

Desgraciadamente la disposición final de esas basuras es antihigiénica, ya que ella es arrojada directamente al Río Medellín en el Puente llamado de Don Jorge.

Repetidas veces e insistentemente se le ha insinuado a la Dirección Municipal de Higiene, Oficina directora del Aseo Municipal, que no arroje las basuras al Río sino que las emplee más bien en efectuar los llamados rellenos sanitarios en los puntos fijados por la Oficina del Plano Regulador. Estos rellenos como es bien sabido, consisten en capas alternadas de poco espesor de basura y tierra con una capa final sellante de tierra, de un espesor mayor que las otras capas. A pesar de ser éste uno de los más eficaces, económicos e higiénicos métodos de disposición de basuras, no ha sido posible que se implante en Medellín, por razones que no se conocen.

---

## Informe sobre el Río Medellín

Medellín, Colombia, 3 de Marzo de 1949.

Señor Dr.

Nel Rodríguez

Jefe Plano Regulador,

Medellín.

En cumplimiento de sus deseos y conforme a lo estatuido en detalle en el contrato de servicios, me permito someter a la consideración las observaciones, recomendaciones y sugerencias que son el resultado del examen y estudio del Valle del Río y de las diversas obras hidráulicas que se han construido en Medellín y sus alrededores. También se ha discutido con los señores Wiener y Sert y el doctor Magoon y varios Ingenieros han dado sus opiniones verbales con respecto a varios tópicos, incluyendo el abasto de agua potable, la necesidad de una adecuada protección contra inundaciones, etc.

Solamente las partes más importantes de los diversos problemas podrían tratarse en el corto tiempo disponible y se consideró deseable el concentrarse en los aspectos básicos y principios que afectarán los procedimientos, estudios y planes cuando éstos vayan a ser ejecutados.

Se hacen algunas básicas e importantes recomendaciones. Por otra parte, deben hacerse investigaciones cuidadosas antes de que se adopten algunas de las decisiones, tales como la determinación del máximo flujo del Río Medellín, el perfil de las orillas del río, y la posibilidad de construcción de un embalse auxiliar para controlar parcialmente el flujo de inundación. Se ofrecen algunas sugerencias acerca del modo como deben hacerse estas investigacio-

nes. Se hace mención de algunos asuntos que son ya más o menos conocidos, simplemente como manera de llamar la atención hacia ellos.

Posiblemente las conclusiones a que se ha llegado pueden causar sorpresa a algunas personas; pero si subsiste alguna duda acerca de ellas, pueden y deben ser verificadas, para satisfacer a todos.

La exacta comprobación de las situaciones, dificultades y peligros, es necesaria con el objeto de planear correcta y efectivamente y por consiguiente, a menudo evitar procedimientos con un planeamiento falso o con bases incorrectas, lo que resultaría en pérdidas financieras y desperdicio.

Se espera que la información presentada le sea útil para preparar los planos y construcciones futuras.

### *Canal del Río*

Teniendo en cuenta el probable crecimiento y la mayor industrialización de Medellín, los posibles daños y pérdidas causados por una sola inundación en el futuro, podrían ser grandes. Por ésto prevenimos enfáticamente contra el peligro de una falsa economía en la revisión del Río. La revisión debe tener en cuenta todas las emergencias, dando una protección completa e impidiendo las inundaciones en toda circunstancia.

Antes de que se adopten conclusiones de algún valor, como el tamaño apropiado y dimensiones del futuro canal del Río, es necesario apreciar y adoptar el máximo flujo que se espera en varias partes del Río. Cada parte del canal del Río debe por consiguiente diseñarse para llevar el flujo adoptado en ella. Un valor tentativo, y que tiende a ser más bien bajo que alto, podría ser 150 piés cúbicos por segundo, es decir, 1.60 metros cúbicos por segundo por kilómetro cuadrado.

La apreciación del flujo máximo debe basarse en registros de precipitación fluvial en la hoya, o en aproximaciones de lluvias intensas y registros de cualquier parte, combinadas con experiencia y criterio, más bien que en relacionarla con unos pocos registros del flujo del Río, en algunos años. Hay casos conocidos donde buenos registros de flujo de un río se llevaron hasta por 200 años y no incluyeron inundaciones tan intensas como las que ocurrieron posteriormente.

Es de anotarse que afortunadamente Medellín no ha pasado de la etapa en la cual sea prohibitivo el ensanchamiento del Río en lo que se refiere al costo de la tierra requerida, y que también el ítem más grande del costo para el mejoramiento del Río sería la protección lateral en concreto y éste es un ítem fijo, que no aumentaría por el ensanchamiento del cauce. Por estas razones los planos para el mejoramiento futuro de los trabajos deberían contemplar y proveer un ancho del canal en el fondo (tentativo) de 36 metros y los lados con pendiente de 1.5 horizontal a 1.0 vertical, los cuales correspon-

den a un ancho en la parte superior de 48 metros a una profundidad total de 4 metros y a 3.50 metros de capa de agua.

El canal debe hacerse para flujo uniforme y completamente lleno en su longitud en condiciones de máximo flujo. El perfil del fondo del Río está más o menos fijo en altura y la capacidad deseada debe obtenerse ajustando el ancho del Río con el perfil superior. El perfil de la parte superior de las orillas del Río debe diseñarse para que sea paralelo a la superficie del agua y a 0.50 centímetros encima de ésta en las circunstancias del flujo máximo determinadas por cálculos de la curva de reflujo (backwater curve). Esta debe hacerse entre secciones precisas separadas por distancias relativamente cortas, de 20 a 60 metros de acuerdo con las circunstancias. Los puntos del control de aguas río abajo, deben incluirse y deben hacerse comenzando el cálculo de las curvas de reflujo unos 700 u 800 metros más abajo del puente del Ferrocarril. Un valor razonable de "n" en la fórmula de Kutter para el cálculo de la curva de reflujo podría ser 0.025 el cual hemos usado satisfactoriamente en un caso de condiciones muy similares y que incluía fuerte pendiente, fondo de grava gruesa, y protección lateral en concreto. Debido a las altas velocidades en el canal cuando éste va lleno, se recomienda que el efecto de los cambios en la velocidad se incluyan en los cálculos finales de la curva de reflujo.

Es importante la mayor altura de la orilla a lo largo del lado exterior, especialmente en la curva cruzada por el Puente de La América.

#### *Mejoramiento del canal arriba de la ciudad.*

En nuevos proyectos al mejoramiento del canal que ahora se construye arriba de la ciudad para hacer utilizable la tierra, sugerimos que se tenga en cuenta la ventaja económica de construir inicialmente sólo un lado del canal en lugar de ambos lados. Esto dará sitio para una carretera, y el río con muy poco cuidado, seguirá un curso definido contra el concreto. En época posterior, cuando la tierra deba ser utilizada, se construirá la ribera opuesta del río.

Bien sea que la construcción inicial se haga solamente en un lado o bien en los dos, recomendamos un muro inclinado de concreto de preferencia a los muros casi verticales, sobre una fundación construída separadamente de su base, como los que se usan actualmente. Cualquiera de los dos tipos pueden extenderse a la misma profundidad para protegerse contra las socavaciones debidas a la erosión del fondo del río en tiempos de máxima creciente. Esto haría el tipo vertical más costoso. Además los muros como se construyen actualmente no son lo suficientemente gruesos y fuertes para soportar con seguridad la grava del terraplén. A este respecto sugerimos un cambio en el terraplén de respaldo que se está haciendo actualmente, con el objeto de reducir los empujes contra el muro vertical.

Nuestra franca opinión es que las presas de control que se construyen actualmente en el fondo del canal y a cortos intervalos, son más bien dañinas

que benéficas. Entre estas presas la grava formará su pendiente natural y por consiguiente gran parte de ella estará expuesta al agua como en el caso de un fondo natural. La reducción de la velocidad del flujo en estiaje no es necesaria a causa de que en tales tiempos el concreto estará bastante más profundo que la zona perturbada y creemos que el efecto de la curva del reflujo en relación con el control de mosquitos no será efectivo.

Las presas no reducen la gradiente efectiva o las velocidades durante los tiempos de máximo flujo y en tales épocas la severa turbulencia creada por las presas causará profunda erosión aguas abajo de cada una de ellas y la posible destrucción de una o más de las presas con las serias consecuencias provocadas por la obstrucción del flujo en un tiempo crítico.

Las dimensiones del canal aquí como en cualquier parte, deben llevar la capacidad de flujo para la máxima creciente adoptada como se explicó en el subtítulo "Canal del Río". Las curvas largas y suaves no son perjudiciales para tales canales, desde el punto de vista hidráulico o de sostenimiento y a menudo son de mejor apariencia que largas tangentes. Las curvas pequeñas entre tangentes largas son elementos de peligro en las altas velocidades del Río Medellín.

#### *Canal arriba del puente La América.*

Es perfectamente obvio que las pendientes de la orilla del nuevo canal rectificado aguas arriba del puente de La América, son demasiado paradas para ser estables, bien sea secas o húmedas. Las pendientes se erodarán rápidamente y socavarán severamente a sitios más altos del río. No conocemos otro remedio distinto a re-excavar las pendientes a un ángulo más plano y mientras esto se hace, ensanchar el canal hasta un ancho del fondo de 36 metros para desarrollar una capacidad de flujo de cerca de 550 metros cúbicos por segundo. Solamente si los lados se protegen con concreto son estables aún en pendientes de 1.5 a 1.

#### *Cuelga del Río.*

Con el objeto de ayudar al Río a disponer de las grandes crecientes y evitar las inundaciones de las tierras a lo largo de las partes bajas del Río, se recomienda adoptar la proposición de bajar el fondo del canal en el extremo inferior, removiendo la grava y desperdicios y mejorando su alineamiento. Este trabajo deberá hacerse en los primeros 500 metros abajo del Puente del Ferrocarril. El malecón de piedra, construido evidentemente por el Ferrocarril, es necesario para su protección y no debe quitarse. El Río debe seguir su curso hacia el Este aproximándose a su antigua localización. No descubrimos evidencias de formación rocosa en el sitio y el trabajo puede hacerse mejor con una pala excavadora mecánica. Se llama sin embargo la atención hacia el

hecho de que la cantidad factible de bajar es menor de 1.50 metros y que el efecto del trabajo en la cuelga del canal disminuirá gradualmente hasta cero y termina en una distancia de no más de 1 ó 2 kilómetros. También el camio resultante no será efectivo para drenar el agua de las áreas húmedas en las partes más bajas del valle durante el tiempo normal del Río, por la razón de que una arcilla impermeable del subsuelo impide al agua el colarse hacia el Río. Para este efecto es necesario un drenaje separado.

#### *Protección del canal.*

Un tipo de protección de orilla que tiene el aspecto de buena apariencia y bajo costo consiste en losas de concreto de 20 ó 25 centímetros de espesor colocadas en las orillas después de que han sido excavadas y arregladas a una pendiente de 1.5 horizontal a 1 vertical. El aspecto más importante del diseño es que el pavimento continúa con la misma pendiente y espesor hasta donde la extremidad del fondo no pueda ser perturbada por el agua de ninguna creciente.

El bombeo para quitar el agua durante la construcción puede evitarse aprovechándose la pendiente natural de la excavación para drenar el agua en la dirección de aguas abajo al mismo tiempo que el trabajo adelante. La grava extraída (por dragalinas) de las riberas y de la excavación se colocará en un sitio opuesto y se usará posteriormente para hacer concreto, usando una planta mezcladora portátil. La pendiente pronunciada del Río Medellín es favorable para este tipo de construcción.

Cualquier tipo de baldosa de concreto, bien monolítica, o bien prevaciada, es satisfactoria y su escogencia dependerá de los costos relativos.

El concreto que tenga una consistencia correcta y una adecuada proporción de agua-cemento puede colocarse en las pendientes de 1.5 a 1 sin formaletas. Un procedimiento satisfactorio es colocar el concreto en baldosas de más o menos 10 pies de anchas, monolítica desde el fondo hasta la parte superior de la pendiente. Las baldosas podrán estar separadas por espacios de 10 pies, los cuales se llenarán en los días subsiguientes.

Para asegurar durabilidad, facilidad de reparación, y buena apariencia, el concreto será de la mejor calidad, proporcionado exactamente, perfectamente mezclado y su producción comprobada frecuentemente para investigar calidad y densidad.

Un muro vertical de concreto colocado a lo largo de la parte superior de la losa inclinada le agregará seguridad, mejorará su apariencia y dará una profundidad mayor, aumentando la capacidad del flujo del canal sin sacrificar área útil sobre las orillas del Río.

#### *Quebradas*

Las áreas adyacentes a las varias quebradas pueden protegerse del agua del reflujó del Río con malecones de igual altura a las orillas de este. Algu-

nas partes de estos malecones necesitarán protegerse con concreto. La remoción del agua de acumulación directa detrás de los malecones se drenará al Río o a la quebrada por medio de una alcantarilla provista de válvula de retorno. Donde se instale un sistema de drenaje para secar la tierra, debe diseñarse y acomodarse también para drenar el agua de acumulación directa. Los acueductos cerrados encima de las quebradas deben evitarse.

### *Quebrada Iguaná*

La quebrada Iguaná se está volviendo antiestética debido a la extracción extensiva y sin control del cascajo y de la arena. Por otra parte la producción de arena y grava es una industria valiosa y necesaria para Medellín. Debe imponerse alguna regulación y control en las operaciones de extracción para remediar la situación.

De la cantidad total de arena y grava que arrastra cada año la quebrada, una parte es removida por la industria de los areneros y solamente la parte restante es descargada al Río Medellín. Por consiguiente desde el punto de vista hidráulico y de sostenimiento del Río Medellín, las operaciones tienden a ser más bien benéficas que perjudiciales a causa de que reducen el volumen anual de la grava que entra al Río.

Puede construirse un puente sobre la quebrada para la carretera propuesta a lo largo de la ribera izquierda del Río con ninguna otra preocupación especial distinta o la de prolongar las fundaciones hasta una zona suficientemente profunda, debajo de la posible erosión en el Río. El área adyacente en la quebrada en una distancia de 300 a 500 metros aguas arriba del puente, debe ser reservada y desarrollada en una área atractiva para parque y se debe establecer también un control razonable para proteger la apariencia en una extensión aguas arriba.

### *Drenaje de tierra húmeda.*

La manera más directa, experimentada y más económica para drenar las áreas húmedas en el fondo del valle es por medio de zanjais abiertas apropiadas y tuberías de drenaje cubierta que descarga al Río o a las quebradas próximas. El sistema de drenaje instalado cerca al Campo de Aviación es una magnífica evidencia de la efectividad, economía y éxito de este tipo de drenaje.

Cada tubería será instalada tan profunda como se necesite para que no entorpezca el uso futuro de la tierra considerando que una pendiente plana funcionará satisfactoriamente con el agua filtrada y que ésta clase de pendiente es permitida donde sea necesaria o ventajosa.

### *Disposición de basuras.*

Se reconoce por lo general que ningún río relativamente pequeño pueda disponer satisfactoriamente las basuras de una ciudad grande. Los efectos

perjudiciales y objetables son tan numerosos y obvios que no necesitan ser mencionados.

La basura tiene un valor tangible para rellenar áreas bajas localizadas donde la basura pueda ser esparcida y quemada diariamente. Los rellenos profundos y progresivos de basura desde un extremo son a menudo menos dificultosos que el regarla sobre un área en capas delgadas, y el secado e incineración son igualmente efectivos. Deben seleccionarse los procedimientos de secado e incineración para llenar las condiciones encontradas en cada uno de los diversos sitios. Mientras se rellenan las áreas bajas dentro del perímetro de la ciudad, los olores provenientes del humo pueden ser ligeramente objetables, pero deben tolerarse temporalmente mientras se rellenan las mencionadas áreas bajas. El sitio permanente para la cremación en el futuro, debe escogerse de acuerdo con la dirección dominante del viento y a una distancia tal que el humo no alcance las partes importantes de la ciudad.

En algunos casos la incineración puede evitarse. La parte superior de los rellenos profundos se cubrirá con una capa de grava o tierra a medida que el área progrese.

#### *Colectores (o interceptores)*

Es factible tener un colector solo en uno de los lados del Río o dos colectores localizados en cada lado. La escogencia dependerá de los costos y ventajas relativos. Con todos los factores considerados es muy probable que el costo último de los dos colectores sea menor que un colector sólo y el sistema resultante estará libre de peligros de aquellas partes de las varias alcantarillas que necesariamente tienen que atravesar el Río para alcanzar el colector único. Es sabido que en las corrientes máximas el fondo del Río se erode 2 ó 3 metros debajo de su nivel normal y permanece a tal profundidad por varias horas durante el pico de la creciente. Un sistema de dos colectores evitaría los peligros, dificultades y altos costos de construcción de las varias alcantarillas adicionales debajo del Río.

En el caso de 2 colectores, el extremo de aguas abajo de uno de ellos cruzará necesariamente debajo del Río para llegar a la planta de tratamiento. Este único cruzamiento se construirá como parte del trabajo de canalización del Río, bien construído y estable.

Los colectores se construirán en etapas para responder a las crecientes demandas de la ciudad y el diámetro o tamaño de la parte inicial en cada extensión, será suficiente para llevar el máximo flujo de la alcantarilla. La parte inicial podría ser desde la futura planta de tratamiento hasta un punto un poco más allá del Cerro Nutibara.

El tipo de la construcción y la forma de los colectores dependerá de las condiciones y preferencia locales, pero las alturas de sus perfiles en todos los puntos serán lo suficientemente bajas para satisfacer todas las posibles situa-

ciones futuras. Por estudios e investigación sugerimos que toda la pendiente se utilice para la gradiente de las alcantarillas e interceptores y que se descarte el uso de las caídas.

Los colectores para aguas lluvias deben descargar directamente en el Río.

### *Residuos industriales*

Entendemos que legalmente recae la responsabilidad en cada industria de disponer sus residuos, especialmente cuando éstos son de un carácter tal que causen perjuicios si se descargan en el Río. Es obvio que los residuos seriamente objetables no deben permitirse que fluyan al Río ni al sistema de alcantarillado. No ofrecemos ninguna recomendación ahora, pero sugerimos que como etapa final, el problema sea investigado en conjunto con las industrias interesadas.

### *Planta de tratamiento para aguas negras.*

Es claro que desde el punto de vista del costo debe haber una sola planta de tratamiento y que la localización adecuada es un punto cercano al Puente del Ferrocarril sobre la margen derecha del Río, como anteriormente lo recomendó el Ingo. José Tejada S. Por ahora no podemos hacer ninguna recomendación acerca del tipo más apropiado para las condiciones locales. En realidad sugerimos que se contrate con un Ingeniero especializado en tratamiento de aguas negras, para proponer, diseñar y supervigilar la construcción de la planta, y posiblemente revisar el sistema completo de colectores de alcantarillado con relación a los colectores propuestos.

(Fdo). Barton M. JONES

