

Artículo original. Enero 2022, Vol. 12, No. 1, ISSN 2223-8409, pp. 45-52.

Solución al sistema de drenaje en la cuenca baja del “Club 500”, La Habana

Adrián Ledesma Díaz¹ y Teresita de Jesús Romero López²

1.- Aguas de la Habana, Calle Fomentos e/ calle Chaple y calle Recreo. Rpto. Palatino, Cerro. La Habana, Cuba.

ledesmadiaz95@gmail.com

2.- CIH, Universidad Tecnológica de la Habana, José Antonio Echeverría (Cujae). Calle 114 No. 11901 e / Ciclovía y Rotonda, municipio Marianao, C.P. 19390. La Habana, Cuba.

teresitaromerolopez@gmail.com

Resumen: El presente trabajo indaga sobre el proceso de construcción de drenaje urbano en La Habana, exactamente en el tramo II del malecón habanero, así especificado en relación con las circunstancias geográficas, físicas y batimétricas de la zona en 1993. En esta dirección, la obra en cuestión, establece soluciones ingenieriles viables y económicas, capaces de dar respuesta a los problemas de inundación en la zona aledaña al “Club 500”.

Palabras clave: Club 500, drenaje urbano, Malecón habanero.

Solution to the drainage system in the lower basin of “Club 500”, La Habana

Abstract: This paper investigates the urban drainage construction process in Havana, exactly in section II of malecón habanero, specifically in relation to the geographical, physical and bathymetric circumstances of the area in 1993. In this direction, the work in question, establishes viable and economical engineering solutions, capable of responding for flood problems in the area surrounding the “Club 500”.

Keywords: Club 500, urban drainage, Malecón habanero.

Introducción

Los sistemas de drenaje en la mayor parte de las ciudades tratan de gestionar la totalidad del agua de lluvia, conduciéndolas hasta los puntos bajos de las cuencas; sin embargo, en época de lluvias intensas, la red de sumideros no es capaz de captar todo el volumen de aguas de escorrentía superficial contaminada, la cual acaba afectando a zonas naturales con vertidos difusos de hidrocarburos, metales pesados y otros contaminantes peligrosos (González y col., 2018).

El exceso de lluvia en las ciudades se recoge usualmente en las cunetas de las calles, y es conducida a

través de los tragantes o sumideros, hasta los conductos soterrados, los que a su vez conducirán esas aguas hasta los puntos de vertimiento final. El recurso producto de las lluvias, es vertida en los ríos, lagos, mares y en ocasiones se riega sólo en el terreno (Pérez, 2008).

Los desagües varían en diseño, desde pequeños pozos secos residenciales a grandes sistemas municipales. Ellos son alimentados por las cunetas que hay en la mayoría de las autopistas, carreteras y otros caminos muy transitados, como así también en poblaciones de áreas que experimentan lluvias fuertes, inundaciones y poblaciones costeras que experimentan tormentas frecuentes. Muchos sistemas de drenaje para tormentas

están diseñados para drenar el agua de tormenta, sin tratar, hacia ríos o corrientes de agua (Pérez, 2008). Las partes componentes de un sistema de drenaje pluvial urbano son: tragantes o sumideros, registros y red colectora.

Algunas áreas colindantes al malecón habanero fluyen sus aguas libremente hacia la costa, mientras que otras han sido beneficiadas con sistemas que en ocasiones, han hecho que se represen los escurrimientos, provocando inundaciones que llegan a ser severas. Tal es el caso del tramo correspondiente a calle 12 y avenida 5ta, por lo que este trabajo incursiona en una propuesta que conseguirá facilitar el rápido drenaje de las aguas que no logran fluir libremente al paso de un evento meteorológico de gran intensidad, así como imposibilitar la entrada de agua de mar por reboce, escenario que pudiese acontecer en dicho tramo del malecón habanero.

Materiales y Métodos

Para la realización de este trabajo, que persigue facilitar el drenaje de las aguas de calle 12 y 5ta, Miramar, La Habana, se implementaron los siguientes parámetros técnicos:

Programa para revisar la capacidad de evacuación necesaria en el diseño del sistema de drenaje pluvial: Storm Water Management Model (SWMM 5.1v).

Probabilidad de diseño (p %): 20 %. (NC:2018).

Coefficiente de escurrimiento (C): se adopta el coeficiente de escurrimiento teniendo en cuenta la urbanización de la zona de análisis, la impermeabilidad de la misma, así como por las superficies techadas y los tipos de vías existentes en el área.

Pluviómetro: la información que tiene el pluviómetro está dada en un formato de lluvia suministrada por hietograma.

Registros:

Cota del fondo: cota de la solera o fondo de la conexión (m)

Profundidad: Profundidad o nivel máximo en la conexión (medido desde la cota del terreno (m))

Tuberías: formas características geométricas de la

sección transversal de la conducción, donde la longitud está dada por la extensión del conducto (m), la rugosidad, según coeficiente de rugosidad de Manning (el que será idéntico en la totalidad de los conductos por ser de hormigón, para n de 0,013 para los cajones de hormigón y de 0,01 para las tuberías PE corrugadas).

El SWMM emplea la ecuación de Manning para establecer la relación entre el caudal que circula por el conducto (Q), la sección del mismo (A), su radio hidráulico (Rh) y la pendiente (S), tanto para canales abiertos como para conductos cerrados, donde (n) es el coeficiente de rugosidad de Manning. La ecuación se expresa como sigue:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{S}$$

Subcuencas: la división del área de la cuenca en subcuencas se realiza atendiendo a la dinámica natural del fluido dentro de la misma, prestando atención tanto a la forma de la red de drenaje, como a la topografía de la zona, el encauzamiento de la esorrentía en las calles y los aportes de los tejados y patios interiores a estas.

La red de drenaje se simula considerando un comportamiento óptimo. Con esta consideración se puede detectar si las inundaciones son provocadas por déficit de la red de drenaje tanto en capacidad como en cantidad de redes. La simulación inicial en la red consiste en evaluar el comportamiento de esta en los diferentes intervalos de la lluvia. La intensidad máxima ocurre a los 30 minutos y su momento crítico a los 40 minutos de comenzada la precipitación.

Resultados y Discusión

El Círculo Social Obrero (CSO) José Antonio Echeverría fue inaugurado en el año 1902 como club social, para la recreación de la burguesía con el nominativo de “Vedado Tennis Club”, actualmente nombrado como “Club 500”, está ubicado en el municipio Plaza de la Revolución, Consejo Popular Carmelo, La Habana. En la siguiente figura se aprecia la fachada del “Club 500” y la vista en planta.



Figura 1.- Fachada del “Club 500” y vista en planta (satelital).

En este mismo período, se construyó el drenaje de calle 12 y calle 5ta a descargar al mar en diagonal, por lo que hoy es Calle 3ra; en esa época aún no estaba construido el vial del malecón habanero ni los edificios de calle 3ra, por lo que el escurrimiento que no fuera captado por el drenaje, escurría libremente hacia la costa sin ocasionar acumulación en ningún área. Fue cuando se urbanizaron y se construyeron los viales de calle 3ra, con cotas de rasante más altas que las de calle 12 y 5ta, represando el escurrimiento en dicha calle, lo que ha provocado inundaciones, que aún se mantienen hasta la fecha en periodos de lluvias intensas y por penetración de mar.

Hay que destacar que han sido de gran impacto, tanto por su frecuencia como por su intensidad, todos los casos de inundación por penetraciones del mar ocurridos en las costas de Cuba; eventos meteorológicos tales como ciclones tropicales, frentes fríos y “sures”.

Mitrani *et al.*, (2000), determinaron las zonas más sensibles donde predominan las inundaciones por rompiente de oleaje en presencia de frentes fríos y ciclones tropicales, entre ellas se cita el litoral norte de la ciudad de la Habana, que tiene la particularidad de ser una franja acantilada, con brucas pendientes de fondo y estrecha plataforma insular.

También la intervención del hombre en la urbanización ha estropeado la dinámica de las aguas. Además, la orientación de gran parte de la costa hacia el golfo de México, abierta a los intensos vientos del noroeste que acompañan a los frentes fríos, incide en la alta frecuencia de inundaciones por rompiente de oleaje (Mitrani, 2006).

En marzo de 1993 se presentó la conocida Tormenta del Siglo, que barrió en solo horas buena parte de la cosecha tabacalera, las plantaciones de plátano y otros cultivos, causando considerables afectaciones en hogares, instalaciones industriales, agrícolas y sociales.

La insólita tempestad produjo inundaciones costeras fuertes en el Malecón de La Habana (González, 2018), de ahí que se recibieran donaciones provenientes de los gobiernos de Argentina, Belice, Colombia, Chile, España, Japón, México, Perú, Orden de Malta, Venezuela, Reino Unido y UNICEF, la Federación Internacional de la Cruz Roja, la cruz roja china, colombiana, española y eslovaca, las organizaciones no gubernamentales Médicos sin Fronteras y otros, recibiendo también un monto de 1 079 673 USD de un total de 9 932 174 USD prometidos por diferentes gobiernos y organizaciones ONGs (Tiempos de Cuba, 1993).

A partir de la mencionada tormenta, el gobierno de la ciudad de la Habana, la Academia de Ciencias de Cuba y la Defensa Civil crearon un grupo de trabajo multidisciplinario con el objetivo de desarrollar las tareas necesarias para la protección del malecón habanero; en ese marco se consideró nombrar un grupo de expertos para analizar y evaluar los proyectos de ideas y proponer estudios adecuados y convenientes para la protección integral del malecón (Córdova, 2011).

Para este estudio se dividió el malecón en seis tramos (Córdova, 2020), atendiendo a las características fisi-

cas, topográficas y batimétricas de los mismos, siendo el tramo I entre la Puntilla y calle 12 en el Vedado, donde las penetraciones son de gran magnitud. En la siguiente figura se observan los tramos de estudio.

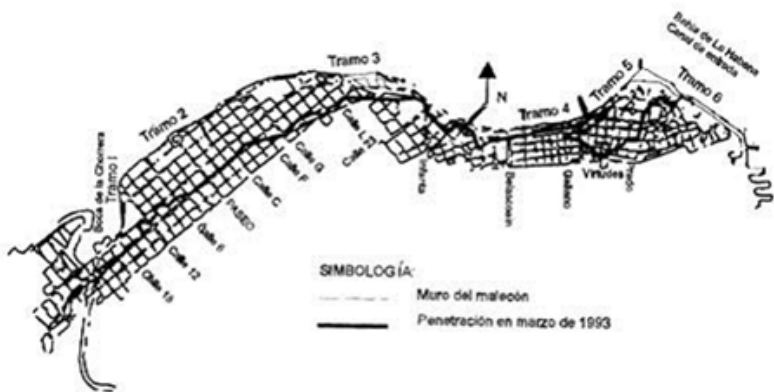


Figura 2.- Tramos de estudio en los que se dividió el Malecón habanero, (Tomado de Córdova, 2020).

Dentro de las propuestas para facilitar el rápido drenaje de las aguas que pudieran entrar por reboce del mar, se presentó la idea conceptual del sistema de drenaje por cajones a cargo del Ingeniero Paul Boch del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), llevada al laboratorio de modelación física para su validación en el Centro de Investigaciones Hidráulicas de la Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (CIH – Cujae), elaborándose el Proyecto Técnico: “Protección Malecón”. El Tramo II se corresponde con la proyección dren complementario por calle 12. Los especialistas de la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de la Habana (EIPHH), en 1996, trazaron un dren complementario por calle 12, pasando bajo áreas de juego del Círculo Social compuesto por tres hileras de cajones 1.0x1.0 m que desagua a la peseta de malecón por avenida 7ma . En la siguiente figura se muestra la cuenca y las subcuencas que tributan a la zona aledaña al “Club 500”.

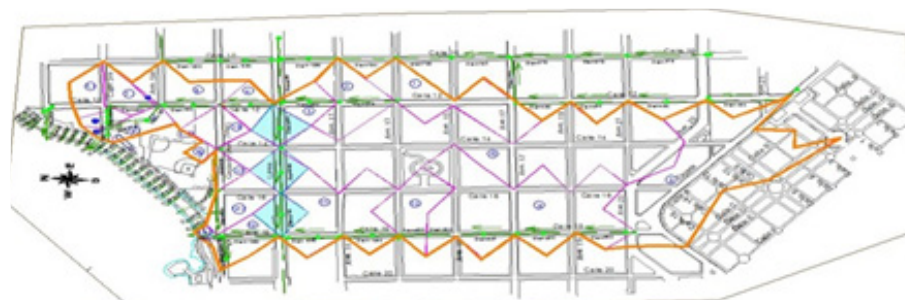


Figura 3.- Cuenca y subcuencas que aportan a la zona aledaña al “Club 500” (Plano tomado del Dpto. Proyecto y Planeamiento AH, 2021).

La Cuenca de estudio tiene un área aproximada de 48.65 ha. Se ha tomado desde Calle 12 hasta Calle 18 para tener en cuenta cualquier afectación al “Club 500” que pudiera producirse por inundaciones, no solo por calle 12 sino además por avenida 7ma. El escurrimiento comienza desde el Cementerio Colón hacia el malecón donde está enclavado el “Club 500”, y a su vez luego que pasa la calle Línea escurre hacia el río Almendares, dividiéndose las corrientes superficiales en dos flujos: hacia el mar y hacia el río.

En la realización de este proyecto, el programa utilizado para revisar la capacidad de evacuación necesaria en el diseño del sistema de drenaje pluvial contemplado, es el Storm Water Management Model (SWMM 5.1v).

Se calculó la capacidad de evacuación del sistema de drenaje para una probabilidad de diseño del 20 %. (NC:2018).

La modelación y simulación del dren existente de Calle 12 en el programa SWMM arroja como resultado, que el mismo no tiene la capacidad de evacuar el agua de lluvia que cae en sus áreas de aporte para la probabilidad del 20 %.

Los drenes existentes en la cuenca son:

- Calle 12 desde calle 13 a avenida 7ma.
- Calle 12 e/ calle 5ta y calle 3ra.
- desvío calle 12 y 5ta, bajo área de tenis del círculo social, a salir a calle 3ra.
- Avenida 7ma e/ calle 14 y calle 16.

Los drenes mencionados anteriormente no tienen capacidad para conducir el gasto que aporta, lo que hace que la lluvia que no sea conducida por el conducto, escurra superficialmente hasta el punto de cota baja (12 y 5ta) acumulándose, esperando a que pase el pico de la lluvia y dis-

minuya la intensidad para que se pueda incorporar al sistema de drenaje.

Según modelación, puede demorar aproximadamente 40 min después de transcurrido el pico para comenzar su evacuación. El pequeño ramal de drenaje de la avenida 7ma (600mm \approx 120,0 m) aunque no tiene capacidad, no ocasiona problemas, ya que las pendientes favorecen el escurrimiento hacia el drenaje de calle 7ma que descarga al río Almendares.

El punto de inundación ocurre por su cota baja (calle 12 y avenida 5ta), el que es represado por las esquinas aguas arriba y aguas abajo, además de la poca capacidad de los conductos para conducir el gasto requerido y evacuar esta agua con rapidez.

Se propone captar aguas arriba y aguas abajo mediante un drenaje paralelo destinado a conducir los gastos que el drenaje existente no alcanza evacuar por su capacidad de conducir en el pico de las lluvias; se captará por elementos típicos, rejillas simples combinadas con gateras y batería de rejillas múltiples. Estas

se colocan con el fin de recoger todas las aguas que corren por el ancho de la vía que no es captada por los imbornales existentes, dada las pérdidas de las pendientes de los viales hacia los contenes por la repavimentación, pretendiendo que no llegue al punto de inundación.

Los drenes paralelos tendrán diámetros de 630 mm y 800 mm, subcolectores de 400 mm, conductos Polietileno de Alta Densidad (PEAD) corrugados, con registros en cabeceras, inflexiones y a distancias intermedias en longitudes largas de conducto, con dimensiones mínimas establecidas en la norma vigente. En la siguiente figura se detalla cómo quedarán diseñados dichos drenes.

Protección de drenes

Dentro de las soluciones a desarrollar para la rápida evacuación de las inundaciones, se valoraron también la protección de los drenes para evitar la entrada de agua de mar por los drenes pluviales que desembocan al malecón y facilitar las salidas de las aguas debido al rebase del oleaje e intensas lluvias. Se propone una variante acorde a las características del proyecto que se desarrollará.

Variantes propuestas para evitar la entrada de agua de mar por los drenes pluviales que desembocan al male-



Figura 4.- Solución de las redes de drenaje en la zona del "Club 500". (Plano confeccionado por el autor).

cón y facilitar las salidas de las aguas debido al rebase del oleaje e intensas lluvias

1) Ubicación de válvulas anti retorno

a- Durman (figura 5).

b- Helvex (figura 6).

Estas válvulas están diseñadas para evitar reflujos de agua. Son ideales para zonas propensas a inundaciones, redes alcantarillas sub dimensionadas, drenajes públicos con equipos de bombeo, instalaciones comerciales e industriales, casa de habitación y edificios comerciales.

La instalación es rápida y simple, no son deformables en condiciones normales de trabajo, presentan confiabilidad de operaciones y desempeño y permiten un mantenimiento fácil y adecuado.



Partes



Figura 5.- Válvula anti retorno Durman. (Foto tomada de Internet).

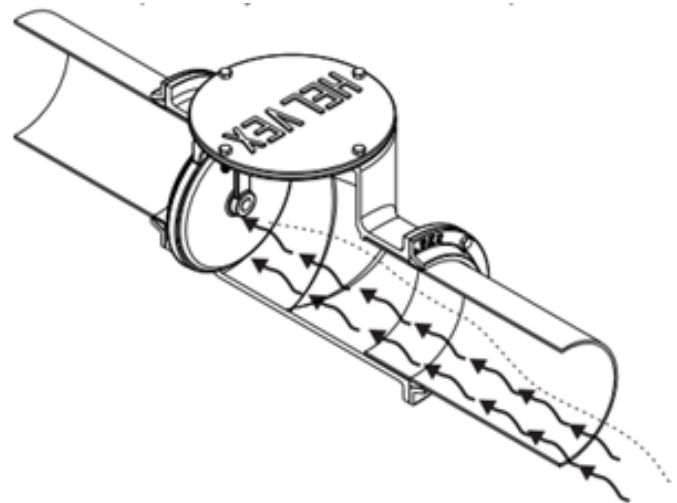


Figura 6.- Válvula anti retorno Helvex. (Foto tomada de Internet).

2) Ubicación de obras de protección.

a- Punta de lanza con salida lateral en 90 grados (figura 7).

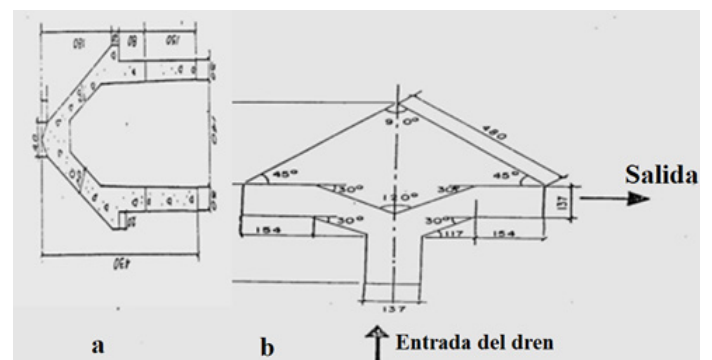


Figura 7.- Puntas de lanza.

b- punta de lanza en la línea costera propuesta por investigadores del CIH.

La punta de lanza (b) puede ser aplicada de forma general para la mayoría de los drenes, es más fácil su construcción y menos costosas al constituir una solución en la línea costera.

En la siguiente figura se aprecia la fase constructiva de la alternativa propuesta por el CIH para su instalación en la descarga del dren de Belascoaín.



Figura 8.- Punta de lanza para la descarga del dren de Belascoaín.

Con las alternativas propuestas, se dejaría de invertir en soluciones más costosas para la evacuación de las aguas que inundan la zona de calle 12 y avenida 5ta, contribuyendo además a la reducción de las pérdidas de bienes materiales tanto de las viviendas particulares como las del mismo “Club 500”.

Con su implementación, los niveles de inundaciones se reducirían casi en su totalidad, conllevando a un mejor equilibrio en la zona. Las pérdidas tanto materiales como las de vidas no se verían en riesgo frecuente, contando con una zona costera lista para la conservación de las infraestructuras y los viales. De esta manera, habrá repercusión favorable en la calidad de vida de la población y cuidado del medio ambiente. Es transcendental preservar el estado técnico de las redes hidráulicas urbanas, no solo para garantizar la eficacia de su funcionamiento, sino también para evitar las contaminaciones y daños que estas podrían ocasionar al ecosistema, de ahí la importancia y el cuidado de las mismas.

Conclusiones

Las evaluaciones para reducir las afectaciones fueron numerosas, de ahí que la solución propuesta sea la más óptima, aplicando todos los parámetros normativos para el drenaje urbano, preservación de la zona y sus patrimonios como los del “Club 500”. Las eficiencias en el sistema de drenaje a rehabilitar serían las más óptimas en cuanto a diámetro y costos económicos.

Con el sistema de drenaje propuesto y la válvula anti retorno, se logra evitar la acumulación de lluvia en el punto bajo de calle 12 y avenida 5ta para el 20 % de probabilidad. Estos diámetros de diseño serán capaces de evacuar las aguas de exceso en la zona y así evitar las afectaciones en las infraestructuras, viales y de vidas humanas.

Referencias

- Córdova, L. L. F. 2011. Solución a las penetraciones del mar en la zona del malecón de la Ciudad de la Habana. Trabajos desarrollados por el Centro de Investigaciones Hidráulicas (ISPJAE) y propuestas de estudios. Informe diagnóstico preliminar. 66 pp. La Habana.
- Córdova, L. L. 2020. Malecón Tradicional de La Habana. Parte I: Análisis de las causas de la inundación costera. Rev. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Versión impresa ISSN 1680-0338, Vol. 41 No. 3, La Habana, sept. - dic. 2020. La Habana.
- González, D. E. 2018. La verdadera historia de la “Tormenta del Siglo”. Cubadebate. Tomado de: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2018/03/06/la-verdadera-historia-de-la-tormenta-del-siglo-fotos/>
- González, C. y Doménech, I. A. 2018. Sistemas urbanos de drenaje sostenible, Rumbo 20.30, Fundación Conama 2018. España. Tomado de: <http://www.conama2018.org/web/generico.php?idpaginas=&lang=es&menu=370&id=13&op=view>
- Mitrani, A. I. 2006. Las inundaciones costeras en Cuba y su repercusión social. Bioética. Septiembre-Diciembre.
- Mitrani, I., Pérez, R., García, O., Salas, I., Juantorena, Y., Ballester, M., Beauballet, P. 2000. Las zonas más expuestas a las inundaciones costeras en el

- territorio cubano y su sensibilidad al posible incremento del nivel medio del mar por cambio climático. *Revista Cubana de Meteorología*, Vol.7, No.1. 45:50. Cuba.
- NC:2018. 2018. Especificaciones para el diseño y construcción de Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial Urbano
- Pérez, M. F. 2008. Introducción a la ingeniería hidráulica y ambiental. Ed. Félix Varela. ISBN: 978-959-07-0916-6. Cuba.
- Tiempos de Cuba. 1993. Resistiendo el vendaval. Boletín informativo de la Asociación de Amistad Hispano-Cubana de Sevilla, España/Julio de 1993. Tomado de: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2018/03/06/la-verdadera-historia-de-la-tormenta-del-siglo-fotos/>
- Válvulas Anti Retorno: <https://www.durman.com/descargas/valvulaAR/brochure/Valvula%20Anti%20Retorno%20BC.pdf>.
- Orcid: 0000-0003-2321-9630 y <https://orcid.org/0000-0001-9572-8333>. **No existen conflictos de intereses entre los autores**

