente provocó la obstrucción del Canal Interceptor del Poniente (Canal de Santa Catalina) en varias de sus secciones. El mal funcionamiento del canal produce daños a la salud, debido al azolve que se ha acumulado durante años, a

la gran cantidad de basura y escombros que son arrojados, lo cual genera proliferación de fauna nociva y por lo tanto transmisión de enfermedades principalmente en los pobladores cercanos (Colonias Colli Urbano y Ejidal, Paseos del Sol).

Como no se tomaron las medidas preventivas como son: respetar los cauces de las escorrentías, no permitir el deterioro del Canal Interceptor, y no impermeabilizar la mayor parte de la ciudad, se habrían permitido la recarga de mantos acuíferos, con ello mantener las fuentes de abastecimiento de agua potable, evitando muchos conflictos sociales, el gasto en la reparación de los daños, la prevención del riesgo, y el deterioro de la calidad de vida y la salud ambiental.

Para el 2005, las autoridades correspondientes han estimado el costo del mejoramiento en el sistema de drenaje, que asciende a 3,000 millones de pesos en la instalación de un drenaje pluvial (Ing. Julio Agraz, Gerente de Potabilización, SIAPA, 2005). Debido a este elevado costo es por lo cual no se ha hecho una separación de drenajes de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Pero si se valora el mejoramiento en la calidad de vida que tendrían todos los habitantes, esto conduciría a un ahorro económico en salud física y psicológica, debido a que reduciría en mucho el riesgo de sufrir un percance y la vulnerabilidad de la infraestructura, lo cual nos da como resultado un mejoramiento en la Salud Ambiental.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- El resultado del análisis del sistema de alcantarillado de la ZMG, arrojó como resultado unos colectores demasiado grandes para la conducción de agua residual en época de estiaje ya que cuando mucho van al 20% de su capacidad, pero son insuficientes para la época de lluvias, donde se generan caudales superiores a $21 \text{ m}^3/\text{s}$ (capacidad máxima del colector López Mateos a la altura del centro comercial Plaza del Sol). La recomendación en este caso es hacer una separación de los drenajes pluvial y sanitarios, ya que se ha visto que la construcción de un drenaje profundo combinado como se hizo en la ciudad de México en 1973 no funciona a largo plazo (Secretaría de Obras y Servicios, 1973).

La solución no es hacer un sistema de drenaje de mayor capacidad, sino hacer la separación de los alcantarillados para poder reutilizar el agua pluvial aunque sea como agua de riego para parques, jardines, camellones y fuentes de la ZMG (E.P.A., 1993), esto durante los ocho meses de estiaje, ya que la época de lluvias dura solamente cuatro meses.

Una forma de reutilizar el agua de lluvia es almacenándola, ya sea en las casas particulares mediante la recolección del agua que cae en el techo, se hace pasar por filtros de grava y arena, se conduce hacia una cisterna y posteriormente se puede utilizar en riego y limpieza de la misma vivienda. Otra opción es construir cisternas debajo de los estacionamientos de las plazas comerciales que se encuentran dentro de la zona de estudio, y conducir el drenaje pluvial hacia dichas cisternas para posteriormente utilizarla como agua de riego, en época de estiaje (E.P.A., 2001).

Se encontró que la zona en donde se construyó Plaza del Sol eran zonas de inundación en época de lluvias, debido a que eran zonas planas, esto se confirmó con el cálculo de la pendiente, el cual resultó ser de 0.013 m/m desde el Periférico Poniente hasta la Avenida López Mateos Sur en su cruce con la Avenida Plaza del Sol. Cuando se hizo la urbanización de la zona no se tomó en cuenta que los escurrimientos corren de poniente hacia oriente, por lo cual el agua cuando escurre toma su cauce natural causando inundaciones. Aunado a esto el carril central de la avenida López Mateos fue construido con una elevación mayor a la que posee la calle lateral por lo cual dicha elevación suele funcionar como un dique, siendo la boca de tormenta la única salida de los escurrimientos pluviales.

Algo que debe de ser tomado en cuenta por parte de las autoridades municipales y por el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), es la limpieza de las bocas de tormenta, ya que el programa establecido no incluye los meses de octubre a

febrero. Muy probablemente, si se realizaran limpiezas en estos meses se disminuiría el riesgo de inundación, puesto que se observa que el período de limpieza actual no es suficiente para retirar toda la basura que obstruye las bocas de tormenta.

Por otra parte SIAPA sólo se encarga de sacar la basura pero la deja a un lado varios días después el ayuntamiento la recoge y la lleva a su disposición final. Durante este tiempo suele suceder que llueve y el agua vuelve a introducir la basura en la boca de tormenta. Por lo cual la recomendación es que una sola instancia de gobierno se encargue de todo el procedimiento, o bien que se contrate a una compañía que se encargue del trabajo completo.

Una de las cosas que se deberían de considerar al hacer las colonias, caminos, calles, etc., es respetar los cauces naturales de los ríos y arroyos, y utilizarlos como canales pluviales; así se evitarían muchas de las inundaciones cuando el agua por naturaleza reconozca su cauce (Disasterrelif, 1999). Para los futuros fraccionamientos, debería de tomarse en cuenta el no pavimentar todas las calles para propiciar la infiltración, un margen a lo largo de las zonas de escurrimientos pluviales, previniéndose el encharcamiento de éstos durante una lluvia torrencial. Además, si se plantan árboles nativos, que sean indicados para la zona de acuerdo al clima y tipo de suelo, pudieran ser ahuehetes; esto tendría un gran valor estético en el mejoramiento del paisaje lo cual puede influir de manera positiva en la parte psicológica y el desempeño laboral de las personas (E.P.A., 2001).

Al pavimentar las calles se aumenta la superficie impermeable impidiendo así la infiltración del agua de lluvia al subsuelo. Una solución considerable a este problema podría ser la pavimentación de las vías con mayor tráfico vehicular, y las calles internas de las colonias empedrarlas. Así se permitiría que el agua se infiltrara, se recargarían los mantos acuíferos y disminuiría el riesgo de inundación (EPA – watershed, 2001). Es importante aclarar que la recomendación anterior funcionaría para los futuros fraccionamientos de la zona conurbada de Guadalajara, ya que los pobladores de las colonias que actualmente existen dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara, no permitirían que se retirara el tendido asfáltico y fuera reemplazado por un adoquín o empedrado, esto podría provocar un descontento social hacia el Ayuntamiento de los cuatro municipios concernientes (Guadalajara, Zapopan, Tonalá y Tlaquepaque).

Debido al estatus social que representó Plaza del Sol, este se convirtió en un icono de desarrollo habitacional ejerciendo una demanda social de urbanización. Esto dio lugar a construcción de vías rápidas de acceso a la zona, y a una pérdida completa del terreno natural, por causa del asfaltado total. Se observaron claramente los cambios en el uso de suelo mediante la revisión de los vuelos aéreos realizados por el gobierno de Jalisco en diferentes épocas.

La atracción habitacional en la zona de Plaza del Sol trajo consigo una gran demanda de servicios y de vías de comunicación propiciando el aumento del tráfico vehicular. Para corroborar esto se realizó un aforo vehicular el cual arrojó datos de 6909 vehículos/hora para la Avenida López Mateos y de 3123 vehículos/hora para la Avenida Mariano Otero en ambos sentidos de dichas calles; siendo estos datos específicos para el horario en que se produce con relativa frecuencia un evento de inundación pluvial en la zona de estudio.

Otra de las causas de inundaciones pluviales dentro de la zona de estudio, se debe a que el canal interceptor del poniente construido para la captación de escurrimientos pluviales y como medida de mitigación del riesgo de inundación, en la actualidad no funciona como fue previsto, debido al poco mantenimiento de la estructura por parte de las autoridades correspondientes, a que se autorizó la construcción de avenidas y jardines que provocaron su obstrucción y a la basura que arrojan los pobladores de la zona dentro del canal.

Como el canal interceptor de aguas pluviales funciona en la práctica como una zanja de retención de agua proveniente de escurrimientos, y fomenta la proliferación de fauna nociva a causa de la basura que es arrojada, se deben de implementar medidas de mitigación para la vulnerabilidad como son:

- Implementar un programa de educación ambiental acerca de la importancia del canal de captación de aguas pluviales (canal de Santa Catalina) que vaya dirigido principalmente a los pobladores de las zonas aledañas.
- Mejorar el programa de limpieza y desazolve del canal para ayudar a que realice su función de manera efectiva. De esta forma el canal puede funcionar tanto para captar aguas pluviales, como para esparcimiento de los pobladores, mejorando así el entorno y por consecuencia también se contribuye al estado psicológico de las personas el cual se ve reflejado en la salud y el desempeño laboral de éstos, principalmente.

2.- La probabilidad de ocurrencia de inundación pluvial fue calculada utilizando los datos proporcionados por el Instituto de Astronomía y Meteorología perteneciente a la Universidad de Guadalajara. De acuerdo con la información recibida, se pueden esperar lluvias con intensidades de hasta 80 mm/h con un período de retorno de un año. Los colectores fueron construidos para una intensidad de 52 mm/h (Gobierno del Estado de Jalisco, 1965-1970). Esto significa que cada año se pueden esperar inundaciones pluviales ya que la intensidad de lluvia registrada excede la capacidad de conducción del sistema de alcantarillado. Esto significa que el riesgo de inundación pluvial es de cada año para la zona de estudio.

3.- El análisis de la vulnerabilidad dio como resultado que las avenidas López Mateos, Mariano Otero y el centro comercial Plaza del Sol son sitios con una vulnerabilidad alta. Esto se debe a: la pendiente baja del terreno, paso de escurrimientos pluviales, concentración de vehículos, zonas de concentración de personas debido a paradas de autobuses de transporte público, 90% del terreno se encuentra asfaltado, drenaje insuficiente para la conducción de aguas pluviales, carril central elevado de la avenida López Mateos, y el hecho de que el centro comercial es una zona de gran afluencia comercial.

Al mismo tiempo que las avenidas López Mateos y Mariano Otero son zonas de vulnerabilidad, éstas poseen una alta capacidad de respuesta rápida. Debido al nivel socioeconómico que está catalogado como medio-alto, al nivel de escolaridad promedio que es de once años esto equivale a la Preparatoria, también el Ayuntamiento de Zapopan colocó una unidad administrativa en la avenida López Mateos Sur a 2 km del centro comercial, la cual cuenta con servicio de bomberos, protección civil, policía y cruz verde (AGEB-INEGI).

El alto nivel de escolaridad con que cuenta la población de la zona de estudio facilita la implementación de un plan de educación ambiental, el cual se realizó en este trabajo con el fin de mitigar el riesgo de sufrir un daño en el patrimonio y en la persona como consecuencia de una inundación pluvial, así como también para la reducción de la vulnerabilidad de la población. El plan de educación ambiental contiene tres apartados relativos a que hacer antes, durante y después de un evento de esta magnitud. Dicho plan de educación ambiental es factible de realizarse sobre todo si se cuenta con el apoyo del departamento de Protección Civil del estado.

Para la mitigación de la vulnerabilidad que existe en los aspectos de infraestructura, el Gobierno del Estado hizo una cotización para la construcción de un drenaje profundo en el año 2000 obteniéndose un estimado del costo que equivalía en ese entonces de 800-1,000 millones de pesos, para el año 2005 se hizo una estimación de 3,000 millones de pesos.

Puesto que el costo de la construcción es demasiado alto y por el momento el Gobierno del Estado no cuenta con tal cantidad, se recomienda realizar acciones de mitigación de vulnerabilidad en el aspecto social, para lo cual se puede implementar un programa de información por parte de los medios de comunicación y principalmente radio, en el momento en que ocurre una inundación con la finalidad de informar a la ciudadanía de las vías de comunicación que debe tomar para trasladarse al lugar que desea. Este programa daría bastantes resultados debido al nivel alto de escolaridad que presenta la zona de estudio y principalmente las zonas aledañas a Plaza del Sol.

4.- Existen varias soluciones propuestas en ingeniería para la reducción del riesgo de inundación como lo son: almacenar el agua de lluvia en tanque de captación de aguas pluviales subterráneo, para después bombearla a la planta de tratamiento; separación de drenajes, donde se construye un drenaje nuevo paralelo al existente, y separando los drenajes pluviales y sanitarios; almacenamiento en tubería, las tuberías del drenaje se equipan con equipos controladores de flujo y con recipientes de captación. Los dispositivos ayudan a que la tubería trabaje a flujo lleno y los excedentes se envían a los recipientes de captación (E.P.A., 2001). Por parte de SIAPA, existen dos propuestas: una es conectar el subcolector Axayácatl al subcolector del Chicalote, desviando así el agua de lluvia de uno de los puntos conflictivos, evitando que ésta entre al colector del Poniente; y la otra es mandar los escurrimientos pluviales al Parque Metropolitano (comunicación personal, 2002).

Todas las propuestas anteriores es necesario evaluarlas, en los aspectos: económico, técnico, de ordenamiento urbano, de salud y ecológico, para poder tomar la decisión correcta y no solamente mandar el problema aguas abajo. Tal es el caso de la primer propuesta hecha por el SIAPA, ya que si el colector del Chicalote no tiene la capacidad suficiente, pudiera darse el caso de mandar la inundación hacia otras calles. Par la segunda propuesta del SIAPA debe de ser evaluada en costo-beneficio antes de hacerse el proyecto para evitar una mala planeación y pérdidas económicas. Además de dañar el parque, valorándose los posibles impactos que se causarían como: erosión del suelo e inundaciones, y afectación al aspecto social ya que el parque sirve como zona de recreación.

Se realizó en este trabajo la valoración económica de daños producidos por una inundación en la zona de plaza del Sol. Se estima que una inundación produce un costo cercano a 25,646.26 pesos debidos principalmente a afectación a comercios y pérdida de tiempo en transporte. Para esta estimación se realizaron trabajos de aforo vehicular y de consumidores. Se considera que esta estimación representa un valor menor al costo real, ya que no incluye conceptos de difícil cuantificación tales como consumo adicional de gasolina, pérdidas económicas en taxis, estrés en la población, entre otros.

En base a la frecuencia con la que se presentan inundaciones en la zona de Plaza del Sol, se estima que el costo anual asciende a 205,170.08 pesos por año como cifra conservadora y para la Zona Metropolitana de Guadalajara en 5'949,932.32 pesos por año.

El elevado costo de las acciones de mitigación (3,000 millones de pesos) hace difícil la construcción de un colector pluvial. Esta inversión se justificaría por los ahorros anuales (incluyendo los no cuantificados), la disminución en el personal involucrado en la respuesta a contingencias, disminución de contaminantes emitidos a la atmósfera provenientes de vehículos que quedan varados durante una tormenta, recuperación de los

niveles de mantos freáticos, disminución de accidentes tales como electrocución, colisión de vehículos y caída de árboles, y disminución de daños al patrimonio familiar.

Toda obra debe estar acompañada de un estudio de riesgo y vulnerabilidad, de tal forma que antes de su construcción se prevean los posible desastres y emergencias característicos de la zona. Muchos de los problemas que se presentan cuando las amenazas impactan un sistema se deben a problemas que no fueron previstos en la etapa de concepción y diseño de las obras, tales como la ubicación en terrenos vulnerables a inundaciones y fallas geológicas, mala estructura de las edificaciones, instalaciones rígidas de tuberías, etc. (Curiel, 1997).

CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA

- ÁNGEL MAYA, Augusto. "*Cultura y Medio Ambiente*". Colombia. 1996. 43-58 págs.
- ÁNGEL MAYA, Augusto. "*La Fragilidad Ambiental de la Cultura*". Colombia. 1996. 59-156 págs.
- ÁNGEL MAYA, Augusto. "*Método Histórico y Medio Ambiente*". Colombia. 1996. 1-22 págs.
- BRETÓN GONZÁLEZ, Mauricio. "*Introducción a los Desastres Naturales. Primer Taller Nacional Universitario sobre Desastres Naturales y Antropogénicos para la mitigación del Riesgo*". Colima, Col., México. Junio 8 – 10 de 2001.
- CAYAN, Daniel R., REDMOND, Kelly T., RIDDLE, Laurence G. "*ENSO and Hydrologic Extremes in the Western United States*". Journal of Climate. September 1999. Volume 12. 2881-2893 pp.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA. "*Guías para la elaboración del Análisis de la Vulnerabilidad*". Lima, Perú. 2002. 46 pp.
- CENTRO REGIONAL DE ESTUDIOS EN ECONOMÍA ECOLÓGICA (CRESEE). "*Valoración Económica del Impacto Social por Degradación Ambiental de Proyectos*". Heredia, Costa Rica. Agosto de 2001. 105 pp.
- CURIEL BALLESTEROS, Arturo. "*Evaluación de Riesgos*". Universidad de Guadalajara. México. 1997. págs. 43-63. Dentro de: LA SALUD AMBIENTAL, RETOS Y PERSPECTIVAS HACIA EL SIGLO XXI.
- DISASTERRELIEF.ORG. "*Mudslide Survivors Tell Stories of Loss, Horror, Hope*". Venezuela. 1999. Página web consultada en Abril de 2001. <http://www.disasterrelief.org/Disaster/991223Venezuela5/>
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. "*Combined Sewer Overflow*". U.S.A. September 1993. Manual. 95 pp.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. "*Eliminating CSO and SSO. Four Basic Solutions to Sewer Overflow Problems*". Diciembre de 2001. http://www.sewer-overflow.com/eliminate_cso.html.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. "*Managing Watersheds to Reduce Flood Losses*". Consultada en Diciembre de 2001. <http://www.epa.gov/owow/watershed/Proceed/faber.html>

- FIERRO ÁLVAREZ, Andrés. *"Propiedades físicas del suelo relacionadas con el movimiento del agua en el suelo"*. México. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. 2001. 90 pp.
- FREGOSO ANGUIANO, Marcos Sergio. *"Evaluación del Riesgo por la caída de árboles, de acuerdo a su condición, en las principales avenidas de Guadalajara"*. México. Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara. 2002. 137pp.
- GARIBAY CHÁVEZ, Guadalupe. *"La Salud Ambiental, Retos y Perspectivas hacia el siglo XXI"*. Guadalajara, Ed. Universidad de Guadalajara. México. 1997.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO. *"Los Colectores de Guadalajara."* Memoria de la etapa ejecutada durante la gestión gubernamental del C. Lic. Francisco Medina Ascensio. Años 1965 – 1970. Guadalajara, Jalisco. 52 pp.
- GÓMEZ HERRERA LASSO, Carlos; LÓPEZ LÓPEZ, Elías y BEUTELSPACHER ROMERO, David. *"Alivio de Inundaciones en la Zona de Plaza del Sol y Áreas Contiguas"* Tesis recepcional para obtener el grado de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad ITESO, Junio de 2000.
- INSTITUTO de ASTRONOMÍA y METEOROLOGÍA. *"Publicación Informativa Mensual"*. México. Universidad de Guadalajara. Febrero 2002. Año 1. No.7.
- INSTITUTO de ASTRONOMÍA y METEOROLOGÍA. *"Publicación Informativa Mensual"*. México. Universidad de Guadalajara. Enero 2002. Año 1. No.6.
- INSTITUTO de ASTRONOMÍA y METEOROLOGÍA. *"Publicación Informativa Mensual"*. México. Universidad de Guadalajara. Noviembre 2001. Año 1. No.4.
- INSTITUTO de ASTRONOMÍA y METEOROLOGÍA. *"Publicación Informativa Mensual"*. México. Universidad de Guadalajara. Octubre 2001. Año 1. No.3.
- INSTITUTO de ASTRONOMÍA y METEOROLOGÍA. *"Publicación Informativa Mensual"*. México. Universidad de Guadalajara. Septiembre 2001. Año 1. No.2.
- LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. *"Diseño de Acueductos y Alcantarillados"*. Colombia. Ed. Alfaomega. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2da. Edición. 1999. 263-354 pp.
- LÓPEZ RIVAS, Trinidad. *"Los riesgos en la Zona Metropolitana de Guadalajara"*. Universidad de Guadalajara. México. Año 3. Núm. 7. Agosto de 2001.
- MACIEL FLORES, Roberto et al. *"Los peligros geológicos y la sociedad"*. México. Universidad de Guadalajara. Agosto de 2001. Año 3. Núm. 7.
- MAZA ÁLVAREZ, José Antonio; FRANCO, Víctor. *"Obras de Protección para Control de Inundaciones"*. México. UNAM. 1997. 185 pp.

- METCALF & EDDY. "Wastewater Engineering, Treatment and Reuse". New York U.S.A. Mc Graw Hill. 2003. págs 189-191
- MONTGOMERY, Douglas C., RUNGER, George C. "Applied Statistics and Probability for Engineers". New York U.S.A. Ed. John Wiley & Sons. 1994. 895 pp.
- OROZCO MEDINA, Martha Georgina. "La Salud Ambiental, un campo multi e interdisciplinario". Universidad de Guadalajara. México. 1997. págs. 7-12. Dentro de: LA SALUD AMBIENTAL, RETOS Y PERSPECTIVAS HACIA EL SIGLO XXI.
- ORTIZ SOLORIO, Carlos A. "Elementos de Agrometeorología Cuantitativa, con aplicaciones en la República Mexicana". Universidad Autónoma de Chapingo, México. 1984. 89 - 145 págs.
- OVSEI, GELMAN Y MURAVCHIK. *Desastres y Protección Civil*. México. UNAM. 1996
- PEAVY, ROWE and TCHOBANOGLOUS. "Environmental Engineering". U.S.A. McGraw-Hill. 1985. págs. 349-371.
- PROTECCIÓN CIVIL. "Simposium Internacional de Agua y Salud, Perspectivas para el siglo XXI". Normatividad en Materia de Agua. Guadalajara, México. 19 y 20 de Julio de 2002.
- SIAPA, "Panorama Actual del Agua en la Zona Metropolitana de Guadalajara", Presentado en el Simposio de la Academia de Ingeniería. Mayo 2004
- UNIVERSIDAD de GUADALAJARA. "Mapa de Riesgos en la Zona Metropolitana de Guadalajara". México. 1994. 88 pp.
- UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. *Riesgos en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. México. 1994. 88 pp.
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA (UPV). "Servicios de prevención de riesgos laborales. Energía eléctrica. Efectos sobre el organismo". Valencia, España. Septiembre, 2004. 5 pp. http://www.spri.upv.es/IOP_ELEC_02.htm
- VILLA GONZÁLEZ, José Abel. "El Sistema de Colectores de la Zona Metropolitana de Guadalajara". Citado dentro de Trabajos presentados para el Gobierno del Estado de Jalisco, Departamento de Obras Públicas. 1974. 34 pp.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. "Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación de Aire, Agua y Suelo". Suiza. 1984. Publicación No. 62. 122 pp.

Anexo A

Datos de Precipitación Pluvial

Gráficas del Pluviógrafo

TABLA 1. CÁLCULO DE ESCURRIMIENTO PLUVIAL PARA EL MES DE JUNIO

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| Datos | |
| Superficie (A) | 31.24 km ² |
| Coefficiente de escurrimiento (Ce) | 0.7 |
| Colectores | |
| López Mateos | 21.0 m ³ /s |
| Mariano Otero | 2.8 m ³ /s |
| El Colli | 25.3 m ³ /s |
| Subcolector 1 | 1.5 m ³ /s |
| Canal Interceptor Poniente | 36.0 m ³ /s |
| | |
| Capacidad de colectores (Q) | 86.6 m ³ /s |

| Año | Intensidad (I) mm/h | Duración tormenta (t) (min) | Caudal escurrido (m ³ /s) | Caudal excedente (m ³ /s) | Volumen excedente (m ³) |
|------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1970 | 50.4 | 430.0 | 306.14 | 219.56 | 5,664,545.5 |
| 1971 | 40.0 | 420.0 | 242.97 | 156.39 | 3,940,904.5 |
| 1972 | 89.4 | 103.0 | 543.03 | 456.45 | 2,820,842.5 |
| 1973 | 43.8 | 495.0 | 266.05 | 179.47 | 5,330,163.5 |
| 1974 | 65.4 | 378.0 | 397.25 | 310.67 | 7,045,948.8 |
| 1975 | 27.6 | 390.0 | 167.65 | 81.07 | 1,896,942.5 |
| 1976 | 59.0 | 115.0 | 358.37 | 271.79 | 1,875,375.3 |
| 1977 | 67.2 | 325.0 | 408.18 | 321.60 | 6,271,226.7 |
| 1978 | 91.5 | 16.0 | 555.78 | 469.20 | 450,434.6 |
| 1979 | 138.0 | 4.0 | 838.23 | 751.65 | 180,395.9 |
| 1980 | 14.1 | 34.0 | 85.65 | 0.00 | 0.0 |
| 1981 | 17.8 | 25.0 | 108.12 | 21.54 | 32,309.2 |
| 1982 | 21.0 | 75.0 | 127.56 | 40.98 | 184,395.0 |
| 1983 | 25.8 | 10.0 | 156.71 | 70.13 | 42,079.5 |
| 1984 | 13.4 | 90.0 | 81.39 | 0.00 | 0.0 |
| 1985 | 18.5 | 33.0 | 112.37 | 25.79 | 51,066.9 |
| 1986 | 48.0 | 16.0 | 291.56 | 204.98 | 196,779.0 |
| 1987 | 38.0 | 18.0 | 230.82 | 144.24 | 155,775.8 |
| 1988 | 19.9 | 35.0 | 120.88 | 34.30 | 72,019.8 |
| 1989 | 15.3 | 45.0 | 92.93 | 6.35 | 17,156.2 |
| 1990 | 30.0 | 10.0 | 182.22 | 95.64 | 57,386.3 |
| 1991 | 60.1 | 60.0 | 365.06 | 278.48 | 1,002,510.2 |
| 1992 | 24.0 | 20.0 | 145.78 | 59.20 | 71,038.9 |
| 1993 | 22.6 | 22.0 | 137.28 | 50.70 | 66,917.8 |
| 1994 | 112.8 | 110.0 | 685.16 | 598.58 | 3,950,638.4 |
| 1995 | NR | NR | NR | NR | NR |
| 1996 | 57.6 | 60.0 | 349.87 | 263.29 | 947,843.1 |
| 1997 | 88.8 | 125.0 | 539.38 | 452.80 | 3,396,018.9 |
| 1998 | 72.0 | 30.0 | 437.34 | 350.76 | 631,362.9 |
| 1999 | 153.0 | 105.0 | 929.34 | 842.76 | 5,309,397.5 |
| 2000 | 85.0 | 148.0 | 516.30 | 429.72 | 3,815,921.0 |

Se observa que el caudal de escurrimiento pluvial supera a la capacidad de conducción de los colectores en la gran mayoría de los eventos lluviosos.

NR = dato no registrado

TABLA 2. CÁLCULO DE ESCURRIMIENTO PLUVIAL PARA EL MES DE JULIO

| Datos | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Superficie (A) | 31.24 km ² |
| Coefficiente de escurrimiento (Ce) | 0.7 |
| Colectores | |
| López Mateos | 21.0 m ³ /s |
| Mariano Otero | 2.8 m ³ /s |
| El Colli | 25.3 m ³ /s |
| Subcolector 1 | 1.5 m ³ /s |
| Canal Interceptor Poniente | 36.0 m ³ /s |
| Capacidad de colectores (Qcolectores) | 86.6 m ³ /s |

| Año | Intensidad (I) mm/h | Duración tormenta (t) (min) | Caudal escurrido (m ³ /s) | Caudal excedente (m ³ /s) | Volumen excedente (m ³) |
|------|------------------------|-----------------------------------|--|--|---|
| 1970 | 23.0 | 320.0 | 139.70 | 53.12 | 1,019,998.7 |
| 1971 | 45.2 | 95.0 | 274.55 | 187.97 | 1,071,432.2 |
| 1972 | 85.0 | 75.0 | 516.30 | 429.72 | 1,933,743.8 |
| 1973 | NR | NR | NR | NR | NR |
| 1974 | 85.8 | 392.0 | 521.16 | 434.58 | 10,221,324.9 |
| 1975 | 75.0 | 55.0 | 455.56 | 368.98 | 1,217,632.6 |
| 1976 | 77.4 | 150.0 | 470.14 | 383.56 | 3,452,017.2 |
| 1977 | 88.8 | 129.0 | 539.38 | 452.80 | 3,504,691.5 |
| 1978 | 39.8 | 55.0 | 241.75 | 155.17 | 512,061.9 |
| 1979 | 47.6 | 27.0 | 289.13 | 202.55 | 328,128.5 |
| 1980 | 43.4 | 13.0 | 263.62 | 177.04 | 138,089.0 |
| 1981 | 25.5 | 59.0 | 154.89 | 68.31 | 241,818.3 |
| 1982 | 27.2 | 28.0 | 165.22 | 78.64 | 132,108.9 |
| 1983 | 35.7 | 80.0 | 216.85 | 130.27 | 625,278.5 |
| 1984 | 17.1 | 45.0 | 103.87 | 17.29 | 46,676.5 |
| 1985 | 32.6 | 37.0 | 198.02 | 111.44 | 247,389.2 |
| 1986 | 21.6 | 40.0 | 131.20 | 44.62 | 107,090.8 |
| 1987 | 32.4 | 50.0 | 196.80 | 110.22 | 330,665.2 |
| 1988 | 29.5 | 65.0 | 179.19 | 92.61 | 361,166.4 |
| 1989 | 41.7 | 19.0 | 253.29 | 166.71 | 190,050.7 |
| 1990 | 31.5 | 72.0 | 191.34 | 104.76 | 452,541.7 |
| 1991 | 25.2 | 63.0 | 153.07 | 66.49 | 251,324.7 |
| 1992 | 37.2 | 50.0 | 225.96 | 139.38 | 418,132.6 |
| 1993 | 18.3 | 14.3 | 111.16 | 24.58 | 21,086.7 |
| 1994 | 154.5 | 4.0 | 938.45 | 851.87 | 204,449.4 |
| 1995 | 35.4 | 710.0 | 215.02 | 128.44 | 5,471,719.2 |
| 1996 | 68.4 | 20.0 | 415.47 | 328.89 | 394,668.4 |
| 1997 | 115.2 | 105.0 | 699.74 | 613.16 | 3,862,904.8 |
| 1998 | 120.0 | 25.0 | 728.90 | 642.32 | 963,473.0 |
| 1999 | 99.0 | 310.0 | 601.34 | 514.76 | 9,574,510.4 |
| 2000 | 100.8 | 55.0 | 612.27 | 525.69 | 1,734,783.8 |

Siendo 86.6 m³/s la capacidad de los colectores, se puede observar que el caudal de lluvia que escurre superó en varias ocasiones al caudal de los colectores, durante el período de lluvias de 1970 - 2000. Se observa que la intensidad pluvial mayor fue de 154.5 mm/h, y la intensidad mínima fue de 17.1 mm/h. Siendo el mes de Julio el más importante por ser el más lluvioso del temporal de lluvias. NR = dato no registrado

TABLA 3. CÁLCULO DE ESCURRIMIENTO PLUVIAL PARA EL MES DE AGOSTO

| Datos | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Superficie (A) | 31.24 km ² |
| Coefficiente de escurrimiento (Ce) | 0.7 |
| Colectores | |
| López Mateos | 21.0 m ³ /s |
| Mariano Otero | 2.8 m ³ /s |
| El Colli | 25.3 m ³ /s |
| Subcolector 1 | 1.5 m ³ /s |
| Canal Interceptor Poniente | 36.0 m ³ /s |
| | |
| Capacidad de colectores (Qcolectores) | 86.6 m ³ /s |

| Año | Intensidad (I) mm/h | Duración tormenta (t) (min) | Caudal escurrido (m ³ /s) | Caudal excedente (m ³ /s) | Volumen excedente (m ³) |
|------|------------------------|-----------------------------------|--|--|---|
| 1970 | 30.0 | 33.0 | 182.22 | 95.64 | 189,374.8 |
| 1971 | 82.2 | 38.0 | 499.29 | 412.71 | 940,986.3 |
| 1972 | 75.0 | 113.0 | 455.56 | 368.98 | 2,501,681.4 |
| 1973 | 76.2 | 189.0 | 462.85 | 376.27 | 4,266,885.0 |
| 1974 | 100.8 | 29.0 | 612.27 | 525.69 | 914,704.2 |
| 1975 | 119.4 | 43.0 | 725.25 | 638.67 | 1,647,770.7 |
| 1976 | 84.6 | 93.0 | 513.87 | 427.29 | 2,384,284.8 |
| 1977 | 78.0 | 25.0 | 473.78 | 387.20 | 580,802.9 |
| 1978 | 25.4 | 35.0 | 154.28 | 67.70 | 142,176.0 |
| 1979 | 36.0 | 4.0 | 218.67 | 132.09 | 31,701.3 |
| 1980 | 31.9 | 65.0 | 193.76 | 107.18 | 418,020.2 |
| 1981 | 39.8 | 25.0 | 241.75 | 155.17 | 232,755.4 |
| 1982 | 38.3 | 31.0 | 232.64 | 146.06 | 271,669.9 |
| 1983 | 57.3 | 22.0 | 348.05 | 261.47 | 345,137.1 |
| 1984 | 14.8 | 75.0 | 89.90 | 3.32 | 14,926.9 |
| 1985 | 28.3 | 45.0 | 171.90 | 85.32 | 230,358.1 |
| 1986 | 49.8 | 20.0 | 302.49 | 215.91 | 259,093.9 |
| 1987 | 58.8 | 15.0 | 357.16 | 270.58 | 243,520.8 |
| 1988 | 41.4 | 10.0 | 251.47 | 164.89 | 98,933.3 |
| 1989 | 38.4 | 10.0 | 233.25 | 146.67 | 87,999.9 |
| 1990 | 35.9 | 46.0 | 218.06 | 131.48 | 362,888.0 |
| 1991 | 90.0 | 8.0 | 546.67 | 460.09 | 220,843.9 |
| 1992 | 39.7 | 70.0 | 241.14 | 154.56 | 649,164.0 |
| 1993 | 83.3 | 18.0 | 505.97 | 419.39 | 452,946.4 |
| 1994 | 132.0 | 180.0 | 801.78 | 715.20 | 7,724,212.2 |
| 1995 | 60.0 | 100.0 | 364.45 | 277.87 | 1,667,205.9 |
| 1996 | 28.8 | 150.0 | 174.93 | 88.35 | 795,193.8 |
| 1997 | 83.4 | 75.0 | 506.58 | 420.00 | 1,890,010.1 |
| 1998 | 37.2 | 80.0 | 225.96 | 139.38 | 669,012.2 |
| 1999 | 96.0 | 32.0 | 583.12 | 496.54 | 953,349.6 |
| 2000 | 133.8 | 305.0 | 812.72 | 726.14 | 13,288,330.1 |

Para el mes de agosto durante el período de 1970-2000; se observa una intensidad de precipitación pluvial máxima de 133.8 mm/h, el cual se presentó en el año 2000; y una intensidad mínima de lluvia de 14.8 mm/h la cual se presentó en el año de 1984.

TABLA 4. CÁLCULO DE ESCURRIMIENTO PLUVIAL PARA EL MES DE SEPTIEMBRE

| Datos | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Superficie (A) | 31.24 km ² |
| Coefficiente de escurrimiento (Ce) | 0.7 |
| Colectores | |
| López Mateos | 21.0 m ³ /s |
| Mariano Otero | 2.8 m ³ /s |
| El Colli | 25.3 m ³ /s |
| Subcolector 1 | 1.5 m ³ /s |
| Canal Interceptor Poniente | 36.0 m ³ /s |
| | |
| Capacidad de colectores (Qcolectores) | 86.6 m ³ /s |

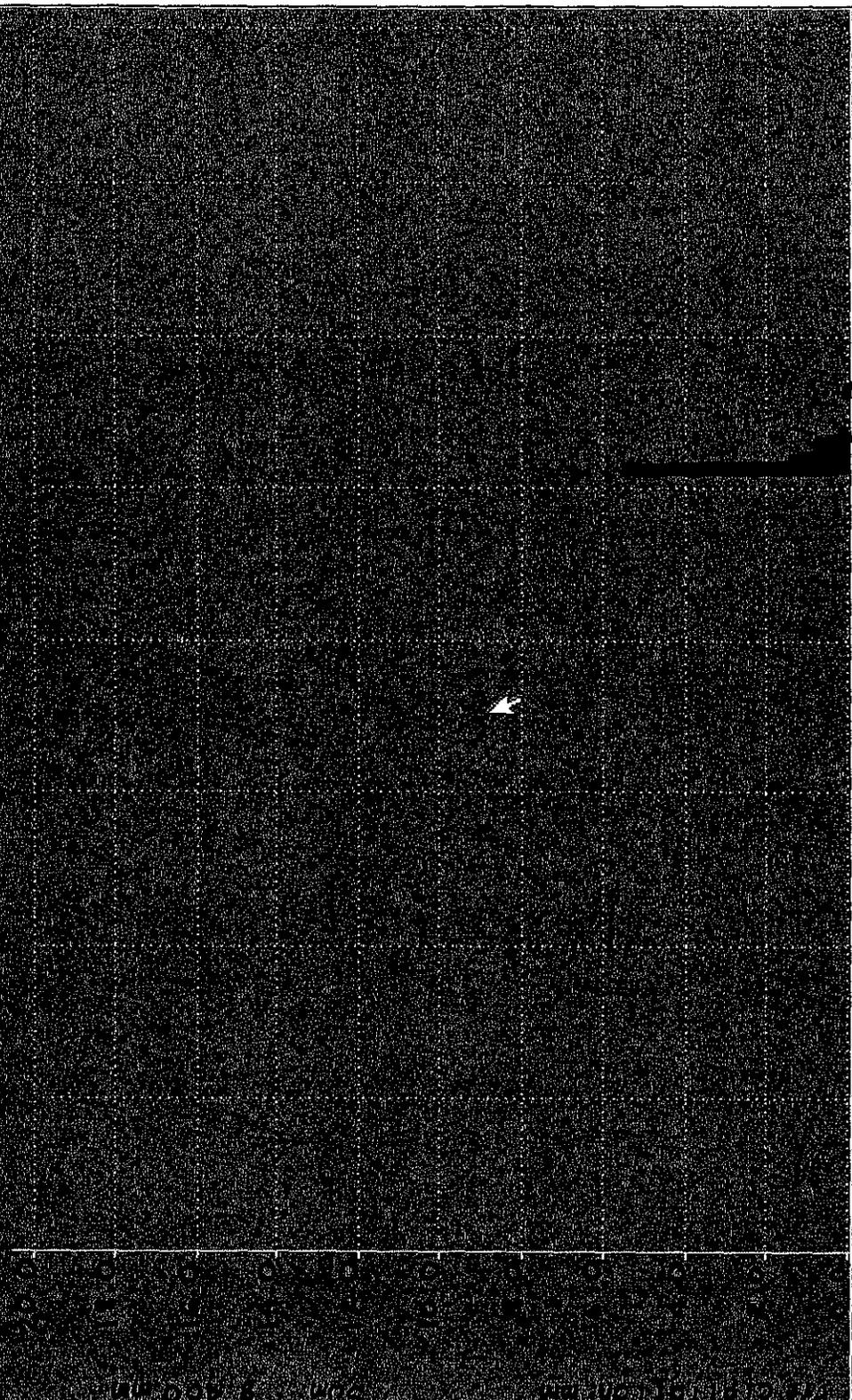
| Año | Intensidad (I) mm/h | Duración tormenta (t) (min) | Caudal escurrido (m³/s) | Caudal excedente (m³/s) | Volumen excedente (m³) |
|------------|--------------------------------|--|---|---|--|
| 1970 | 47.4 | 29.0 | 287.91 | 201.33 | 350,320.5 |
| 1971 | 82.8 | 202.0 | 502.94 | 416.36 | 5,046,256.0 |
| 1972 | 69.6 | 42.0 | 422.76 | 336.18 | 847,171.8 |
| 1973 | 72.0 | 25.0 | 437.34 | 350.76 | 526,135.8 |
| 1974 | 68.4 | 33.0 | 415.47 | 328.89 | 651,202.8 |
| 1975 | 97.8 | 28.0 | 594.05 | 507.47 | 852,549.0 |
| 1976 | 42.6 | 75.0 | 258.76 | 172.18 | 774,800.2 |
| 1977 | 53.4 | 34.0 | 324.36 | 237.78 | 485,068.0 |
| 1978 | 34.2 | 17.0 | 207.74 | 121.16 | 123,578.3 |
| 1979 | 39.0 | 4.0 | 236.89 | 150.31 | 36,074.6 |
| 1980 | 30.0 | 85.0 | 182.22 | 95.64 | 487,783.5 |
| 1981 | 22.2 | 58.0 | 134.85 | 48.27 | 167,964.4 |
| 1982 | 23.7 | 18.0 | 143.96 | 57.38 | 61,967.0 |
| 1983 | 19.5 | 33.0 | 118.45 | 31.87 | 63,093.7 |
| 1984 | 45.4 | 16.0 | 275.77 | 189.19 | 181,618.0 |
| 1985 | 50.0 | 30.0 | 303.71 | 217.13 | 390,827.5 |
| 1986 | 34.8 | 68.0 | 211.38 | 124.80 | 509,182.5 |
| 1987 | 12.0 | 110.0 | 72.89 | 0.00 | 0.0 |
| 1988 | 20.0 | 12.0 | 121.48 | 34.90 | 25,129.8 |
| 1989 | 30.4 | 30.0 | 184.65 | 98.07 | 176,532.3 |
| 1990 | 60.0 | 95.0 | 364.45 | 277.87 | 1,583,845.6 |
| 1991 | 48.6 | 43.0 | 295.20 | 208.62 | 538,246.3 |
| 1992 | 120.0 | 2.0 | 728.90 | 642.32 | 77,077.8 |
| 1993 | 16.8 | 100.0 | 102.05 | 15.47 | 92,792.1 |
| 1994 | NR | NR | NR | NR | NR |
| 1995 | 57.2 | 60.0 | 347.44 | 260.86 | 939,096.3 |
| 1996 | 46.8 | 112.0 | 284.27 | 197.69 | 1,328,471.2 |
| 1997 | NR | NR | NR | NR | NR |
| 1998 | 76.8 | 100.0 | 466.49 | 379.91 | 2,279,478.0 |
| 1999 | 69.0 | 13.0 | 419.11 | 332.53 | 259,377.1 |
| 2000 | NR | NR | NR | NR | NR |

Para el mes de septiembre durante el período de 1970-2000; se observa una intensidad de precipitación pluvial máxima de 120 mm/h, el cual se presentó en el año 1992; y una intensidad mínima de lluvia de 12 mm/h la cual se presentó en el año de 1987.

NR = dato no registrado.

NI Special graph Precipitation

18.06.2002 symmet



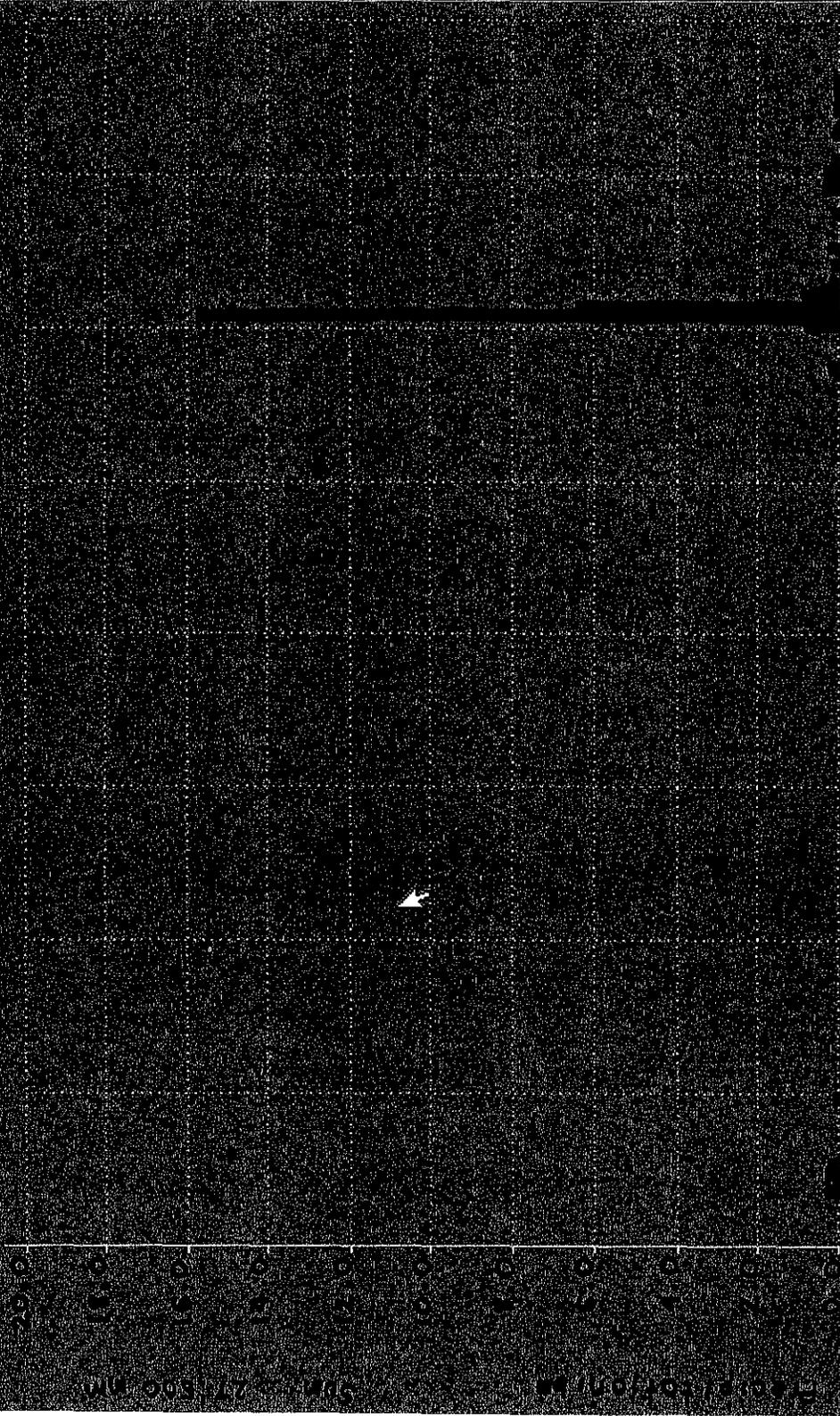
Time: 0 3 6 9 12 15 18 21 24

11

NI Special graph Precipitation

20.09.2004

symnet



LI
Time: 0 3 6 9 12 15 18 21 24

Navigation icons: a series of small square icons including a magnifying glass, a left-pointing arrow, a right-pointing arrow, a double left-pointing arrow, a double right-pointing arrow, a square with an 'X', and a square with a checkmark.

Anexo B

Fotografías de Campo



Foto. 1 Lateral de la Av. López Mateos (boca de tormenta).
Se puede observar el declive del terreno, antiguo cauce natural de escurrimientos pluviales



Foto. 2. Boca de Tormenta frente a la tienda Viu. Lateral de la Av. López Mateos. Carril central elevado que funciona como dique a los escurrimientos pluviales debido a que la boca de tormenta se tapa con la basura que es arrastrada por la lluvia.



Foto. 3. Boca de Tormenta en el cruce de López Mateos y Popocatépetl. Frente a la tienda Viu. Donde se puede observar la cantidad de basura que la obstruye.

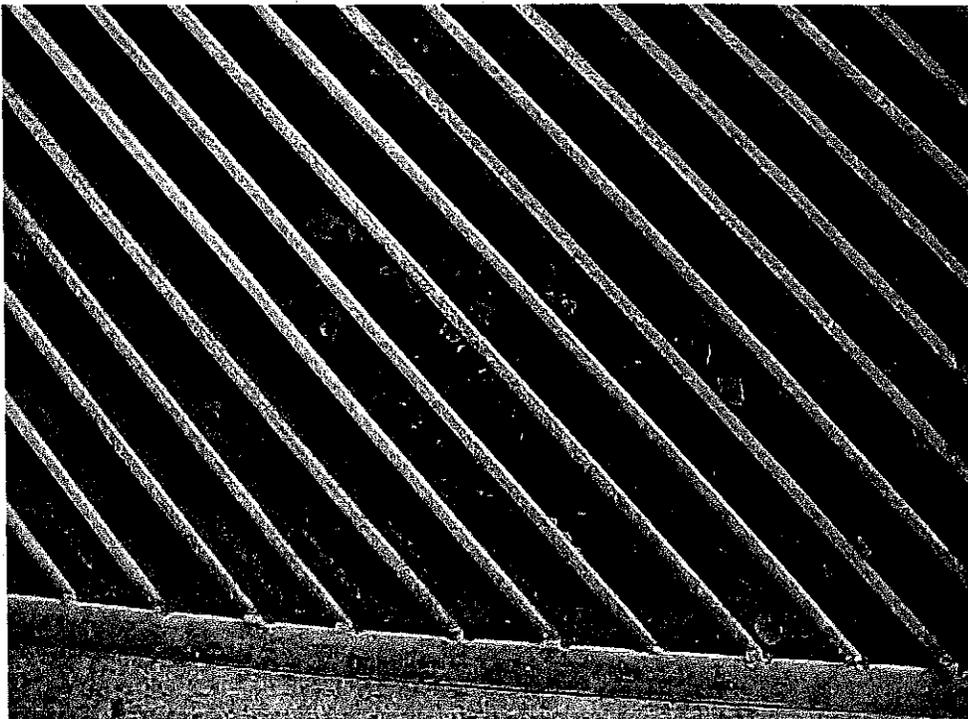


Foto. 4. Boca de Tormenta en el cruce de López Mateos y Popocatépetl. Frente a la tienda Viu. En el fondo se puede observar la basura que obstruye el flujo del agua de lluvia hacia el colector.

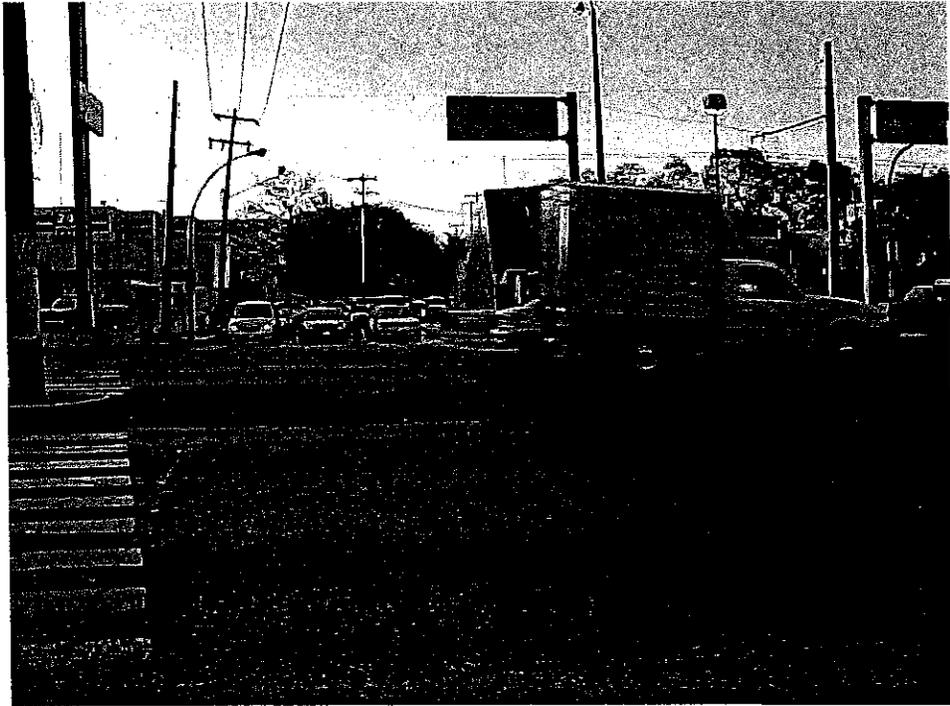


Foto. 5 Cruce de Avenidas López Mateos y Las Rosas.
Se observa el flujo vehicular y el carril central más elevado.



Foto 6. Lateral de la Av. López Mateos, lado Poniente.
Tráfico vehicular en la zona y declive del terreno en la parte lateral.



Foto 7. Calle Popocatepetl (cerca de su cruce con López Mateos), zona de escurrimiento natural del arroyo el Chicalote



Foto 8. Calle Mitla (Ciudad del Sol). Cauce natural de escurrimiento pluviales



Foto 9. Calle Popocatépetl. Construcción elevada para evitar el riesgo de inundación dentro del inmueble.



Foto 10. Boca de Tormenta obstruida por la basura Lateral de la Av. López Mateos (cruce con Popocatépetl)



Foto 11. Cruce de la Av. López Mateos y calle Popocatepetl. Estrategias de construcción para la mitigación del riesgo de inundación dentro del inmueble, implica inversión económica.

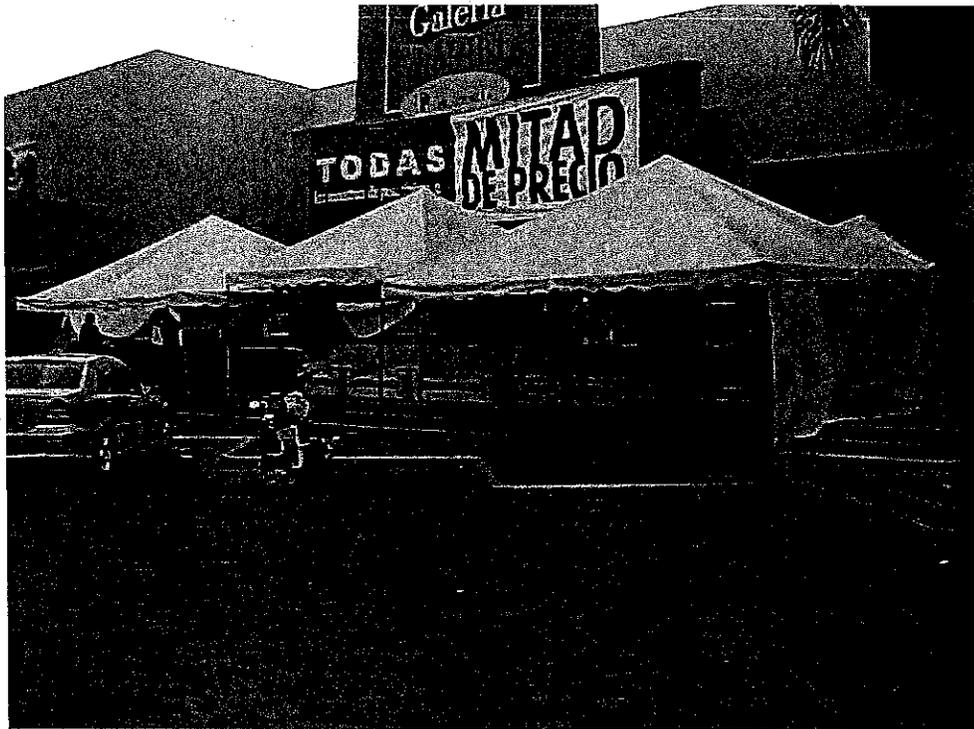


Foto 12. Soluciones Constructivas para la mitigación del Riesgo y reducción de la Vulnerabilidad (Popocatepetl y López Mateos)



Foto 13. Soluciones Constructivas para la reducción de la Vulnerabilidad y la mitigación del Riesgo (Popocatépetl y López Mateos)



Foto 14. Terreno con desnivel (lateral Oriente de la Av. López Mateos).
Cauce natural del arroyo el Chicalote.



Foto 15. Terreno con desnivel a un costado del Colegio Guadalajara (lateral Oriente de la Av. López Mateos). Cauce natural del arroyo el Chicalote



Foto 16. Lateral Oriente de la Av. López Mateos (entre Popocatépetl e Ixtlacihuatl). Se puede observar el tráfico vehicular, además del carril central más elevado que la lateral.



Foto 17. Estacionamiento a un costado del Colegio Guadalajara.
Zona de inundación, donde se puede observar el declive del terreno.



Foto 18. Cruce de López Mateos y Rinconada de los Ahuehuetes. Centro comercial Condo Plaza del Sol.
Se puede observar el declive del terreno por donde se conducían los escurrimiento pluviales.



Foto 19. Condo Plaza del Sol (López Mateos). Se observa el deficiente diseño de construcción en donde los comercios se encuentran un nivel debajo de la calle, por lo cual tiene un elevado riesgo de inundación.



Foto 20. Av. Plaza del Sol, a un costado del centro comercial Plaza del Sol, en donde se aprecia el declive del terreno por donde se conducían los escurrimientos pluviales.



Foto 21. Boca de Tormenta, lateral López Mateos Poniente, frente a Plaza del Sol. Se puede apreciar el carril central con una elevación mayor a la lateral, así como también, el intenso tráfico vehicular de la zona.



Foto 22. Estrategias de Construcción para la mitigación del Riesgo y la reducción de la Vulnerabilidad, las cuales implican un costo económico que después es cobrado a los consumidores (López Mateos y Tezozómoc).

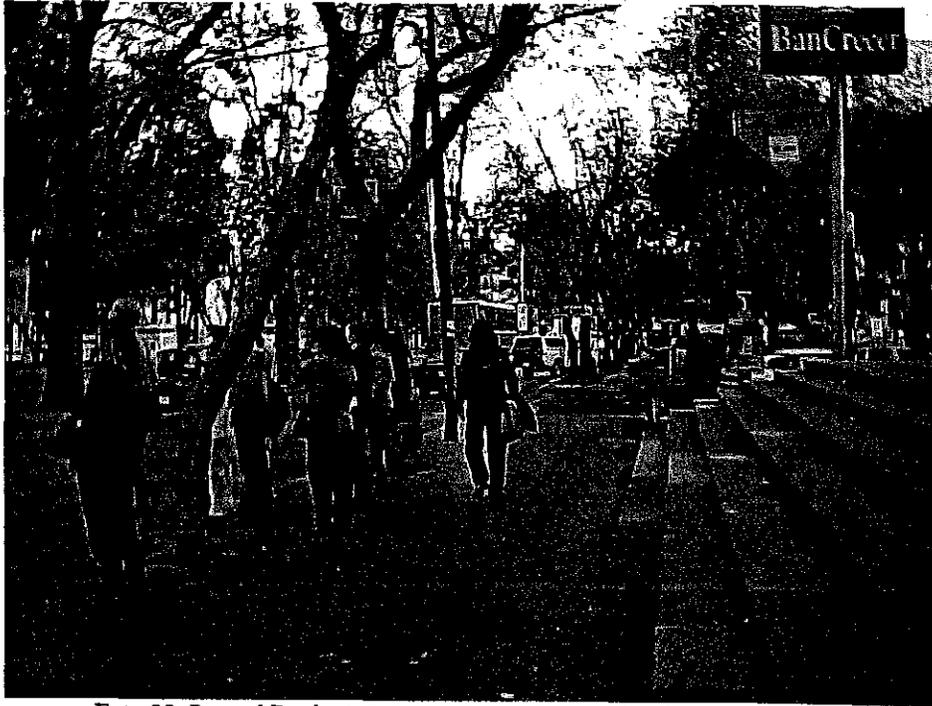


Foto 23. Lateral Poniente López Mateos (estrategias de construcción).



Foto 24. Entrada al centro comercial Plaza del Sol. Estrategias de construcción para la reducción del riesgo de inundación pluvial.



Foto 25 Lateral Poniente López Mateos, boca de tormenta (Sanborn's), construida para la reducción del riesgo de inundación pluvial, por parte de las autoridades correspondientes del Gobierno de Jalisco (SIAPA).



Foto 26. Boca de tormenta Hotel Presidente, se aprecia la basura que es arrastrada por la lluvia, así mismo el carril central con un nivel más elevado que la lateral, el cual sirve como dique a los escurrimientos pluviales.



Foto 27. Alcantarilla (boca de tormenta Hotel Presidente). Gran cantidad de basura que es arrastrada por el escurrimiento pluvial y que tapa las bocas de tormenta.



Foto 28. Hotel Presidente, estrategias de construcción mediante la elevación del suelo, para la reducción de la Vulnerabilidad.



Foto 29. Hotel Presidente, estrategias de construcción para la reducción del riesgo de inundación.



Foto. 30. Lateral Poniente Av. López Mateos. Paso a desnivel, donde se observa una boca de tormenta a lo ancho de la calle, siendo esta una estrategia de mitigación del riesgo de inundación pluvial implementada por las autoridades gubernamentales correspondientes (SIAPA).

Las fotografías No. 31 a la 62 fueron tomadas el día 23 de julio de 2002.



Foto 31. Inicio de Canal Interceptor en Av. Mariano Otero en donde se observa el crecimiento de maleza en el cauce disminuyendo su capacidad de captación de agua pluvial.



Foto 32. Basura que se encuentra dentro del canal obstruyendo la capacidad de conducción y ocasionando la proliferación de fauna nociva.



Foto 33. Ducto de interconexión del canal en las zonas donde se encuentra el paso de calle, esta fotografía corresponde a una calle de la colonia Paseos del Sol la cual atraviesa el canal.



Foto 34. Calle Araceli Souza col. Paseos del Sol. Se observa en la parte inferior los ductos de conexión del canal, y en la parte superior es desagüe de las bocas de tormenta, ambos se encuentran parcialmente obstruidos por maleza y basura.



Foto 35. Bocas de tormenta que descargan directamente al canal. Se encuentran en toda la zona que corresponde a la colonia Paseos del Sol.



Foto 36. Aquí se observa como los pobladores de las zonas aledañas al canal, utilizan éste mismo como zona de esparcimiento, aumentando el riesgo de enfermedades producidas por fauna nociva y un deterioro de la salud ambiental.

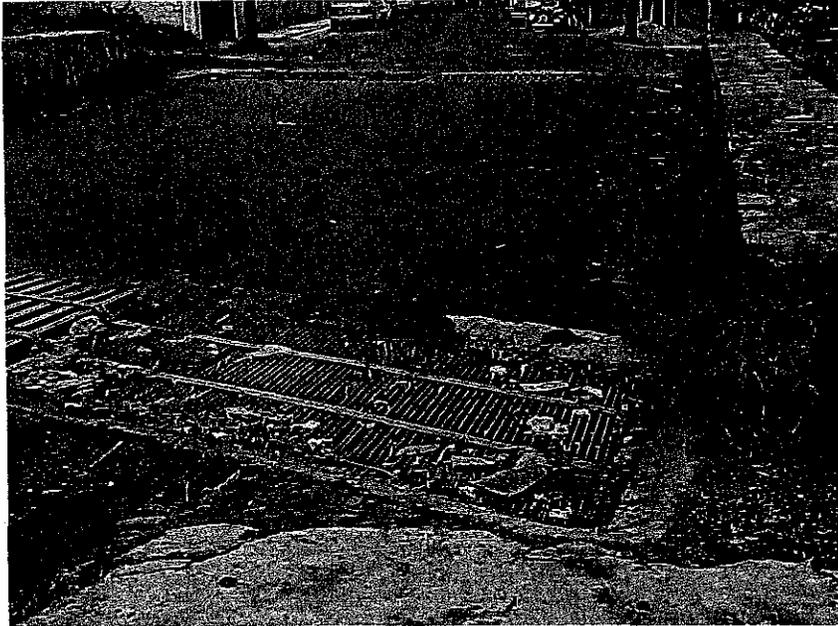


Foto 37. Bocas de tormenta que dan al canal obstruidas por la basura en la zona de la colonia El Colli. Ocasionalmente que el agua de lluvia no ingrese al canal y que aquí se convierta en zona de inundación.



Foto 38. Tramo del canal interceptor correspondiente a la colonia El Colli. Se observa que el agua pluvial no tiene salida debido a que los ductos de interconexión se encuentran tapados, no se sabe si es por el azolve y la basura, o bien si están obstruidos por la construcción de la calle.



Foto 39. Sección del canal interceptor que corresponde a la colonia El Colli, en donde se observa que en ambas márgenes existen fábricas.



Foto 40. Misma sección del canal que la fotografía anterior, en donde se observa una acumulación de agua pluvial y basura, la cual prolifera fauna nociva y ocasiona un deterioro de la salud ambiental.



Foto 41. Misma sección del canal que la fotografía anterior, en donde se observa el nivel de agua pluvial estancada y la aparición de maleza en las márgenes del mismo.



Foto 42. Sección del canal correspondiente a la colonia El Colli. En donde se observa que es una zona con poca infraestructura, y con fábricas en las márgenes del canal.



Foto 43 Aquí se observa una escuela urbana en una de las márgenes del canal, donde el agua estancada puede deteriorar la salud de los estudiantes. Este tramo se encuentra en la colonia el Colli.



Foto 44. Los habitantes de las márgenes del canal utilizan el agua para riego y cultivo (nopales). La salud de estas personas se ve afectada por la proliferación de mosquitos por el agua de lluvia estancada.



Foto 45. Sección correspondiente a la colonia El Colli. Del lado izquierdo se encuentra una fábrica de macetas, del lado derecho se encuentran casas habitación. Ambos se ven afectados por la proliferación de fauna nociva y por los malos olores de la basura que posiblemente ellos mismo tiran al canal.

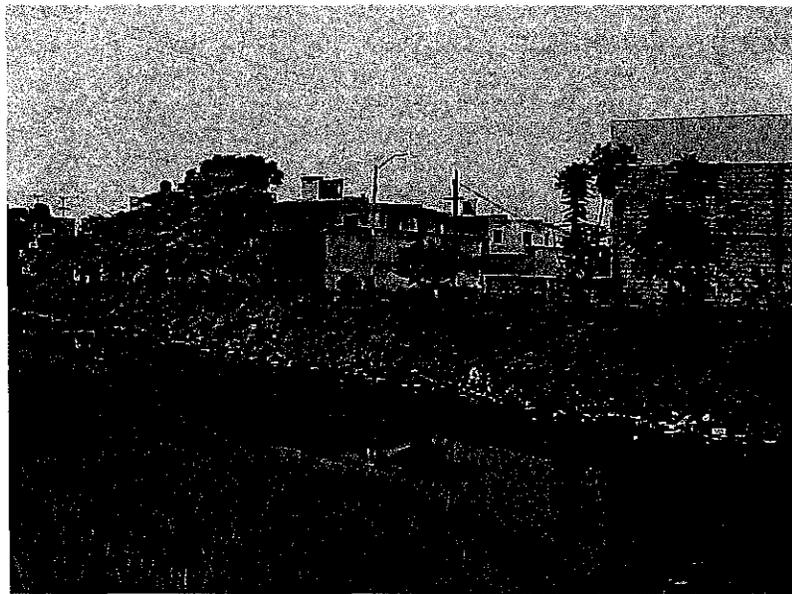


Foto 46. Zona habitacional correspondiente a la colonia El Colli, situada en una de las márgenes del canal interceptor de agua pluviales.



Foto 47. Aquí se observa como el agua estancada está a tan sólo 1 m del nivel de la calle y del suelo de las casas habitación que se observan en el fondo. Éste tramo pertenece a la colonia El Colli.

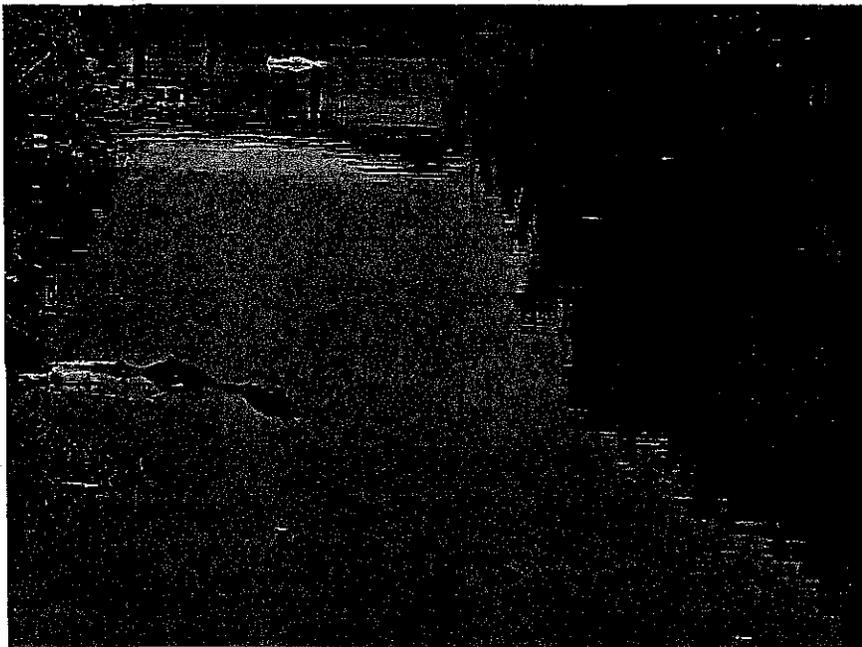


Foto 48. Agua de lluvia estancada que sirve para la proliferación de mosquitos que transmiten el dengue. Sección del canal interceptor el cual corresponde a la colonia El Colli.

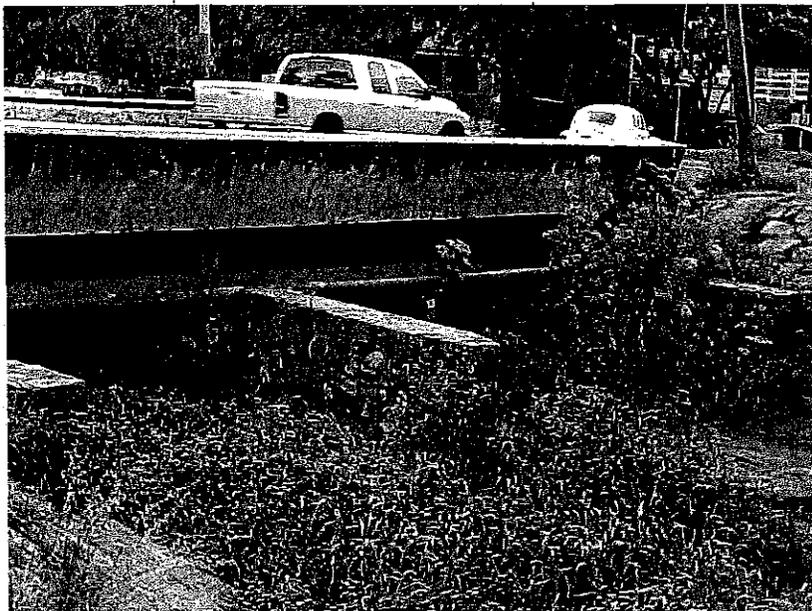


Foto 49. Cruce del Canal Interceptor con la Avenida Guadalupe en la colonia Jardines de Guadalupe. En donde se observa la acumulación de sedimentos arrastrados por la lluvia



Foto 50. Canal Interceptor, sección con el cruce de la avenida Guadalupe cerca de la UNIVA. Se observa como las personas lo utilizan de tiradero de escombros.

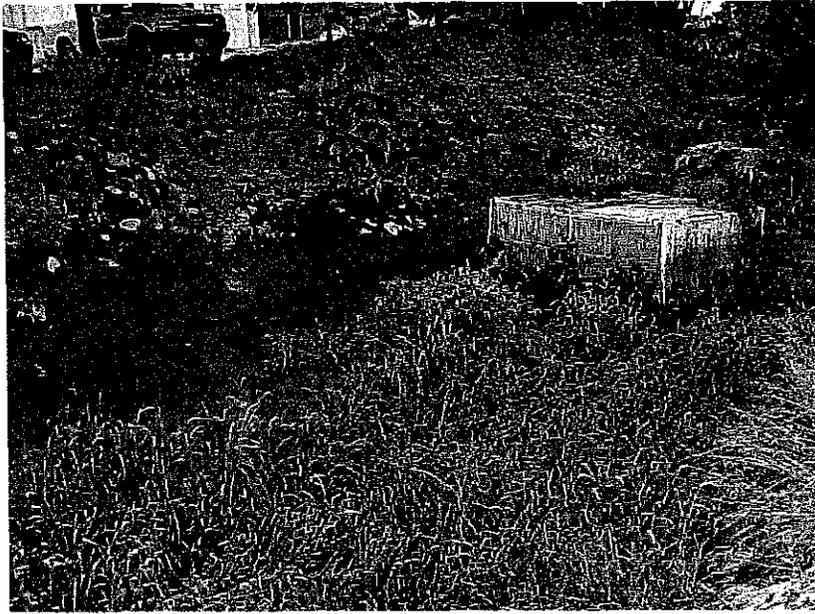


Foto 51. Mismo tramo que la fotografía anterior. Se observa como las personas lo utilizan como tiradero de escombros, además en el fondo se encuentra una gran cantidad de azolve.



Foto 52. Sección del Canal enfrente de la UNIVA en donde se observa el crecimiento de malezas. El agua estancada provoca la aparición de mosquitos, lo cual deteriora la salud de los habitantes de las casas y edificios que se observan al fondo.



Foto 53. Acercamiento de la fotografía anterior en donde se observa la acumulación de agua de lluvia y basura.



Foto 54. Del lado derecho se pueden observar las canchas de la UNIVA, del lado izquierdo se encuentra el canal y algunas casas habitación, correspondientes a la colonia Ciudad de los Niños. La vegetación que se observa corresponde principalmente a malezas que surgen durante el temporal de lluvias.



Foto 55. Sección correspondiente al Seminario Mayor en donde observamos una escuela primaria del lado izquierdo y una zona habitacional de clase media del lado derecho, las corrientes pluviales de dichas calles escurren hacia el interior del canal.

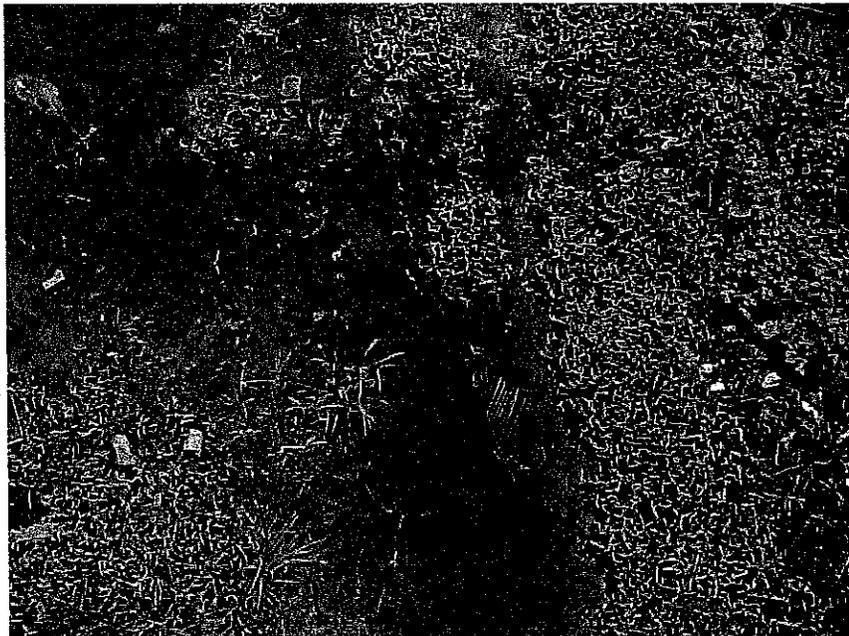


Foto 56. Fondo del canal, en donde se observa la construcción del mismo entre la basura y el escombros. Sección correspondiente al Seminario Mayor.



Foto 57. Última sección del canal. Del lado derecho se encuentra el Seminario Mayor. Del lado izquierdo se encuentra una escuela primaria. En la calle que se observa del lado derecho, un día a la semana se pone un tiangis donde se venden frutas y verduras, entre otras cosas.



Foto 58. Sección última del canal, correspondiente al Seminario mayor casi con su cruce con la avenida Lázaro Cárdenas. Se puede observar una escuela primaria al fondo, y un puente de fierro para cruzar el canal, en uno de las márgenes los pobladores de las zonas aledañas lo utilizan como tiradero de basura.



Foto 59. Aquí termina el canal. El tubo que se observa es de desagüe de agua pluvial proveniente de la avenida Lázaro Cárdenas. Se observa que el canal se encuentra tapado, existe una acumulación de basura y un gran crecimiento de malezas por el temporal de lluvias.



Foto 60. Sección última del canal, en donde se observan diferentes árboles perennes, y una rampa que conduce las agua pluviales de las calles aledañas hacia el interior del canal.



Foto 61. Parte final del canal. Éste topa con la avenida Lázaro Cárdenas, la cual se puede observar al fondo.



Foto 62. Último tramo del canal en donde se observa que a pesar del agua estancada y la basura, los árboles ahí presentes le dan un aspecto algo agradable a la zona.



Foto 63. Correspondiente al evento del 20 de septiembre de 2004. Fuente: periódico Mural, 2004.



Foto 64. 18 de junio de 2002. Fuente: periódico Occidental, 2002.
Se observan las acciones por parte de elementos de Protección Civil.



Foto 65. Fábricas de Francia, Plaza del Sol. Fuente: periódico Mural, 2003.



Foto 66. Afectación al transporte público, y al tránsito vehicular a consecuencia de las inundaciones en la zona metropolitana de Guadalajara. Fuente: periódico Mural, 2003.



Foto 67. Inundación pluvial en donde existe un riesgo de electrocutamiento debido al nivel del agua.
Fuente: periódico Mural, 2003.



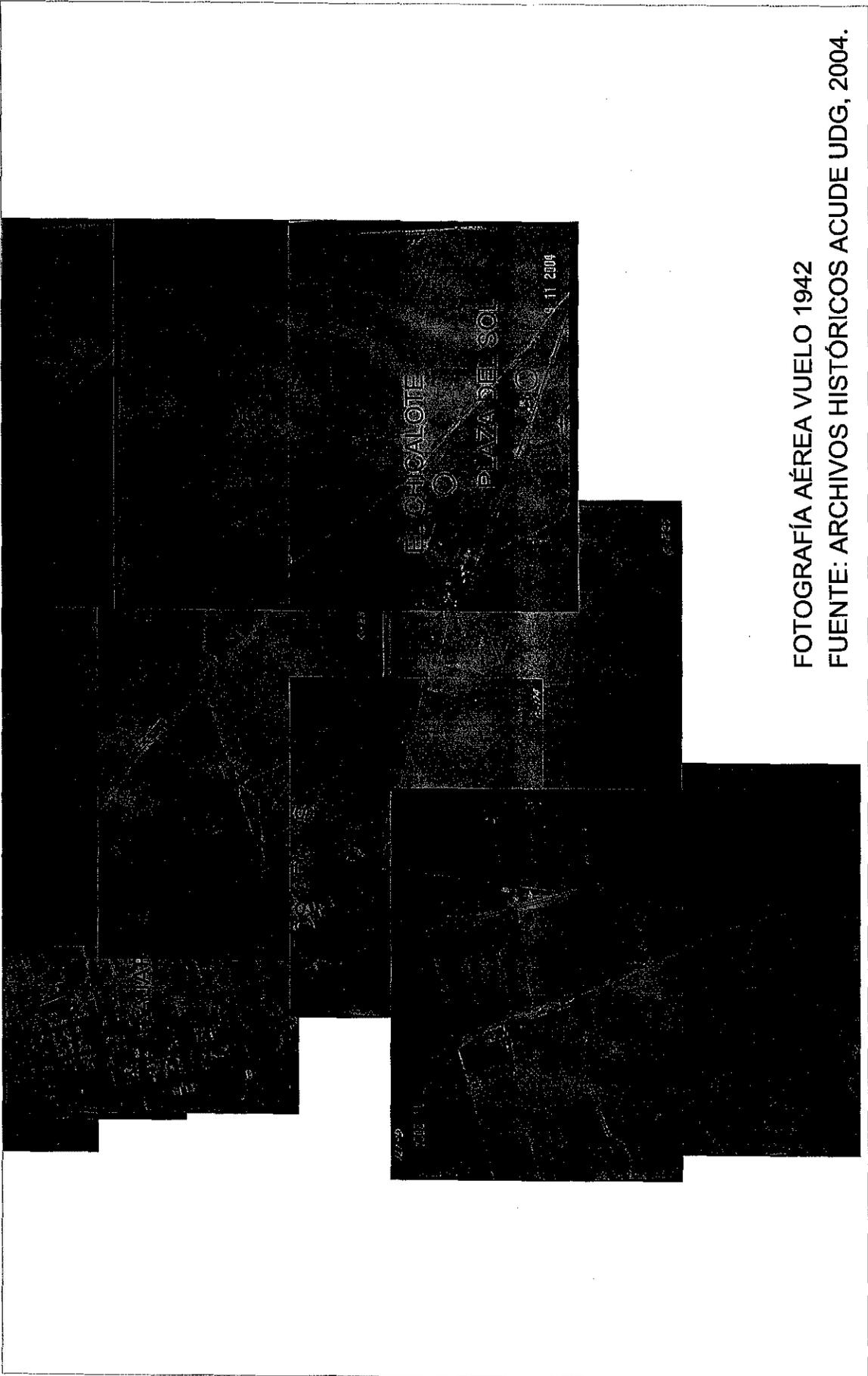
Foto 68. Afectación a vehículos particulares. Fuente: periódico Mural, 2003.



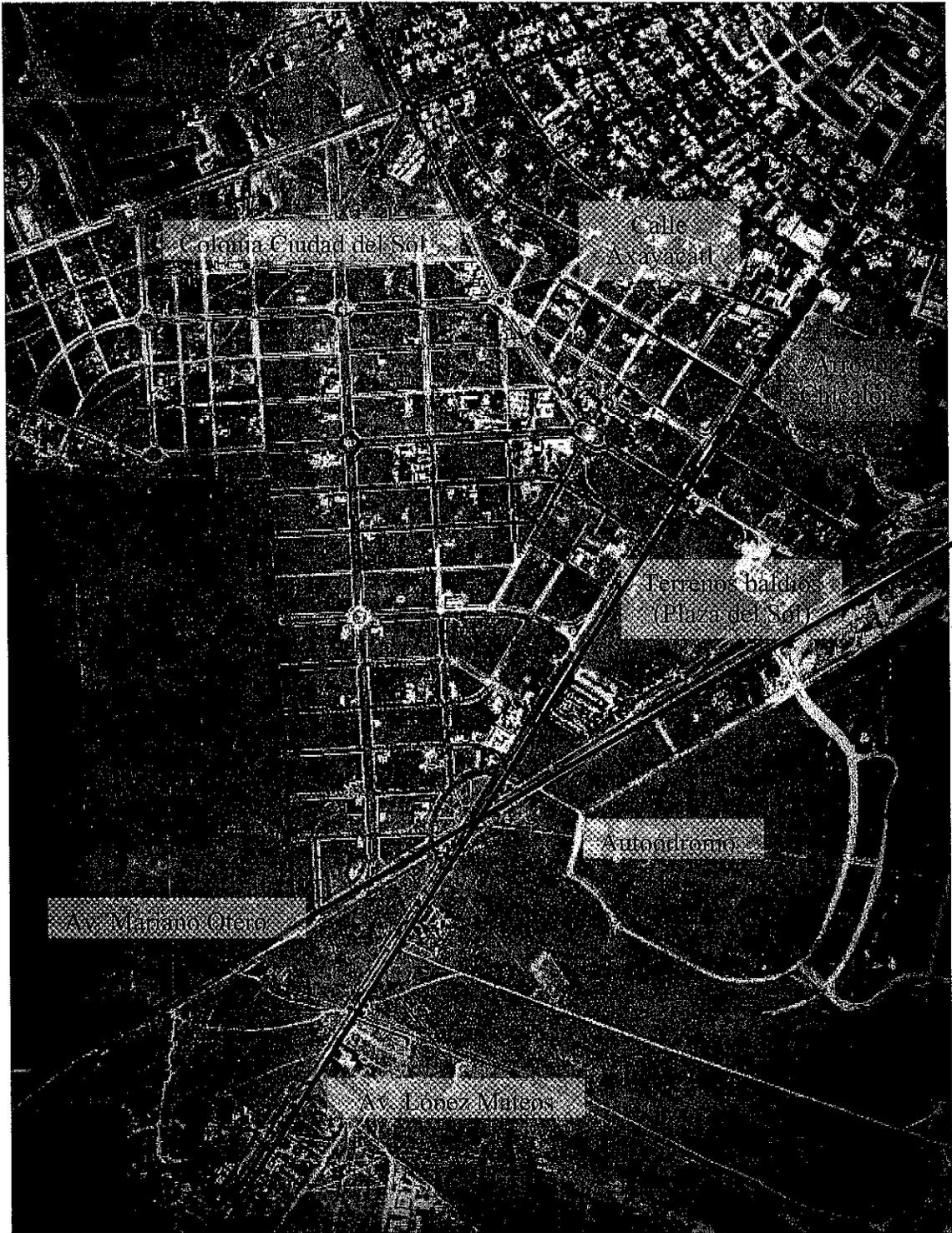
Foto 69. Afectación a vehículos particulares. Fuente: periódico Mural, 2003

Anexo C

Fotografías Aéreas



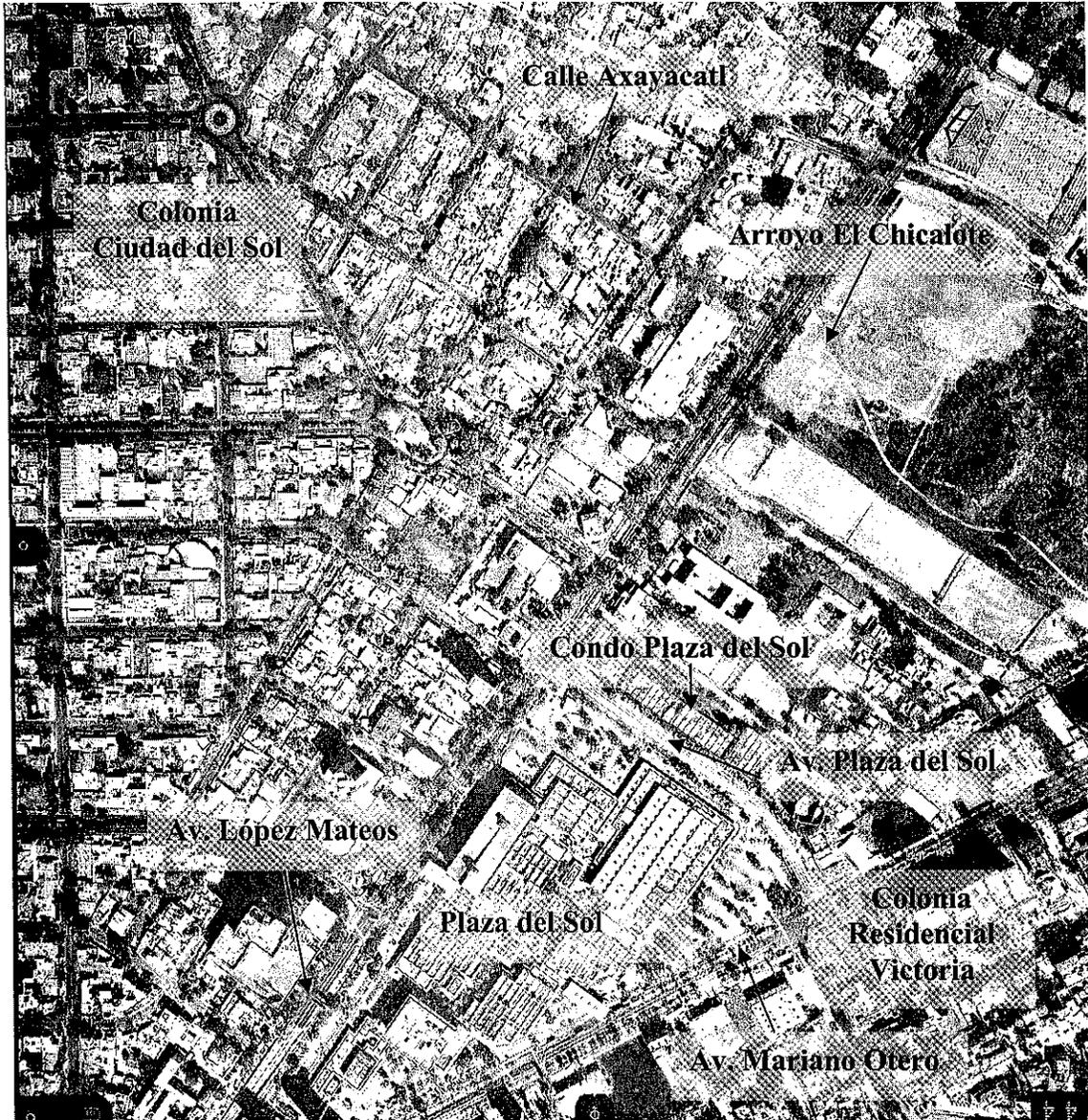
FOTOGRAFÍA AÉREA VUELO 1942
FUENTE: ARCHIVOS HISTÓRICOS ACUDE UDG, 2004.



Fotografía aérea Zona Plaza del Sol. Vuelo 1962



Fotografía Aérea. Zona Plaza del Sol. Vuelo correspondiente a 1998



Fotografía Aérea. Zona Plaza del Sol. Se puede apreciar la urbanización del área de estudio

Vuelo correspondiente a 1998



Fotografía aérea perteneciente al fraccionamiento Zona Ciudad del Sol, donde en vuelos anteriores se encontraban campos de cultivo y lotes baldíos.

Vuelo correspondiente a 1998