



FACTORES FÍSICOS QUE INFLUYEN EN LA OCURRENCIA DE CRECIDAS EXTREMAS EN EL SECTOR SOCIO VIVIENDA AL NOROESTE DE GUAYAQUIL. CASO DE ESTUDIO

MgS. Henry Manuel Correa Guaicha

Ingeniero Civil y Master en Cambio Climático

Correo electrónico: henry.m.correa@gmail.com

Docente Universidad Técnica de Machala, UTMACH

MsC. Juan Marcos Pupo Francisco

Ingeniero Industrial y Master en Ingeniería Industrial "Mención Producción"

Correo electrónico: jmpupo0709@gmail.com

Docente Universidad Técnica de Machala, UTMACH

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Henry Manuel Correa Guaicha y Juan Marcos Pupo Francisco (2016): "Factores físicos que influyen en la ocurrencia de crecidas extremas en el sector socio vivienda al noroeste de Guayaquil. Caso de estudio", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (agosto 2016). En línea:

<http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/08/socio-vivienda.html>

Resumen

Históricamente en la ciudad de Guayaquil se han producido grandes inundaciones, el sector Nor-Oeste, específicamente el programa habitacional socio vivienda, es considerado como punto de inundación extrema. Motivo por el que se ha tomado en consideración realizar un mapeo de inundaciones respecto a diversos periodos de retorno de lluvias extremas en el mencionado sector.

Para determinar las zonas más propensas a inundaciones se utilizaron herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG), Meteorológicas y Estadísticas, con las cuales se realizó un análisis basado en las curvas I-D-F (Intensidad-Duración-Frecuencia) con el fin de sintetizar los periodos más críticos registrados a lo largo de diversos eventos extremos observados en la estación Hidro-Meteorológica más cercana al sitio.

La principal medida de adaptación es la limpieza de los vertederos naturales previo a cada estación invernal, desde la parte alta hasta la parte baja de la cuenca, para así evitar el taponamiento de los mismos y contribuir al normal flujo de desagüe de aguas lluvias, el mantenimiento periódico de los desarenadores existentes en el lugar.

En el caso de estudio se destaca la importancia los drenajes de la parte alta de la cuenca con revestimiento de hormigón en aras de evitar el traslado de materiales erosionables hacia la cuenca baja, todo esto contribuirá en la mitigación de los causales mencionados.

Abstract

Historically, massive floods had taken place at the northeast area of the city of Guayaquil, specifically at the location of the social housing program implemented by the city council called "socio vivienda". This popular program is placed at the, so considered, worst location when the city experiences these floods. Reason why it has taken into consideration to make a flood map, regarding the several periods of extreme rain at the city of Guayaquil.

To determine the most flood-prone areas, it was used tools from the Geographic Information System (GIS); meteorological and statistics, with which an analysis was made based on I-D-F curves, in order to synthesize the most critical periods recorded over various extreme events observed at the station closest to the Hydro-Meteorological Station.

The main measurement of adaptation is cleaning prior natural landfills each winter season, from the top to the bottom of the watershed, to avoid plugging them and contribute to the normal flow of drainage of rainwaters. Periodic maintenance of sand removal equipment takes place at the location.

The case study stands out the importance of drains from the top of the watershed with concrete lining, in order to avoid transferring erodible materials to the lower watershed, all this will contribute to the mitigation of the complications previously stated.

Palabras Clave - Key Words:

Inundaciones extremas - extreme floods

Mapa de inundaciones - Floyd map

Cuenca de aportación - Catchment basin

Cambio climático - Climate change

Procesos físicos - Physical processes

INTRODUCCIÓN

Los efectos del Cambio climático tales como: inundaciones, sequía, proliferación de enfermedades, desaparición de la capa de ozono, pérdida de biodiversidad, derretimiento glacial, etc., a causa de los procesos naturales, sumado a la contaminación por actividades antropogénicas y el efecto invernadero, nos inducen a buscar alternativas de supervivencia y desarrollo.

En tal razón, el efecto objetivo de nuestro análisis, son las inundaciones producidas por las precipitaciones extremas, que en la República del Ecuador son generadas en cada estación húmeda, así como también por la presencia del Fenómeno Océano Atmosférico conocido como El Niño (EN) en las costas del mismo, ya que en los años 1982-1983 y luego en los años 1997-1998 produjo innumerables pérdidas tanto materiales como humanas debido a la devastación causada por su magnitud. De ahí la importancia de la realización del caso de estudio para sustentarse como una guía metodológica a tener en cuenta para un mejoramiento de la planificación urbana, regular la creación de zonas habitables y la instauración de un sistema que prevenga la ocurrencia de eventos extremos de las áreas potencialmente inundables.

La ciudad Santiago de Guayaquil posee el principal puerto marítimo que tiene el Ecuador, el promedio de lluvias anuales es de 791mm., según (Clima: Guayaquil), los meses más lluviosos están entre Diciembre y Mayo, que corresponde a la época invernal propiamente dicha, lo cual en presencia de El Niño aumenta en magnitudes difíciles de sobrellevar.

Los procesos físicos que dan forma a una crecida no son fáciles de representar matemáticamente debido a que debemos caracterizar variables como: las velocidades alcanzadas, los volúmenes de agua que escurren superficialmente, la duración de los eventos de lluvia que le dieron origen, los arrastres y depósitos de sedimentos, la distribución espacial y temporal de las tormentas, las alturas de agua alcanzadas en las distintas secciones, la humedad antecedente en las cuencas, la infiltración, etc.

Entender el riesgo ocasionado por las grandes inundaciones es cada vez más importante y constituye en una pieza clave para la gestión de la adaptación al clima en cualquier sitio o región, las incidencias más comunes son los cambios en los patrones de la precipitación, la ocupación de zonas inundables por diversos aspectos entre ellos el socioeconómico, la migración rural y la sobrepoblación.

Desde mediados del siglo XX la ciudad presenta un fuerte crecimiento expansivo hacia su periferia, primero hacia el sur y luego hacia el noroeste.

La conformación y consolidación de asentamientos ilegales no planificados son consecuencias de múltiples factores que responden a las desigualdades sociales existentes, es necesario aclarar que al no haber realizado los estudios técnicos correspondientes estos sectores son los más proclives a las inundaciones.

La urbanización Socio Vivienda fue creada como parte de la Fase 1 del programa nacional de desarrollo urbano como "Componente de intervención urbana integral en la zona de expansión del noroeste de la ciudad de Guayaquil, Ecuador" por la Subsecretaría de Hábitat y

asentamientos Urbanos (SHAH-MIDUVI), con el fin de atender los requerimientos de vivienda y disminuir los asentamientos informales que existen en el Noroeste de Guayaquil.

El sitio se inunda cada año en la estación lluviosa, dependiendo de la intensidad de la presencia de la mencionada estación aparecen los problemas de los habitantes del lugar, esto se debe a que Socio Vivienda se encuentra en la parte baja del cerro denominado como Colinas de la Florida 2.

En la llanura del mencionado cerro y hacia el oeste solo hay un estero denominado Balsamito, el mismo se forma con la estación lluviosa debido a que es intermitente. En la estación húmeda este estero sirve de descarga de los caudales escurridos desde las elevaciones aledañas pertenecientes a la cooperativa Colinas de la Florida 2 y a la cooperativa El Mirador.

Cabe mencionar que en el lugar se generan flujos de lodo, aguas servidas y desperdicios que taponan la salida normal del agua; inundando las áreas ocupadas por los habitantes del sector.

Además para la población que habita en el lugar las inundaciones no son la única consecuencia amenazante del cambio climático, existen otros riesgos asociados a las mismas que se pueden dividir en peligros principalmente por el contacto con el agua, los efectos secundarios como la interrupción de los servicios básicos, los impactos de salud como hambre y enfermedades, además de efectos terciarios como son los cambios físicos del terreno o las nuevas derivaciones de canales y ríos que causan pérdidas humanas y materiales.

DESARROLLO

1. Objetivo general

El objetivo general del presente artículo consiste en la realización de un análisis de los factores físicos que influyen en la ocurrencia de inundaciones en el sector Socio Vivienda al Noroeste de Guayaquil.

2. Objetivos específicos

- Determinar la frecuencia de las inundaciones, a partir de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia).
- Establecer zonas de riesgo a inundaciones en el sector Socio Vivienda.
- Proponer medidas de adaptación con el fin de reducir la vulnerabilidad a inundaciones en el lugar.

3. Marco Teórico

El plan habitacional Socio Vivienda se ubica en el noroeste de Guayaquil en las coordenadas 615259m E y 9764002 m S.

Para determinar la cota de inundación se disponen de los datos de lluvias máximas en 24 horas de los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), y de registros pluviográficos, las inundaciones en nuestro caso son modeladas mediante el software de tratamiento de información geográfica ArcGIS, luego se realizan varios mapas para determinar la extensión de posibles inundaciones.

Dado que las principales causas de las inundaciones son cantidades anormales de lluvia, se procede a realizar un estudio estadístico con el fin de determinar la probabilidad y frecuencia de altas descargas de flujo que causan las inundaciones en este populoso sector.

El área actualmente ocupada por la urbanización está formada por una cuenca que tiene alrededor de 1,96 km², la misma que fue determinada mediante el ArcGIS a través de un modelo digital de elevación, como se muestra en la Figura 1:

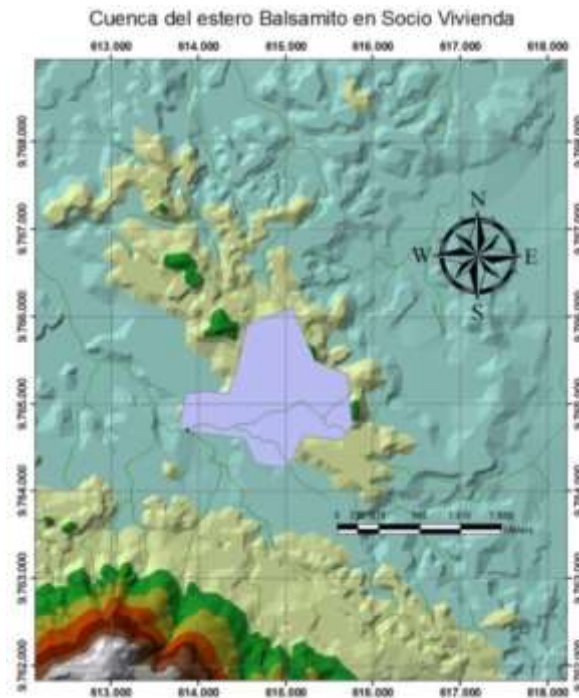


Figura 1.- Ubicación geográfica de la Cuenca de estudio.

Para el análisis hidrológico, como en muchas situaciones prácticas, no se dispone de registros de caudales extremos, o éstos no tienen la suficiente duración para hacer los análisis estadísticos requeridos. En estos casos, se acude a la información pluviométrica para estimar las crecidas asociadas a una cierta frecuencia de ocurrencia. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y la frecuencia o período de retorno. Esta relación múltiple nos conduce a las llamadas curvas intensidad-duración-frecuencia (curvas IDF).

3.1 Algunas definiciones de curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia):

- 1) Son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978).
- 2) Son la representación gráfica de la relación existente entre la intensidad, la duración y la frecuencia o período de retorno de la precipitación (Benítez, 2002)

3.2 Propuesta para obtener los parámetros de diseño.

Para obtener los parámetros de diseño de alguna obra de mitigación es necesario analizar estadísticamente los datos recabados en la zona de estudio (Aparicio, 1992).

La determinación de las curvas IDF se enmarca en alguno de los siguientes escenarios:

- a) Contar con información pluviográfica que describa con precisión la distribución temporal de la precipitación en la zona en estudio.
- b) Contar con datos de precipitaciones diarias totales.
- c) En caso de que no existir los datos necesarios en El Ecuador, estos pueden ser tomados de organismos internacionales como la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

3.3 Métodos para la obtención de curvas IDF. (Aparicio, 1992).

Existen básicamente 2 métodos que pueden ser utilizados para determinar la relación entre las variables I, D y F para un sitio dado.

El primero llamado de intensidad-periodo de retorno, relaciona estas dos variables para cada duración por separado mediante algunas de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología, el segundo método relaciona simultáneamente las tres variables y se explica de la siguiente manera:

3.4 Cálculo de curvas de Intensidad-Frecuencia-Duración. (Aparicio, 1992).

El método utilizado relaciona simultáneamente las tres variables Intensidad-frecuencia-duración, en una familia de curvas, la ecuación utilizada es:

$$i = \frac{kT^m}{(d + c)^n}$$

Donde k, m, n y c son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple;

T: Período de retorno en años,

d: Duración en minutos,

i: Intensidad en mm/h.

3.5 Determinación de la Tormenta de Diseño. (Ministerio de transporte y comunicaciones)

Uno de los primeros pasos en muchos proyectos de diseño es la determinación del evento de lluvia a utilizar.

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales.

Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta.

Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación de una zona o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes.

Su aplicación va desde la utilización de valores puntuales de precipitación en el método racional para determinar los caudales picos en alcantarillados de aguas lluvias y alcantarillas de carreteras, hasta el uso de hietogramas de tormenta como las entradas para el análisis de lluvia-escorrentía en embalses de detención de aguas urbanas.

Para determinación de la tormenta de diseño sería recomendable contar con información obtenida a través de un pluviógrafo, ya que este equipo provee información instantánea, sin embargo, la mayoría de estaciones de medición de precipitaciones solo cuentan con pluviómetros que solo proveen de valores totales.

3.6 Determinación de Tiempos de Concentración (tc).

El tiempo de concentración es, el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la longitud desde el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: las pendientes, longitudes, elevaciones medias y el área de la cuenca. Es necesario destacar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca. (Monsalve, 1999)

3.6.1 Tiempo de concentración a partir de la fórmula empírica del U.S. Bureau of Reclamation of California.

Conocida también como la fórmula de California Culverts Practice. Esencialmente es la ecuación de Kirpich, desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California. (Chow, 1994)

$$Tc = 0.94788 \left(L^3 / H \right)^{0.385} \text{ (En horas)}$$

L: Longitud de flujo superficial (en kilómetros).

H: Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (en metros).

3.7 Métodos para el cálculo de caudales máximos.

Las teorías hidrometeorológicas para el cálculo de caudales máximos son las siguientes:

- 1.- Método Racional, el cual comprende determinación de coeficiente de escurrimiento C,
- 2.- Curvas de Intensidad-Frecuencia-Duración y cálculos de tiempos de concentración;
- 3.- Hidrogramas Unitarios, los cuales se dividen en Sintéticos (Snyder, Triangular y SCS) y Complejos.

4 Metodología

Esquemáticamente para determinar el Área de inundación y posterior elaboración de mapas de inundación para diferentes periodos de retorno, se procederá según la figura 2.



Figura 2. Método seguido para el cálculo del Área inundada.

Primero se delimita la cuenca de estudio, para ello se utiliza el sistema de información geográfica (SIG), se calculan los datos morfométricos de la cuenca en mención, luego mediante la fórmula de California se obtendrá el tiempo de concentración, seguidamente se calcula la intensidad de lluvia para misma cuenca haciendo una transposición de los datos de la estación en la Dirección de Aviación Civil ubicada en el Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo, después se determinan los caudales de desagüe utilizando el método racional y finalmente se obtienen las áreas inundables por causa de la insuficiencia hidráulica del lugar.

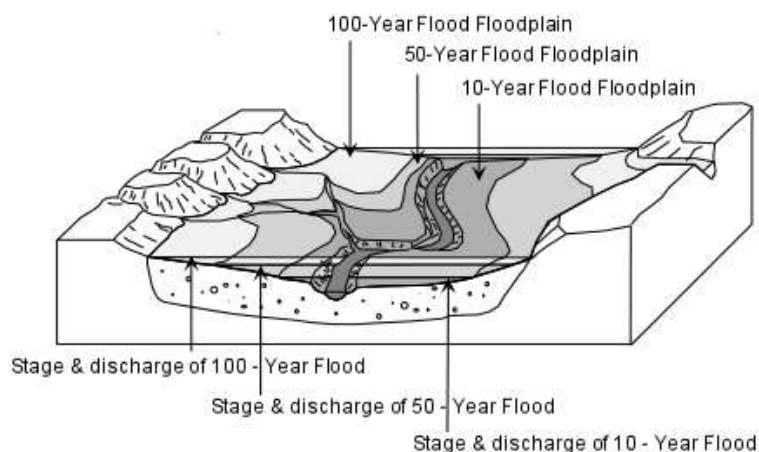


Figura 3.-Mapa de inundación. Fuente: Programa COMET. <https://meted.ucar.edu>

En la construcción de estos mapas, se utilizan fotografías aéreas e imágenes satelitales de inundaciones anteriores. Las mismas son estudiadas para ayudar a determinar las áreas que estarían cubiertas. La ilustración muestra un posible mapa de riesgo basado en las descargas estimadas o etapas fluviales para una inundación hipotética de 10 años, de 50 años de

inundaciones, y 100 años de inundaciones, tal y como se muestra en la Figura 3. Estos mapas se construyen a menudo en las zonas propensas a las inundaciones.

4.1 Características morfométricas de la cuenca de estudio

Para la definición de las diferentes variables se tienen en cuenta los principales elementos que determinan las características morfométricas de la cuenca mencionada. Se dispone de información cartográfica a escala 1:50000 editada por el Instituto Geográfico Militar (IGM), se puede obtener del geoportaligm, la cartografía utilizada es la denominada como Pascuales y es la que contiene a nuestra cuenca tal como se muestra en la figura 3 y de la cual se extrae solo el área siguiente (ver Figura 4):

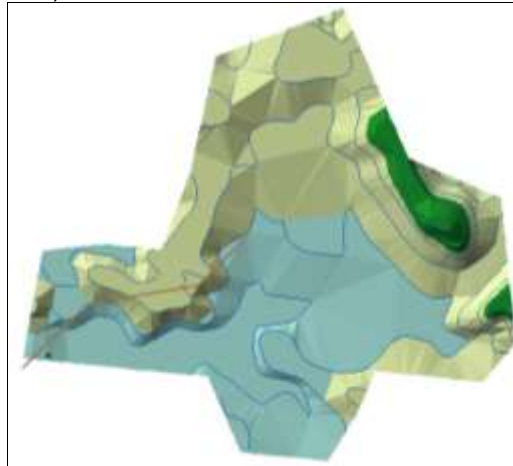


Figura 4.- Cuenca de estudio en modelo digital de elevación.

Luego del análisis con la herramienta Hydrology del ArcGis (Villata) para obtener la dirección y acumulación del flujo obtenemos los valores de Área, Perímetro, Cotas mínima y máxima, etc. Los parámetros morfométricos obtenidos son los siguientes (ver tabla 1), el cálculo del tiempo de concentración se incluye en el cuadro, su elaboración se realizó con la fórmula de la sección 4.6.1:

Tabla 1.- Parámetros morfométricos de la cuenca de estudio.

Descripción	Unidad	Valor
Área	Km2	1.96
Perímetro	Km	6.45
Cota máxima	msnm	120
Cota mínima	msnm	50
Centroide (WGS 1984 UTM zona 17S)		
X	m	614823,04
Y	m	9765141,51
Z	msnm	79,36
Altitud media	msnm	79,36
Altitud más frecuente	msnm	140
Pendiente promedio de la cuenca	%	19,94
Longitud del río principal	Km	2,273
Orden de la red hídrica	u	1

Longitud de la red hídrica	Km	1,09
Pendiente promedio de la red hídrica	%	1,06
Parámetros generados		
Tiempo de concentración	horas	0,48
Pendiente del cauce principal	m/km	1,7598

4.2 Determinación de la precipitación mediante datos pluviométricos.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, en otro escenario para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos hietogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente. Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas. Estas series anuales están formadas eligiendo, en cada año del registro, el mayor valor observado correspondiente a cada duración, obteniéndose un valor para cada año y cada duración.

Cada serie se somete a un análisis de frecuencia, asociando modelos probabilísticos según lo descrito en la distribución Gumbel. Así se consigue una asignación de probabilidad para la intensidad de lluvia correspondiente a cada duración, la cual se representa en un gráfico único de intensidad vs duración, teniendo como parámetro el período de retorno (Sarabia, 2007)

Es necesario indicar que formar las series anuales es un proceso largo y laborioso, que involucra el examen cuidadoso de los rollos pluviográficos, la lectura de los valores, la digitación de la información, la contrastación y verificación de los valores leídos con los registros pluviométricos cercanos y el análisis de las tormentas registradas para encontrar los máximos valores registrados para cada una de las duraciones seleccionadas.

En el año de 1999 el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) publicó el Estudio de Lluvias Intensas, el cual contiene las curvas I.D.F. (Intensidad – Duración – Frecuencia) para las diversas estaciones pluviográficas y pluviométricas del país, las mismas que están elaboradas con registros tomados hasta el año 1997. Para Guayaquil, es la que se muestra en la siguiente figura (ver Figura 5):

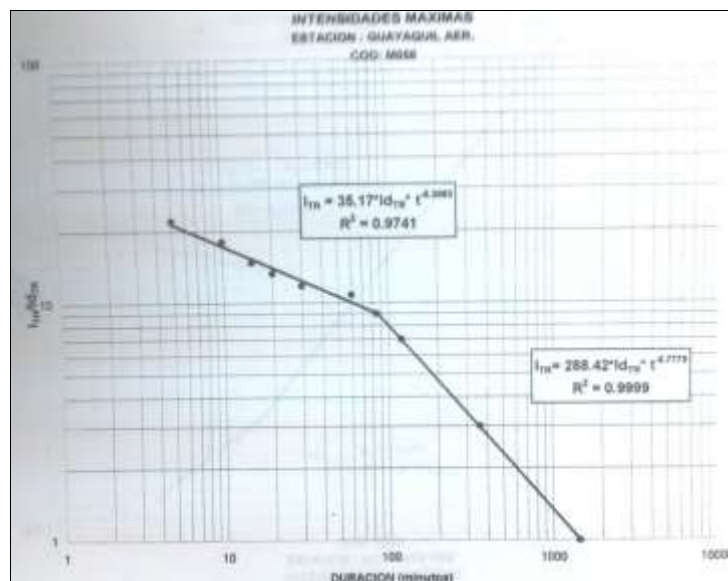


Figura 5.- Ecuaciones de Intensidades Máximas. Fuente INAMHI

La ecuación pluviográfica se define de la siguiente manera:
ECUACIÓN INAMHI - ESTUDIO DE LLUVIAS INTENSAS

ESTACIÓN M056 GUAYAQUIL

T	IDTR
100	10,20
50	9,10
10	6,50
5	5,30

Dónde:

ITR= Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h

IDTR= Intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h

t = Tiempo de duración de la lluvia en minutos

De la Figura 5 se deducen dos tipos de modelos, la primera tiene una duración entre 5 min y 85 min, y la segunda entre 85 min y 1440 min, como se resume en la siguiente figura.

CÓDIGO	ESTACIÓN	DURACIÓN	ECUACIÓN
M056	GUAYAQUIL	5 min < 85 min	$I_{TR} = 35.17 t^{-0.3063} Id_{TR}$
M056	GUAYAQUIL	85 min < 1440 min	$I_{TR} = 288.42 t^{-0.7778} Id_{TR}$

Figura 6.- Ecuaciones del INAMHI (1999). Fuente INAMHI

Según el estudio comparativo realizado en la UCSG en el año 2013, Siguiendo con la metodología descrita se procede a levantar los datos de altura de precipitación en milímetros cada 10 min, por lapsos de 6 horas de las lluvias más representativas de cada año, de los que hubiese registro, directamente de las faja pluviométrica, según se muestra en la Figura 7.

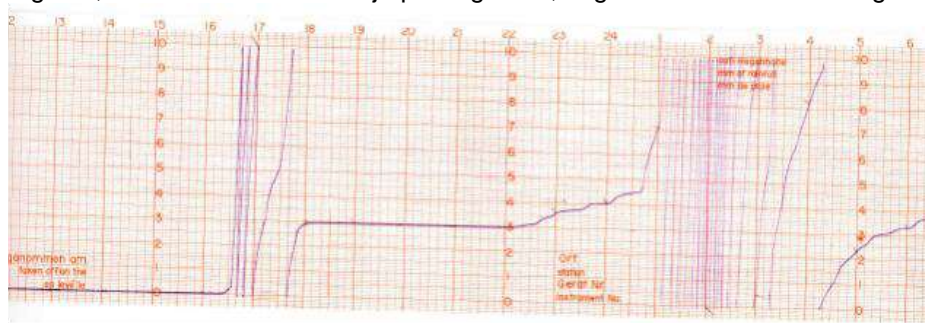


Figura 7.- Faja pluviométrica. Fuente INAMHI

Aplicando el método propuesto, que consiste en analizar estos datos en el programa Ax, el cual es un programa de ajuste probabilístico creado por el departamento de ingeniería de la UNAM de México, y aplicándolo para duraciones de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120 y 360 minutos, se obtiene las precipitaciones máximas estimadas, cabe indicar que también se puede realizar con cualquier programa de análisis estadístico similar. (ver Figura 8),

Tabla de Intensidades - Tiempo de Duración								
Tiempo de retorno	Duración en minutos							
	10	20	30	40	50	60	120	360
2	64,88	57,33	51,29	47,04	43,07	39,93	25,67	9,96
5	86,86	74,85	69,03	62,05	57,21	54,09	38,06	16,65
10	100,06	85,26	80,77	71,99	66,57	63,31	46,38	19,82
20	111,89	94,54	92,04	81,53	75,55	72,06	54,24	24,09
50	126,22	105,7	106,62	93,87	87,17	83,34	64,1	30
100	136,39	113,6	117,54	103,11	95,88	91,79	71,16	34,73

Figura 8.- Intensidades Máximas estimadas para diversos Periodos de retorno.

El grafico de las curvas IDF producto de estos datos se observa en la figura 9.

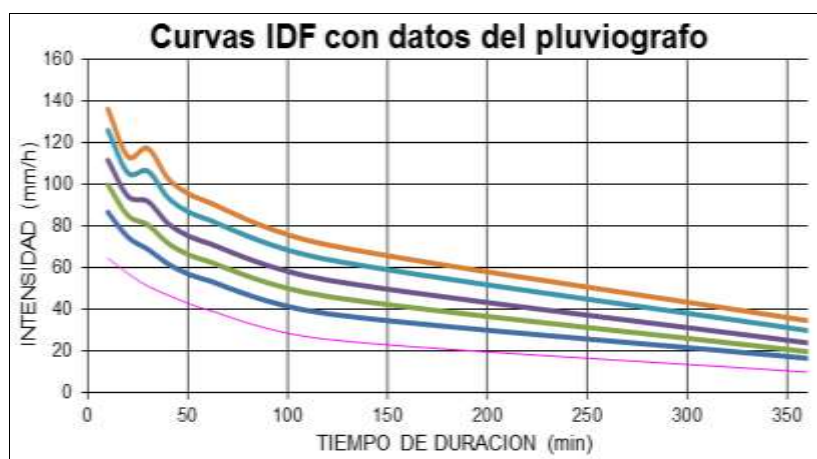


Figura 9.- Curvas IDF

5 Resultados

Del análisis hidrológico se obtiene que los resultados del INAMHI con respecto a la intensidad son adecuados, los resúmenes se muestran en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2.- Intensidades para diversos periodos de retorno.

Tiempo de retorno	Precipitación 24h (mm)	Intensidad (mm/h)
2	444,68	9,96
5	541,33	16,65
10	628,17	19,82
25	764,70	25,08
50	887,37	30,00
100	1029,72	34,73
500	1454,63	40,00

Tabla 3.- Caudales máximos para diversos periodos de retorno.

Tiempo de retorno	Intensidad (mm/h)	Coeficiente C	Caudal (m ³ /s)
2	9.96	0.75	4,06
5	16.65	0.80	7,25
10	19.82	0.83	8,63
25	25.08	0.88	12,01
50	30.00	0.92	15,02
100	34.73	0.97	18,33
500	40.00	1.00	21,76

5.1 Establecimiento de zonas de riesgo a inundaciones en el sector Socio Vivienda.

El lugar objeto de este estudio se encuentra en las coordenadas 615259m E y 9764002 m S, (ver Figura 10), el mismo está entre las cotas 34 y 43.

Como se puede observar, la causa de las inundaciones en el sector Socio Vivienda, se debe a la ocupación por la urbanización de la parte baja de las elevaciones aledañas, en el sector se forma una pequeña cuenca que tiene 300.000 m² aproximadamente, esto influye en el recorrido del drenaje natural, atenuando a esto la acumulación de lodos, basura y otros materiales que obstruyen el sistema construido en la ciudadela el cual pierde su funcionalidad estructural en el momento de la precipitación máxima.



Figura 10. Ubicación del lugar de estudio.

Determinar las cotas de inundación exactas para cada caso se hace subjetivo debido a este agravante, por lo que solo se puede estimar las mencionadas cotas contando la medida de precipitación esperada y el escurrimiento natural en el sitio con las condiciones actuales de urbanización, tal y como se muestran en la Tabla 4. Además se debe realizar un estudio minucioso de hidráulica de canales para el estero balsamito, lo cual queda como recomendación para futuras investigaciones.

Tabla 4.- Áreas de inundación de Socio
Vivienda

Curva No.	Area (m2)	Volumen entre curvas (m3)	Tiempo en horas para determinado Abastecimiento						
			4,06	7,25	8,63	12,01	15,02	18,33	21,76
43	316897								
		294204	20,13	11,27	9,47	6,80	5,44	4,46	3,76
42	271511								
		253430	17,34	9,71	8,16	5,86	4,69	3,84	3,24
41	235349								
		198276	13,57	7,60	6,38	4,59	3,67	3,00	2,53
40	161203								
		148115	10,13	5,67	4,77	3,43	2,74	2,24	1,89
39	135027								
		121675	8,32	4,66	3,92	2,81	2,25	1,84	1,55
38	108322								
		95620	6,54	3,66	3,08	2,21	1,77	1,45	1,22
37	82918								
		71123	4,87	2,73	2,29	1,64	1,32	1,08	0,91
36	59328								
		39177	2,68	1,50	1,26	0,91	0,72	0,59	0,50
35	19025								
		11521	0,79	0,44	0,37	0,27	0,21	0,17	0,15
34	4017								
Capacidad Total (m3)			1233141	84,37	47,25	39,69	28,52	22,81	18,69
Duración en días de llenado total			3,52	1,97	1,65	1,19	0,95	0,78	0,66

5.2 Medidas de adaptación con el fin de reducir la vulnerabilidad a inundaciones.

La principal medida de adaptación es la limpieza de los vertederos naturales previo a cada estación invernal, desde la parte alta hasta la parte baja de la cuenca, limpieza de los drenajes construidos en la ciudadela en la parte baja de la cuenca, para así evitar la obstrucción de los mismos y contribuir al normal flujo de desagüe de aguas lluvias.

Otra de las soluciones posibles es construir los desagües de la parte baja con pendientes más fuertes con el fin de evitar la acumulación de flujo en la cuenca baja.

En el lugar se encuentran construidos unos desarenadores, esta iniciativa es buena pero deben incrementar su número y realizar el mantenimiento periódico. Por otro lado es necesario construir los drenajes de la parte alta de la cuenca revestidos de hormigón con el fin de evitar el traslado de materiales erosionables hacia el área afectada.

CONCLUSIONES

- El calentamiento global tiene una atribución humana que, por más ligera que sea, termina comprometiendo al hombre ética y moralmente.
- Este compromiso moral lo obliga a radicar acciones para hacer más eficiente su accionar en la tierra con la finalidad de garantizar a aquellas generaciones humanas de los próximos siglos un equilibrio climático lo suficientemente sostenible para su bienestar.
- Un mejoramiento de la planificación urbana, regular la creación de zonas habitables y crear un sistema que prevenga la ocurrencia de eventos extremos de las áreas potencialmente inundables como la de socio vivienda, y, erosionables como los sectores aledaños, además de la corrección del agravante de que aún no cuentan con los respectivos servicios básicos y de drenaje adecuados, todo esto con el fin de evitar las consecuentes pérdidas tanto humanas; como materiales.
- El uso del análisis hidrológico basado en datos del pluviógrafo proporciona un acercamiento significativo a la realidad, las soluciones probables se centran más en cuestiones de desarrollo de la población, y de su capacidad de percibir el riesgo.
- En lo que respecta al desarrollo de la ciudad en su parte urbanística es lento, debido tanto a los procesos de contratación como al estatus económico para el desarrollo de las obras, pero depende también de la priorización de las mismas por parte de la administración

principal, pero todo depende de la correcta gestión que realice la población que habita en Socio Vivienda para solicitar las mencionadas obras.

Bibliografía

- Aparicio, M. (1992). *Francisco J. Aparicio Mijares, Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Uruguay.
- Benítez, A. (2002). *Curvas de intensidad frecuencia y duración*. Chile.
- Bustos, F. (2013). *Manual de Gestión y Control Ambiental* (4ta edición ed.).
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología aplicada* (No. 551.48 C4H5).
- Clima: Guayaquil. (s.f.). *Climate-data.org*. Recuperado el 1 de Junio de 2016, de <http://es.climate-data.org/location/2962/> Consultado en 25/05/2016 a las 10:00
- Crespo, M. (2010). *Guía de diseño de proyectos sociales comunitarios bajo el enfoque del marco lógico*. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009c/575/supuestos%20y%20logica%20de%20un%20proyecto.htm> Consultado en 25/05/2016 a las 11:15
- Espíritu, G. (2013). Criterios geológico-hidrológicos para recomendaciones del uso de suelo en zonas conurbadas sujetas a afectaciones por lluvias intensas. Caso de estudio: sur de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. *Redalyc*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56926151004> Consultado en 26/05/2016 a las 15:00
- Ministerio de transporte y comunicaciones. (s.f.). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Perú. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/970.pdf Consultado en 26/05/2016 a las 17:25
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería* (Segunda ed.).
- Montes de Oca, A. (2012). Estudio del impacto ambiental y medidas de rehabilitación en la cantera "Los Guaos". *DELOS. Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.eumed.net/rev/delos/13/amor.html> Consultado en 26/05/2016 a las 18:15
- Sarabia, J. M. (2007). *Estadística actuarial: teoría y aplicaciones*. Pearson Prentice Hall.
- Témez, J. (1978). *Cálculo Hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*.
- Vargas, G. (2001). Las lluvias en América Central: Una climatología geográfica. *Redalyc*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/152/15227201.pdf> Consultado en 06/07/2016
- Villata, V. (s.f.). *Manual para la delimitación de cuencas hidrográficas*.