

INFORME TECNICO DE LA VISITA AL ACUEDUCTO DE ESMERALDAS

Preparado por el Ing. Arturo Rodríguez Castillo M.Sc., con la autorización y el apoyo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, para la Organización Panamericana de la Salud.

ANTECEDENTES Y OBJETIVO:

La ciudad de Esmeraldas, ubicada en la costa ecuatoriana, sufrió hace poco los efectos del fenómeno del Niño, que provocó principalmente grandes deslizamientos que afectaron tanto el casco central de la ciudad como varios kilómetros alrededor. Esto tuvo serias consecuencias en su infraestructura urbana: carreteras, viviendas, oleoducto y acueducto principalmente, que están siendo restaurados actualmente. En la foto 1 se muestra la desviación sufrida por el oleoducto, que está en proceso de reparación y en las fotos 2 y 3 el colapso de algunas viviendas en el centro de la ciudad.

El objetivo de esta visita técnica consiste en aprovechar la experiencia costarricense para elaborar algunas recomendaciones que permitan reducir la vulnerabilidad del sistema de agua potable, visitando las obras que están siendo rehabilitadas y las que están en construcción. Se pretende con esto que los daños sufridos por el acueducto puedan ser evitados o disminuidos a futuro.

ESTUDIOS ANTERIORES:

Se presenta en este punto un resumen de algunos puntos importantes señalados en el informe "Estudios definitivos para el sistema de agua potable de Esmeraldas y su zona de influencia", elaborado por las empresas INAM y OTECO para la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA) en junio de 1987:

- "El trazado original de la línea que conducirá agua potabilizada hasta la ciudad de Esmeraldas iba por la carretera antigua a esa ciudad... Los estudios geológicos, no obstante, indicaron que una amplia zona de deslizamientos activos ... englobaba la carretera antigua y la convertía en lugar de riesgo para la colocación de grandes tuberías de agua potable. Por ellos se resolvió modificar la trayectoria de la conducción, colocándola a lo largo de la carretera nueva a Esmeraldas..." (pag.7)

- "Conduccion a Esmeraldas: Su trazado es función directa de la presencia de zonas inestables... La fundación de la conducción en todos los casos debe hacerse en la formación rocosa, la misma que se encuentra a poca profundidad... El tramo Tanque – Carretera Nueva no presenta mayores inconvenientes: el trazado paralelo a la carretera nueva es el que mayores facilidades brindará. Sin embargo hay varios sitios donde éste atraviesa importantes zonas inestables y su estabilidad ha sido garantizada gracias a enormes terraplenes que actúan como grandes masas estabilizadoras por su propio peso." (pag 18).
- "Para todas las otras conducciones incluidas en el estudio se tomarían las mismas precauciones indicadas para la conducción a Esmeraldas, considerando que toda la zona corresponde a terrenos arcillosos y limosos y que se presentan áreas potenciales de riesgo por deslizamiento los cuales deberan evitarse en el trazado." (pag. 19)
- "Mecánica de suelos: los estudios realizados en este campo son indispensables para determinar las condiciones geotécnicas de los suelos en que se cimentarán las diferentes obras que conforman el sistema de agua. Para ello se efectuaron perforaciones y pozos a cielo abierto, en función de una programación prolija preparada conjuntamente con el ingeniero especialista." (pag. 19)
- "Conducción San Mateo – Esmeraldas: ... La ruta seleccionada sigue paralela a la carretera nueva de ingreso a la ciudad de Esmeraldas. Esta ruta resultó la más conveniente y segura luego de analizar otras posibilidades de trazado y de contar con los estudios geológicos y geotécnicos que minuciosamente se efectuaron en todo el sector... Los estudios geológicos, complementados con los de mecánica de suelos, determinaron la existencia de zonas estables en las cuales la tubería se instalaría enterrada en zanjas... En otras zonas de suelos inestables, la tubería se instalará sobrelevada, soportada en marcos H..." (pag. 103-104)
- "Cruce del río Teaone: ... se instalarán dos tuberías de acero de 900 mm de diámetro embebidas en un macizo de hormigón armado que estará a 5 metros de profundidad del lecho natural del río." (pag. 105)
- "Conducción desvío Atacames – Súa: ... existen zonas de deslizamiento cuya delimitación fue efectuada a fin de evitar, en lo posible, que las tuberías de conducción las crucen." (pag. 107)

Es evidente en estas anotaciones que el problema de deslizamientos fue previsto y se trato de evitar. Sin embargo no se calculó la magnitud del mismo, por lo que las medidas tomadas no fueron suficientes. Se menciona en varios puntos la existencia de estudios geológicos y geofísicos detallados pero no fue posible tener acceso a ellos. Sería importante que, si estos documentos son

encontrados, los funcionarios de la SSA especializados en ese campo pudieran estudiarlos para ampliar las recomendaciones aquí mencionadas.

Otro aspecto importante de señalar es el cuidado que debe tenerse cuando se construyen pasos subfluviales con el tubo embaulado en hormigón, pues podría eventualmente presentarse licuefacción del suelo por efecto de un sismo y eso ocasionaría que la estructura de concreto colapsara junto con la tubería.

VISITA ACTUAL:

La zona se visitó en compañía de los ingenieros Mario Ballesteros (OPS), Leonardo Mera (INA-BROMCO, empresa constructora y operadora), Marco Padilla, Franco Narváez, Jorge Perez y Mario Alvear (Subsecretaria de Saneamiento Ambiental, empresa fiscalizadora). A todos ellos se agradece profundamente no solo por su fina atención sino también por los valiosos aportes que brindaron para la elaboración de este informe.

El día 20 de octubre de 1998 se visitaron las obras en rehabilitación correspondientes a la conducción principal que va hacia Esmeraldas y al ramal que abastece al sector de los balnearios, ubicados en las ciudades de Tonsupa y Atacames. El día siguiente se recorrió el nuevo ramal que está en construcción hacia las poblaciones de Camarones, Achilube y Tacuza.

RESUMEN DE LA VISITA A LAS OBRAS EN REHABILITACION:

A continuación se presenta un listado con los sitios visitados a solicitud de los ingenieros de proyecto, indicando tanto el tipo de problema detectado como las recomendaciones dadas en cada caso. Además se tomaron fotografías para ilustrar mejor la situación.

Tanque de Atacames:

Es una estructura de concreto de 2500 m³ de volúmen y que se encuentra amenazada por un deslizamiento que no se había detectado previamente. Hay evidencia clara de que se está gestando un deslizamiento que en este momento ya afectó la acera lateral del tanque y en poco tiempo comprometerá la estructura principal. El tanque se encuentra en la parte superior de una loma que presenta pendientes bastante altas y que está constituida por materiales arcillosos de mala calidad en su mayoría.

La situación puede ser muy seria porque en la parte de abajo de la loma se encuentran ubicadas una 11 viviendas que podrían resultar afectadas ante un eventual colapso del tanque, poniendo en peligro la vida de sus habitantes.

Además, con la rotura de la acera lateral, actualmente las aguas pluviales están siendo encauzadas hacia la grieta en el terreno, lo que aumenta las probabilidades de que el deslizamiento ocurra.

En la foto 4 se muestra la grieta que aparece a un lado del tanque, la acera lateral rota y el sitio por el que las aguas pluviales serían encauzadas hacia la grieta, favoreciendo el deslizamiento. En la foto 5 se muestra la ladera sobre la que se ubica el tanque, la que tiene altas pendientes y evidencia de algunos deslizamientos superficiales. En la parte de abajo de la colina se pueden apreciar algunas de las casas que estarían en peligro ante un eventual colapso de la estructura.

Se recomienda reparar urgentemente la acera y sellar la grieta con arcilla para evitar infiltraciones. A corto plazo se recomienda hacer estudios de mecánica de suelos para determinar la mejor manera de asegurar la estructura y evitar el deslizamiento. Dadas las características del terreno, podría ser que las obras para estabilizarlo fueran muy costosas, por lo que debería estudiarse la posibilidad de reubicarlo.

También se recomienda construir una cuneta perimetral para evacuar las aguas superficiales e instalar un inclinómetro y un piezómetro para monitorear tanto la estabilidad del talúd como el nivel de las aguas subterráneas.

El inclinómetro es un aparato que permite establecer con gran precisión la ocurrencia de una deslizamiento desde su gestación, indicando tanto la magnitud como la profundidad y dirección del mismo. El equipo completo está compuesto por un sensor, una computadora de campo para realizar las lecturas, un "casing" de PVC que se instala en el campo y por el que se desplaza el sensor y una computadora de oficina donde se procesan los datos. Con este equipo se pueden monitorear cualquier cantidad de sitios en el campo, ya que la computadora de campo y el sensor son portátiles, y lo único que debe quedar instalado en cada sitio es el "casing".

Una de las empresas que vende este tipo de equipo es la que se referencia a continuación:

SINCO – Slope Indicator Company
3668 Albion Place N, PoBox 300316, Seattle, WA 98103-9716 USA
Tel. 206-603-3073
Fax 206-547-4818

El inclinómetro se utiliza realizando una lectura inicial que funciona como patrón y contra la que se comparan todas las lecturas posteriores para, por diferencia, calcular el desplazamiento que ha ocurrido entre una y otra. La frecuencia con que se realicen las lecturas depende de la sospecha de que un deslizamiento pueda presentarse ya sea por evidencia de campo, la ocurrencia de un sismo o

de un periodo de fuerte precipitación. En el caso del tanque de Atacames se recomienda hacerlas al menos una o dos veces por semana.

Ya que el sensor es muy caro, y puede perderse si se introduce en el "casing" después de que ha ocurrido un desplazamiento, se recomienda adquirir un accesorio conocido como "dummy", que tiene la misma forma y peso del sensor pero no es costoso, y que es bajado y subido por el "casing" antes de tomar una lectura para asegurar que el original podrá ser recuperado.

A los profesionales del proyecto se les brindó una explicación más amplia sobre el uso de este equipo utilizando fotografías y fotocopias de la información generada por el inclinómetro.

Finalmente, se observó que la única salida de las aguas pluviales que se recogen en el tanque consiste en una tubería de 50 mm de diámetro que podría ser fácilmente obstruida, por lo que se recomienda sustituirla por un canal abierto que no permita que estas aguas fluyan sin control.

Tanque de Tonsupa:

No hay evidencias de que haya algún deslizamiento activo o potencial, y de hecho las laderas en las que se encuentra tienen poca pendiente. Sin embargo podría haber algún problema estructural ya que la cúpula superior se desajustó respecto a las paredes luego de que el tanque sufrió asentamientos diferenciales por expansión de arcillas en su base. En la foto 6 puede apreciarse que, a la izquierda, la cúpula calza perfectamente con la línea de la pared, mientras que del lado derecho hay un saliente que es de unos 10 cm. Se recomienda hacer una revisión estructural para verificar que no existan daños antes de llenar el tanque.

Conducción a Atacames, entre el túnel 3 y el "Espaldón del diablo":

En este sector la tubería fue desplazada unos 15 metros de su línea original por un fuerte deslizamiento que además la deformó en algunos puntos, como se puede apreciar en las fotos 7 y 8. Dado el enorme tamaño de este deslizamiento, que abarca toda el área alrededor, no sería factible económicamente tratar de detenerlo o repararlo, ni tampoco buscar otro trazado para la tubería porque es una zona muy extensa la que tiene este problema.

Por lo tanto lo que se recomienda es dejar que el deslizamiento continúe en forma controlada, reparar la línea tratando de recuperar la mayor cantidad de tubería posible, colocarla de manera superficial sobre estructuras "H" que le permitan algún movimiento, garantizar una adecuada salida a las aguas tanto superficiales como subterráneas y dejar previsto un camino de acceso adecuado

y los equipos y accesorios necesarios para hacer una rápida reparación si la tubería llegara a romperse nuevamente.

Cuando se colocan estructuras "H" se recomienda no colocar la tubería en el centro de la misma, sino más bien hacia el lado contrario al del posible deslizamiento, para que tenga una mayor posibilidad de movimiento como se indica en el esquema 1.

Conducción a Atacames, entre los túneles 1 y 2:

Al igual que en el caso anterior, los deslizamientos son tan grandes que no es factible tratar de detenerlos. Se acoge la solución planteada por la empresa constructora de colocar la tubería en forma superficial, sobre estructuras "H" y elementos de concreto que no restrinjan su movimiento, de la forma mostrada en el esquema 2.

Es importante considerar que en este tramo se reunirán gran cantidad de aguas superficiales, ya que está ubicado en la salida de una cuenca de gran tamaño. Se recomienda calcular el diámetro de la alcantarilla necesaria para evacuar esas aguas y colocar una alcantarilla gemela sobre la primera, en forma redundante, para reducir la posibilidad de que una obstrucción pueda represar la avenida y someter la tubería a cargas excesivas.

Tanto en este caso como en el anterior, se recomienda colocar tubería de acero de mayor espesor (la tubería actual es de 4 mm de espesor) para que sea más resistente a las cargas externas. También se recomienda evitar las uniones flexibles para que la línea tenga una mejor continuidad.

En la foto 9 se muestra la salida del túnel 1, donde se puede apreciar que la interconexión con la conducción aún no se ha realizado. En la foto 10 aparece el tramo de la tubería que debe quedar montado sobre marcos H y estructuras de concreto como las mencionadas anteriormente. Cabe agregar que a la derecha de ese sitio existe una pequeña laguna que mantiene saturada la base de la formación y que sería recomendable eliminar para aumentar la estabilidad del suelo

Entrada del túnel 1:

Este es un pequeño tramo que se ubica cerca de la entrada del túnel 1 entre dos deslizamientos, a izquierda y derecha de la tubería. Se recomienda mantener la línea en la divisoria de aguas ya que se considera que es el sector más estable, evitando las uniones flexibles para mantener la continuidad.

Línea de conducción a Esmeraldas:

A lo largo de esta línea se encuentran dos deslizamientos activos que llegaron a sacar la tubería de operación. En el primero de ellos (foto 11) se reparó el tubo y se dejó colocado superficialmente para reducir los esfuerzos generados por un deslizamiento. También se dejó una zona descubierta para estar removiendo continuamente los materiales que se deslicen antes de que lleguen a tocar la tubería. Esta es una solución provisional que hasta el momento ha funcionado bien, pero debe tenerse especial cuidado en mantener los drenajes pluviales abiertos para evitar la acumulación de aguas que pudieran generar esfuerzos altos en el tubo y desestabilización del talúd.

En el segundo deslizamiento (foto 12) se reparó provisionalmente la tubería siguiendo el contorno del deslizamiento, en una solución rápida ya que la población de Esmeraldas se encontraba sin agua. En este tramo la tubería está deformada y se encuentra al borde de un terreno que está a punto de colapsar, por lo que se recomienda alinear nuevamente el trazado de la línea lo más pronto posible. Ya que la línea está en operación y una enorme población depende de ella, se recomienda adquirir nueva tubería para colocarla en su sitio y hacer las conexiones necesarias en el menor tiempo posible. Aunque esta es una alternativa cara, es evidente que en cualquier momento debe hacerse esa inversión, y es mejor hacerla de manera programada y no debido a una emergencia.

En la foto 13 puede apreciarse que uno de los drenajes pluviales está prácticamente obstruido, lo que es muy peligroso ya que si se produce acumulación de aguas de lluvia se someterá la tubería a esfuerzos excesivos, se saturará el terreno y se acelerará la ocurrencia del deslizamiento, con el consiguiente colapso del sistema de abastecimiento a Esmeraldas. Es necesario insistir en que el costo de hacer estas reparaciones puede ser alto, pero en algún momento debe hacerse. Si se espera a que se produzca el deslizamiento para hacer la reparación el costo será mucho más alto, los trabajos deberán hacerse de manera no programada y se producirá además un costo social producto de tener a la población sin agua por un tiempo considerable.

Se recomienda en este sitio la instalación de un inclinómetro que permita monitorear la estabilidad de este talúd para tomar las medidas necesarias en el menor tiempo posible.

Tanque No. 4 en la red de distribución a Esmeraldas:

Este tanque se encuentra cerca de un deslizamiento importante (foto 14). Sin embargo todavía no se ha visto afectado estructuralmente y el suelo sobre el que se asienta es coluvial de aparente buena calidad. Sin embargo actualmente

está siendo afectado por erosión ya que no existen las obras necesarias para encauzar las aguas pluviales. Esto ha ocasionado que la cabeza del deslizamiento se haya movido en dirección al tanque y ya el terreno inestable se encuentra a unos 8 metros del mismo (foto 15).

Se recomienda construir un canal revestido en la parte alta del tanque para que recoja perimetralmente las aguas de lluvia, reconstruir el terreno erosionado utilizando empalizadas y rellenos compactados de material seleccionado y colocar un inclinómetro entre el tanque y el deslizamiento para monitorear la estabilidad de la estructura. Debe ponerse especial atención a la ubicación de las tuberías de entrada y salida del tanque ya que toda la zona de acceso al mismo parece estar afectada por deslizamientos.

Para futuros casos similares se recomienda también que la estructura del tanque se haga metálica y no de hormigón para hacerla más liviana.

Cruce de quebrada en el sector conocido como La Batea:

En este punto se presentó socavación por el desalojo abrupto de aguas que se acumularon por la obstrucción de una alcantarilla. Esto ocasionó que la tubería que originalmente estaba enterrada quedara colgante y en inminente peligro (foto 16). Se recomienda remover el material que se observa sobre el tubo para reducir el peso, y asentar el mismo sobre marcos H que transmitan su peso al terreno natural. También se recomienda reparar la alcantarilla y darle un adecuado mantenimiento para evitar el problema que ocasionó la posterior socavación, Será conveniente coordinar con el MOP la acción de relleno en ese punto para que la tubería no se vea expuesta a cargas adicionales excesivas.

Segundo cruce de quebrada en La Batea:

En este punto la socavación produjo la destrucción de un bloque de anclaje, tal como se aprecia en la foto 17. Este bloque debe reconstruirse ya que la tubería es de 900 mm de diametro y la presión alcanza los 130 metros, por lo que las fuerzas en el codo son enormes y terminarán por hacerlo fallar si el bloque no es reconstruido. Al igual que en el caso anterior, se recomienda reparar la alcantarilla y verificar que no se obstruya nuevamente.

RESUMEN DE LA VISITA A LAS OBRAS EN CONSTRUCCION

Estas obras corresponden a la conducción entre Esmeraldas y el sector de Tacuza, Achilube y Camarones, que va casi paralelo a la costa y bordea grandes deslizamientos que ocurrieron como consecuencia del fenómeno del Niño

principalmente. La tubería que se está colocando es de PVC de 355 y 315 mm de diámetro.

Tubo sobre alcantarilla en sector de camaroneras:

En este sitio, que se muestra en la foto 18, se estaba realizando una prueba de presión de la tubería ya instalada. Puede apreciarse, a unos pocos metros del sitio de prueba, que el tubo pasará por encima de una alcantarilla en la que se recogen gran cantidad de aguas pluviales. En ese lugar es muy importante garantizar la adecuada evacuación de las aguas, ya que si se obstruye la alcantarilla es casi seguro que la tubería será arrastrada. Lo mas conveniente sería construir un sistema de alcantarillas redundante, de modo que si una se obstruye la otra pueda seguir en operación.

Tramos ubicados en la playa:

Hay algunos sectores, como el que se muestra en la foto 19, donde no hay otra alternativa que pasar la tubería por la zona de arena de la playa. Aunque esto no es lo más conveniente, si no hay otra solución debe tenerse cuidado de anclar adecuadamente los tubos para que, si se encuentran vacíos y el agua de mar los alcanza, no vaya a levantarlos. Además deben protegerse los empaques, en la parte que quedara expuesta, con grasa o algún otro material permanente para evitar que sean afectados por el agua de mar.

Consulta sobre valvulas reguladoras:

Ante una consulta del Ing. Leonardo Mera, sobre la utilización de válvulas para regular el flujo o la presión, se le indicó que no es recomendable utilizar válvulas de compuerta o mariposa para regular, ya que éstas son diseñadas para trabajar abiertas o cerradas y sufren mucho desgaste en otras condiciones. Si se necesita hacer este tipo de regulaciones es más conveniente utilizar válvulas de globo o válvulas automáticas.

Tramo Tacuza – Camarones:

Este tramo se muestra en la foto 20 y presenta, en la parte alta, terreno inestable producto de un deslizamiento. A media ladera se encuentra la carretera y la parte baja esta constituida por material suelto previamente deslizado y que llega hasta el mar. Estudiando las diferentes alternativas para la colocación de la tubería se recomienda colocarla en el camino, previa coordinación con el MOP, ya que es preferible que le caiga material de encima y no que sea arrastrada por un nuevo deslizamiento o socavada por el mar. En este sitio es recomendable la

instalación de un inclinómetro para monitorear la estabilidad del talud y tomar medidas preventivas si fuera el caso.

Tramo Camarones – Achilube:

En este sitio se construyó un desvío y un camino de acceso con el objeto de evitar zonas inestables. Hasta cierto punto el camino permite el paso de vehículos, como se muestra en la foto 21. Sin embargo este camino no cuenta con cunetas ni alcantarillas y se encuentra en una zona de vegetación muy densa. Es muy probable que, si no se construyen estas obras y no se les da un adecuado mantenimiento, el camino llegue a ser destruido por avenidas o invadido por la vegetación. En este caso la tubería sería también arrastrada y prácticamente no habría acceso para repararla, por lo que los costos económicos y sociales serían muy altos.

Otro sector de esta línea no tiene acceso vehicular, como se aprecia en la foto 22. Este sitio es altamente vulnerable ya que se encuentra en terrenos arcillosos tipo lodolita con prácticamente ninguna resistencia, tiene pendientes muy altas que pueden ser sometidas a fuerte erosión y la tubería se hizo pasar por sitios donde podría represar gran cantidad de aguas de lluvia, lo que hace casi seguro el arrastre y destrucción de la misma. Cuando se realizan cortes y rellenos para colocar una tubería, ésta debe quedar lo más lejos posible del relleno. Sin embargo en este caso no se hizo así, lo que incrementa la vulnerabilidad del sistema. En la zona se aprecian gran cantidad de deslizamientos y todo el terreno se muestra con una elevada inestabilidad.

El último sector de este tramo se muestra en la foto 23 y tiene, además de los problemas mencionados anteriormente, una pendiente muy fuerte y señales de inestabilidad que pueden apreciarse claramente. Cabe anotar que cualquier rotura que se produzca en la línea provocará mayores destrozos, ya que el agua que escape de la tubería acelerará el proceso de erosión y deslizamiento.

En resumen, todo este tramo es altamente vulnerable, y es casi seguro que tendrá fallos continuos los cuales no podrán ser fácilmente reparados por no contar con un adecuado acceso. Se recomienda, si fuera posible, buscar un nuevo trazado para esta línea.

De lo contrario, se recomienda hacer grandes obras de drenaje pluvial y subterráneo, muros para estabilizar taludes, sustituciones de material y caminos de acceso permanentes. Aún así, deben esperarse fallas en la tubería por lo que deberá contarse con los equipos y materiales necesarios para estar haciendo reparaciones. En caso de que se mantenga este trazado se recomienda instalar además instalar varios inclinómetros que deberán ser periódicamente monitoreados y establecer un programa de inspecciones continuas, sobre todo en la época lluviosa.

CONCLUSIONES

Tanto las líneas en rehabilitación como en construcción tienen una alta vulnerabilidad, especialmente ante deslizamientos, pero eso no implica que no sean factibles. Existen muchas medidas que se pueden tomar para evitar fallas masivas o desastrosas, y tomar esas precauciones es mucho mas barato y seguro que esperar a que la falla ocurra para aplicar un mantenimiento correctivo. Además, éste ultimo caso tiene siempre asociado un alto costo social y en algunas ocasiones implica la pérdida de vidas humanas.

En aquellos lugares donde sea inevitable la ocurrencia de nuevos deslizamientos, se dieron recomendaciones no para evitar la falla, sino para que ésta ocurra de manera controlada, que no sea catastrófica y pueda ser reparada rápidamente. En todos estos sitios es vital la existencia y mantenimiento de un camino que permita el acceso del equipo de reparación y de sistemas de monitoreo que permitan determinar cuándo se va a presentar algún problema. También es muy importante garantizar una adecuada evacuación de las aguas pluviales y subterráneas para evitar o reducir la gravedad de los deslizamientos.

Hay otros casos, como el tanque de Atacames, donde no debe permitirse que la estructura colapse o bien debe ser reubicada. En esos casos se requiere mayores estudios geofísicos para determinar el tipo de obras necesarias para asegurar su estabilidad, así como de la colocación de equipos de monitoreo como piezómetros e inclinómetros para garantizar la estabilidad del talúd. Es importante además contar con un sistema de aviso a las poblaciones que pudieran resultar eventualmente afectadas para reducir el riesgo de pérdida de vidas humanas.

La vulnerabilidad general del sistema podrá ser reducida grandemente siguiendo las recomendaciones ya mencionadas, y la experiencia ha demostrado que este tipo de medidas son siempre mucho más baratas y seguras que las medidas correctivas. "Es mejor prevenir que lamentar" dice un refrán popular, y este es un buen ejemplo de ello.

Ing. Arturo Rodríguez Castillo M.Sc.
Octubre 1998.