

# Gestión integral en obras hidráulicas. Rentabilidad y calidad en la conducción de agua

Ing. Sonia Bueno, Fundación Düker, Tel.: 045/ 614142, s.bueno@t-online.de

## RESUMEN

Común a toda obra y proyecto, la obra en la ingeniería hidráulica tiene como principal objetivo la promoción de una ganancia la cual se expresa en términos cuantitativos (= rentabilidad del proyecto) ([1] GOLDRATT 2003). Una obra se caracteriza también por la precisa definición de su función y calidad. Durante la realización del proyecto se hace estricta la supervisión para el cumplimiento de ambos objetivos. Para ello se aplican métodos e instrumentos de medición previamente acordados entre los participantes que integran el proyecto (comitente, inversionista, proyectista, comprador, productor). ([2] Kowarschick 2006) Por lo tanto la rentabilidad y la calidad son dos conceptos fundamentales para la gestión integral de una obra.

Existe en las obras otro aspecto que hace aún más necesario dedicar especial atención a la rentabilidad y calidad. Bajo ciertas circunstancias en una obra se crea aparentemente la necesidad de perjudicar uno de los dos objetivos en nombre del otro. Esto quiere decir, por ejemplo, reducir la calidad para ahorrar recursos financieros o aumentar los presupuestos para garantizar una calidad determinada. ([3] ERICHSEN 1999)

Este trabajo tiene el propósito de mostrar como una gestión integral de rentabilidad y calidad logra superar las contradicciones mencionadas y ayuda a optimizar el éxito de la obra, bajo el principio de una calidad elevada como base elemental.

Serán discutidos los aspectos económicos y tecnológicos, las condiciones necesarias para este tipo de planteamiento así como las exigencias para los profesionales involucrados en la obra, principalmente el comitente, el inversionista, el proyectista, el comprador y también el productor.

## PALABRAS CLAVES

Gestión integral de proyectos, ingeniería hidráulica, calculo de rentabilidad, función de la obra, calidad de la obra, calidad de los procesos, beneficio, sistema de costos, criterios técnicos para sistemas hidráulicos, durabilidad, protección anti-corrosiva, estabilidad, protección higiénica, protección acústica, impermeabilidad, adaptabilidad, vulnerabilidad, riesgo, impacto medioambiental, cooperación comitente, inversionista, proyectista, comprador y productor

## 1. INTRODUCCIÓN - DEFINICIONES

Antes de referirnos a conceptos tales como calidad, rentabilidad y gestión integral de obras es imprescindible establecer una definición práctica pero suficientemente general de los mismos.

### Gestión integral de proyecto:

*Planificar, organizar, guiar y controlar una obra en cuanto a objetivos formales (Función, calidad, rentabilidad), tiempo y recursos.* ([2] Kowarschick 2006)

### Rentabilidad de la obra:

*Una obra o un proyecto es rentable si promueve alguna ganancia que puede ser expresada en términos cuantitativos.* ([1] GOLDRATT 2003)

Considerando que el beneficio de la obra está definido por su función y calidad, la ganancia puede ser determinada a través de los costos.

La ganancia o el éxito financiero de la obra se mide obligatoriamente a un plazo suficientemente largo para poder incluir todos los efectos directos e indirectos de la realización de la obra. Este período debe incluir al menos un ciclo de sustitución y mantenimiento general y los costos relacionados. En particular deben ser incluidos los siguientes tipos de costos en la calculación de rentabilidad (Tabla 1):

Precio inicial de piezas	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo
Precio inicial de piezas adicionales			
Costos de equipos y materiales para la instalación			
Costos de instalación			
Costos para la protección del medio ambiente			
Costos para la protección humana	Largo plazo		
Costos operacionales			
Costos de mantenimiento			
Costos de sustitución			
Costos ocasionados por roturas			
Costos de derribo			
Costos de reciclaje			

Tabla 1: Tipos de costos para los cálculos de rentabilidad en obras hidráulicas ([4] Güttler 2006)

#### Calidad de la obra:

*La calidad de la obra se define con relación a normas o criterios formulados anterior o posteriormente a la realización. En este sentido las normas nacionales e internacionales de productos, servicios y procesos forman la base imprescindible de la calidad mientras que el cumplimiento de criterios específicos adicionales (con relación a los fines particulares de cada obra) garantiza una calidad satisfactoria.* ([5] Zielowski 2001)

Para entender mejor por que la calidad juega un papel central en la gestión integral de una obra observamos el uso de este concepto en otra disciplina. La ingeniería eléctrica por ejemplo usa de igual forma los términos de calidad, mérito y ganancia para describir el aumento de tensión a través del fenómeno de la resonancia.

Si entendemos calidad de esta manera, ella deja de ser algo como un lujo costoso que uno se da después de haber cumplido con lo necesario, pero contribuye directamente a lo que acabamos de definir: la rentabilidad.

## **2. CALIDAD DE PROCESOS Y RENTABILIDAD EN LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA OBRA**

Para hablar de la calidad de los procesos hay que referirse a las normas ISO 900x y su función. A través de ese sistema de normas se ha establecido un método formal y reiterado para realizar un nivel básico necesario de calidad en los procesos. Más importante aún es su efecto sobre la conciencia de las personas. Calidad es un esfuerzo de todos los que contribuyen a una obra, debe seguir pasos estandarizados y solamente se logra de una manera integral donde no haya negligencias y utilizando toda la información disponible.

No es la certificación que hace la calidad pero la conciencia que se entrena en el proceso de la certificación y que posteriormente será aplicada en todos los pasos que incluye una obra.

¿Cuales son los efectos que tiene la calidad de los procesos de planificación y ejecución sobre la rentabilidad de un proyecto?. Aparentemente el cumplimiento de una norma así como la definición de criterios específicos de calidad son esfuerzos que consumen tiempo y recursos y así producen costos adicionales. También es cierto que cada proyecto sufre cambios inesperados, desafíos no previstos e incluye la necesidad de encontrar soluciones prácticas en el sitio de realización. Cada vez que uno se basa en justificaciones de este tipo para sacrifica los pasos formales que conducen a la calidad, las consecuencias son casi idénticas: Perdida de tiempo, malgasto de recursos, soluciones no persistentes y un notable aumento de costos.

Uno de los efectos más directos de definir cuidadosamente los criterios de calidad para una obra y mantenerlos actualizados durante todo el proyecto es el control sobre los costos a corto medio y largo plazo. Donde se aplica un sistema de calidad se hace obvio que la calculación responsable de costos se expide sobre la fecha de entrega y concluye no antes de que se finalice el ciclo de vida de la misma.

Pero también a corto plazo: La probabilidad de realizar la obra con los recursos y en el período planificado es notablemente (alrededor de 10 a 20 veces) mayor si criterios de calidad han sido establecidos de manera obligatoria. ([6] DÜKER 2006)

Aplicar un sistema de calidad trae consigo efectos positivos como la cooperación estrecha entre el comitente, proyectista, inversionista, el ejecutor y también los proveedores/ productores. El efecto de esa cooperación sobre la rentabilidad de la obra es notable. En casos específicos se ha registrado una reducción de costos a corto plazo por un factor encima de 20 y con un provecho a largo plazo aún por encima de lo originalmente planificado. ([6] DÜKER 2006)

### **3. CALIDAD DE PRODUCTOS Y RENTABILIDAD EN LA SELECCIÓN DE MATERIALES Y SISTEMAS PARA LA CONDUCCIÓN DE AGUA**

La selección de materiales y sistemas tiene un impacto directo a la calidad de una obra, su rentabilidad y el éxito financiero de la inversión (sea inicial, de sustitución o de mantenimiento).

Acordamos también que la calidad se debe medir a través de un catálogo de criterios que en caso de la conducción de agua será el siguiente ([4] Güttler 2006):

	<b>Criterio</b>
1.	Durabilidad y protección anti-corrosiva
2.	Estabilidad (Resistencia a fuerzas físicas)
3.	Protección higiénica, acústica e impermeabilidad
4.	Adaptabilidad en el sitio de instalación
5.	Vulnerabilidad y valoración de riesgo
6.	Impacto medioambiental

Tabla 2: Criterios para la selección de materiales y sistemas en obras hidráulicas

#### **3.1 LOS CRITERIOS TÉCNICOS PARA LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y SU APLICACIÓN**

Para garantizar el uso eficiente de los criterios técnicos deben ser observadas las siguientes reglas y comentarios:

##### **Generales**

Cada sistema de transportación de agua es un conjunto de piezas y componentes con sus características individuales (tubos, uniones, accesorios, etc.) Por eso los criterios técnicos deben ser aplicados de igual forma no solamente a los materiales y componentes separados pero siempre al sistema completo, y considerando el modo de aplicación del mismo.

##### **Durabilidad y protección anti-corrosiva**

Se puede asumir que hoy existen materiales y sistemas adecuados para el ciclo completo de la transportación de aguas potables y residuales bajo cualquier condición climática y de aplicación. Para los materiales de alta penetración en el mercado existen ya experiencias suficientes ( $\geq 30$  años) para poder pronosticar la durabilidad de cada sistema.

La durabilidad de los sistemas bajo las condiciones reales en el campo de instalación tiene un impacto directo al ciclo de mantenimiento y sustitución. En el caso en que la situación de las redes hidráulicas se caractericen por un nivel de deterioro donde el ciclo de mantenimiento y sustitución mínimo necesario para solamente mantener el estado vigente de las redes, no puede ser garantizado con los recursos disponibles, por lo que es razonable que la selección de materiales y sistemas deba ser orientada obligatoriamente hacia sistemas de mayor durabilidad, en especial bajo la influencia severa de climas cálidos.

Cada sitio de instalación tiene condiciones específicas referente a la corrosividad de los suelos (clases I, II y III) y los medios transportados (valor ph, salinidad, etc.) Por eso deben ser preferidos los sistemas, cuya protección anti-corrosiva permita ser adaptada a las diferentes condiciones.

Para facilitar la determinación si un sistema está adecuado para las condiciones específicas de una instalación, se debe referir antes de todo, a los resultados de las pruebas estandarizadas por las organizaciones normativas y de certificación de productos internacionales. Pruebas adicionales deben ser aplicadas en casos específicos teniendo en consideración la disponibilidad de los recursos adecuados.

## **Estabilidad (Resistencia a fuerzas físicas)**

Referente a la estabilidad, deben considerarse importantes los siguientes factores de resistencia a las fuerzas físicas:

Factor real de seguridad

Por causa de las normas productivas internacionales y el conocido deterioro de los materiales (paso del tiempo, influencias climáticas) el factor inherente de seguridad de los diferentes materiales puede ser bajo condiciones reales mucho menor que el teóricamente definido.

Resistencia a la tracción

Presión interna admisible

Resistencia a subidas de presión

Resistencia a subidas de temperatura (Deformación, debilitación de la estructura)

Resistencia a la tensión de impacto

Carga de rotura por aplastamiento

Resistencia a fuerzas alternadas

Temperatura de diseño

Para condiciones climáticas tropicales debe ser observado cuidadosamente el impacto que tiene la diferencia entre la temperatura operacional y la diseñada en cada material. Una diferencia de 20°C puede disminuir la resistencia física a la mitad y la química a un tercio en comparación con los valores diseñados.

Deterioro y reducción de resistencia por envejecimiento

## **Protección higiénica e impermeabilidad**

El flujo de sustancias líquidas y gaseosas a través de un material sólido se define como difusión, o sea, la transportación de átomos, moléculas u iones libres como consecuencia de la diferencia de concentración.

La difusión ocurre mayormente a través de dos vías:

- a) Orificios libres dentro de la estructura molecular formados bajo la influencia térmica. (difusión activada)
- b) Capilares submicroscópicos

([7] AFFOLTER 2006, [8] KREBS 1999)

Ambos tipos de difusión dependen de:

- la temperatura ambiental (la velocidad de la difusión aumenta con la temperatura) ([8] KREBS 1999)
- de la relación de tamaño entre los espacios intermoleculares del material de la conductora y las moléculas de la sustancia difundida (mientras mas pequeña la molécula mas rápido traspasa el material) ([9] MEVIUS 1994), así como
- de la diferencia de presión parcial entre los medios dentro y fuera de la tubería (la velocidad de difusión aumenta con la diferencia de la presión parcial). ([7] AFFOLTER 2006)

Los materiales afectados por el fenómeno de difusión son ([10] AWWA 2002):

- Todos los materiales termoplásticos (PVC, PE, PB y otros)
- Materiales porosos como hormigón y cemento

Entre las sustancias que difunden de esta manera al agua potable y de los residuales a los suelos se encuentran: Metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y sintéticos, solventes, asbesto, alcoholes y nitratos que traen efectos cancerígenos, teratogénicos y mutagénicos, irritación de los

ojos, la piel y mucosas, afectan el sistema gastrointestinal y respiratorio así como las células nerviosas y la sangre. ([11] BUENO)

Como consecuencia en Europa y Norteamérica se ha prohibido el uso de materiales no 100% seguros contra dichos efectos en suelos contaminados con sustancias tóxicas (sobre todo en zonas industriales y agrícolas) así como para la transportación de medios dañinos para la salud ([12] VROM 2000). En EE.UU. y Canadá tras numerosos casos de intoxicación anotados se han iniciado programas nacionales de sustitución de tuberías afectadas por sistemas impermeables (Ref.: Agencia para la protección del Medioambiente ([13] GREENPEACE 2001, [14] Toronto 1996). Para los suelos y medios contaminados así como en casos donde el nivel de contaminación de los mismos no puede ser determinado con seguridad, se debe usar sistemas 100% seguros contra la difusión como por ejemplo sistemas metálicos con recubrimientos adecuados ([11] BUENO).

Criterios específicos para la protección higiénica son:

Protección pasiva de los sistemas contra incrustaciones y adhesiones bacteriales

Grado de afectación del material por efectos climáticos, químicos y el envejecimiento

Posible penetración de microorganismos ([7] Affolter 2006)

Facilidades de limpieza y mantenimiento.

El coeficiente "C" del flujo (Coeficiente Hazen-Williams) ha sido anteriormente considerado de mucha importancia para los aspectos higiénicos. No obstante los sistemas actuales ya muestran mayormente un "C" bastante parecido entre 155 (Hierro fundido centrifugado y recubierto) y 135 (acero laminado) por lo que este criterio ya no es tan decisivo como en el pasado. (Valores según informaciones de los productores)

### **Adaptabilidad en el sitio de instalación**

La adaptabilidad de los sistemas para la instalación tiene un importante impacto al ciclo de mantenimiento (vea también el criterio de durabilidad), los costos de instalación y sustitución (que pueden ser varias veces mayores a los costos iniciales de los sistemas) y a la calidad de la obra (manejo fácil, seguro y estandarizado).

Criterios específicos para la adaptabilidad son:

Manejo fácil y estandarizado de las uniones (unión rápida (push-on join))

Preparación necesaria en sitio de colocación

Recursos necesarios para la instalación (piezas, materiales, equipos)

Corte de tubería

Facilidad para la instalación horizontal (sin movimiento de tierra)

Perforación directa bajo presión

### **Vulnerabilidad y valoración de riesgo**

La vulnerabilidad como factor de riesgo interno del sistema expuesto a una amenaza de origen natural, tecnológico o humano debe ser considerado cada vez mas en obras constructivas con el objetivo de evitar o minimizar los daños para personas, bienes, servicios y el medioambiente causados.

Referente a los materiales y sistemas para la transportación de agua se deben considerar sobre todo los siguientes factores y probabilidades de ocurrencia:

Resistencia del sistema en caso de catástrofes naturales

Características del sistema en caso de incendio

Resistencia del sistema bajo amenazas humanas (excavaciones, paso de equipos pesados, sabotaje, etc.)

Fallos tecnológicos

Fallos por manejo inadecuado

Fallos por influencias climáticas y desgaste

Consecuencias económicas, sociales y medioambientales que resulten de fallos del sistema

Consecuencias económicas y sociales que resulten de la indisponibilidad de servicios

### **Impacto medioambiental**

El impacto medioambiental de sistemas para la transportación de agua se determina mayormente por los siguientes criterios específicos:

Grado del uso de materiales reciclados y reciclables

Gasto de energía y recursos no renovables para la producción, instalación, operación mantenimiento, sustitución, derribo y reciclaje

Probabilidad y grado de contaminación de personas, bienes y del medioambiente durante los procesos de producción, instalación, operación, mantenimiento, sustitución, derribo y reciclaje

### **3.2 RENTABILIDAD Y CALIDAD EN SISTEMAS DE DESAGÜE (EDIFICACIONES Y TERRENOS)**

En la siguiente tabla (Tabla 3) comparemos dos tipos de sistemas que según el catálogo de criterios tengan calidades distintas con el objetivo de aproximar los costos relacionados a la realización de una obra típica usando cada uno de los dos sistemas. Los costos distinguimos como anteriormente mencionado en la tabla 1.

<b>Criterio</b>	<b>Sistema A</b>	<b>Sistema B</b>
Durabilidad y protección anti-corrosiva	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vida útil de +200 años</li><li>- Apto para suelos corrosivos de clase III, alta salinidad</li><li>- Protegido contra auto-desgaste (auto-oxidación etc.)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vida útil de 2 a 7 años</li><li>- Apto para suelos no corrosivos de clase I</li><li>- Afectado por procesos de auto-oxidación y procesos biogénicos</li><li>- Afectado por condiciones climáticas</li></ul>
Estabilidad (Resistencia a fuerzas físicas)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Resistencia física alrededor de 10x mayor</li><li>- Resistencia no comprometida por influencias climáticas o envejecimiento</li><li>- Resistencia probada y garantizada en casos de incendio hasta 180 min.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Resistencia física alrededor de 10x menor</li><li>- Resistencia altamente comprometida por influencias climáticas o envejecimiento</li><li>- Inflamable y combustible</li></ul>
Protección higiénica, acústica e impermeabilidad	<ul style="list-style-type: none"><li>- Protección activa y pasiva contra incrustaciones y adhesión bacterial</li><li>- Impermeable</li><li>- Certificado QHD (Qualified Hygienic Design)</li><li>- Protección acústica sin medidas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tendencia media de formar incrustaciones y adhesión bacterial</li><li>- Permeable (permite la difusión activada y por capilares)</li><li>- Empeoramiento de las propiedades higiénicas por</li></ul>

	adicionales - Avanzada tecnología de recubrimientos especiales	envejecimiento e influencias climáticas - Emite toxinas durante su vida útil y gases tóxicos en caso de incendio
Adaptabilidad en el sitio de instalación	- Uniones de manejo rápido y estandarizado (push-in) - Fácilmente adaptable a diferentes medios, suelos, ambientes y cargas - Posible ángulo de deflexión de 3 a 5° - Permite colocación en hormigón - Requiere un número mínimo de puntos de fijación - Apoya la estabilidad de la edificación	- Unión no estandarizada - Deflexión produce fuerzas estresantes dentro del material - No-adaptabilidad a diferentes medios, suelos, ambientes y cargas - Necesita ser anclado para instalación subterránea y requiere un número mayor de puntos de fijación
Vulnerabilidad y valoración de riesgo	- Incombustible - Garantiza la estabilidad del sistema, la integridad del edificio y el aislamiento térmico en caso de incendio - Bajo riesgo de provocar salideros - Baja vulnerabilidad en caso de amenazas naturales, tecnológicas o humanas debido a mayor resistencia física - Propiedades del sistema no comprometidas por influencias climáticas y envejecimiento - Bajo coeficiente de expansión termal	- Combustible e inflamable - Compromete la estabilidad del sistema, la integridad del edificio y el aislamiento térmico en caso de incendio - Notable riesgo de provocar salideros - Alta vulnerabilidad en caso de amenazas naturales, tecnológicas o humanas debido a menor resistencia física - Propiedades del sistema altamente comprometidas por influencias climáticas y envejecimiento - Alto coeficiente de expansión termal
Impacto medioambiental	- Materiales 100% reciclables - Alto porcentaje de consumo de energía renovable - Materiales no tóxicos o dañinos para el ser humano y el medio ambiente - Baja probabilidad de contaminación de personas, bienes y del medioambiente durante los procesos de producción, instalación, operación, mantenimiento, sustitución, derribo y reciclaje - Bajos costos de derribo	- Materiales mayormente no reciclables - Alto grado de consumo de energía no-renovable - Alto contenido de materiales tóxicos y dañinos para el ser humano y el medio ambiente - Notable probabilidad de contaminación de personas, bienes y del medioambiente durante los procesos de producción, instalación, operación, mantenimiento, sustitución, derribo y reciclaje - Altos costos de derribo

Tabla 3: Comparación de sistemas para el desagüe

Calculemos ahora los costos para un período de explotación de la obra de 20 años (Tabla 4). De esta manera el resultado con cierta probabilidad caiga todavía dentro de la vida profesional de los ejecutores de la obra. Después de este período también se puede contar con alguna remodelación de la edificación.

Para este fin supongamos que existe un momento en la vida útil de una obra, cuando los costos utilizando uno de los sistemas o el otro serán aproximadamente iguales y definimos el nivel de costos en ese instante como 100%. Este rudimento nos permite relacionar los costos que ocurren en las diferentes fases de la vida útil de una obra y compararlos entre los casos de la instalación de los sistemas A o B definidos en la Tabla 3.

Tipo de costos	Sistema A	%	Sistema B	%
Precio inicial de piezas		45%		15%
Precio inicial de piezas adicionales	Soportes, equipos ligeros para el movimiento de tierra o instalación horizontal	10%	Soportes, aislamiento térmico, aislamiento acústico, protección contra altas fuerzas físicas, equipos ligeros para el movimiento de tierra	25%
Costos de equipos y materiales para la instalación	Disco abrasivo o sierra para corte de tubos	15%	Disco abrasivo o sierra para corte de tubos, pegamento	20%
Costos de instalación	Instalación estandarizada	30%	Instalación no estandarizada, preparación del sitio de colocación	40%
<b>Σ obra hidráulica</b>		<b>100%</b>		<b>100%</b>
Costos para la protección del medio ambiente	Solamente en casos excepcionales	5%	Protección del edificio contra difusión y roturas	150%
Costos para la protección humana	Solamente en casos excepcionales	5%	Protección contra incendios, reducción de vulnerabilidad	300%
<b>Σ corto plazo</b>		<b>110%</b>		<b>550%</b>
Costos operacionales	Limpieza, eliminación de tupiciones	10%	Limpieza, eliminación de tupiciones	30%
Costos de mantenimiento	Mínima probabilidad de fallos	10%	Reparaciones	150%
Costos de sustitución	Mínima probabilidad de fallos, Desmontaje y montaje estandarizados	10%	Desmontaje y montaje no estandarizados, mayor probabilidad de fallos	150%
Costos ocasionados por roturas	Mínima probabilidad de fallos	10%	Daños colaterales, costos por indisponibilidad de los servicios	300%
<b>Σ medio plazo</b>		<b>150%</b>		<b>1180%</b>
Costos operacionales	Vea arriba	20%	Vea arriba	60%
Costos de mantenimiento	Vea arriba	20%	Vea arriba	300%
Costos de sustitución	Vea arriba	20%	Vea arriba	300%
Costos ocasionados por roturas	Vea arriba	20%	Vea arriba	600%
Costos de derribo	Desmontaje estandarizado	15%	Desmontaje no estandarizado	40%
Costos de reciclaje	100% reciclable, posibilidades de reutilización directa	15%	Contiene materiales tóxicos y dañinos para el ser humano y el medio ambiente, alto contenido de materiales no reciclables que necesiten depositados en vertederos especiales	300%
<b>Σ largo plazo</b>		<b>260%</b>		<b>2780%</b>

Tabla 4: Costos de sistemas para el desagüe a corto medio y largo plazo con relación a los costos de la obra hidráulica

### 3.3 RENTABILIDAD Y CALIDAD EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y DE SUMINISTROS DE AGUA CRUDO Y POTABLE:

En la siguiente tabla (Tabla 5) comparemos dos tipos de sistemas que según el catálogo de criterios tengan calidades diferentes con el objetivo de aproximar los costos relacionados a la realización de una obra típica, usando cada uno de los dos sistemas. Se aplica el sistema de costos según la tabla 1.

<b>Criterio</b>	<b>Sistema A</b>	<b>Sistema B</b>
Durabilidad y protección anti-corrosiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vida útil de +200 años</li> <li>- Apto para suelos corrosivos de clase III, alta salinidad</li> <li>- Protegido contra auto-desgaste (auto-oxidación etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vida útil de 5 a 7 años</li> <li>- Apto para suelos no corrosivos de clase I</li> <li>- Afectado por procesos de auto-oxidación y procesos biogénicos</li> <li>- Afectado por condiciones climáticas</li> </ul>
Estabilidad (Resistencia a fuerzas físicas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia física alrededor de 20x mayor</li> <li>- Resistencia no comprometida por influencias climáticas o envejecimiento</li> <li>- Superficies interiores extremadamente lisas y optimizadas para la dinámica de los flujos</li> <li>- Coeficiente Hazen-Williams bajo condiciones reales de 155</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia física alrededor de 20x menor</li> <li>- Resistencia altamente comprometida por influencias climáticas o envejecimiento</li> <li>- Superficies interiores moderadamente lisas</li> <li>- Coeficiente Hazen-Williams bajo condiciones reales de 140</li> <li>- Empeoramiento de las superficies por envejecimiento y influencias climáticas</li> </ul>
Protección higiénica, acústica e impermeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección activa y pasiva contra incrustaciones y adhesión bacterial</li> <li>- Impermeable</li> <li>- Certificado QHD (Qualified Hygienic Design)</li> <li>- Avanzada tecnología de recubrimientos especiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia media de formar incrustaciones y adhesión bacterial</li> <li>- Permeable (permite la difusión activada y por capilares)</li> <li>- Empeoramiento de las propiedades higiénicas por envejecimiento y influencias climáticas</li> <li>- Emite toxinas durante su vida útil</li> </ul>
Adaptabilidad en el sitio de instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uniones de manejo rápido y estandarizado (push-in)</li> <li>- Fácilmente adaptable a diferentes medios, suelos, ambientes y cargas</li> <li>- Posible ángulo de deflexión de 3 a 5°</li> <li>- Requiere un número mínimo de puntos de fijación</li> <li>- Necesita poca o ninguna preparación del sitio de instalación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión no estandarizada</li> <li>- Deflexión produce fuerzas estresantes dentro del material</li> <li>- No-adaptabilidad a diferentes medios, suelos, ambientes y cargas</li> <li>- Necesita siempre ser anclado y requiere un número mayor de puntos de fijación</li> <li>- Requiere la cuidadosa preparación del sitio de instalación (libre de objetos duros, solidificado, impermeabilizado)</li> </ul>
Vulnerabilidad y valoración de riesgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Factor de seguridad bajo condiciones reales de 2,5 a 2,8</li> <li>- Bajo riesgo de producir roturas</li> <li>- Baja vulnerabilidad en caso de amenazas naturales, tecnológicas o humanas así como durante transportación e instalación debido a mayor resistencia física</li> <li>- Propiedades del sistema no comprometidas por influencias climáticas y envejecimiento</li> <li>- Bajo coeficiente de expansión termal</li> <li>- Diminuto riesgo de provocar contaminaciones del medio o de los suelos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Factor de seguridad bajo condiciones reales de 1,2 a 1,33</li> <li>- Notable riesgo de producir roturas</li> <li>- Alta vulnerabilidad en caso de amenazas naturales, tecnológicas o humanas así como durante transportación e instalación debido a menor resistencia física</li> <li>- Propiedades del sistema altamente comprometidas por influencias climáticas y envejecimiento</li> <li>- Alto coeficiente de expansión termal</li> <li>- Alta probabilidad de causar contaminaciones del medio o de los suelos (difusión, roturas, desgaste de materiales)</li> </ul>

Impacto medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales 100% reciclables</li> <li>- Alto porcentaje de consumo de energía renovable</li> <li>- Materiales no tóxicos o dañinos para el ser humano y el medio ambiente</li> <li>- Baja probabilidad de contaminación de personas, bienes y del medioambiente durante los procesos de producción, instalación, operación, mantenimiento, sustitución, derribo y reciclaje</li> <li>- Bajos costos de derribo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales solo parcialmente reciclables y con notable pérdida de sus características</li> <li>- Alto grado de consumo de energía no-renovable</li> <li>- Contenido de materiales tóxicos y dañinos para el ser humano y el medio ambiente</li> <li>- Notable probabilidad de contaminación de personas, bienes y del medioambiente durante los procesos de producción, instalación, operación, mantenimiento, sustitución, derribo y reciclaje</li> <li>- Altos costos de derribo</li> </ul>
------------------------	---	--

Tabla 5: Comparación de sistemas para el suministro de agua y alcantarillado

Calculemos ahora los costos para un período de explotación de la obra de 40 años que representa aproximadamente la vida profesional de una generación (Tabla 6).

Tipo de costos	Sistema A	%	Sistema B	%
Precio inicial de piezas		30%		10%
Precio inicial de piezas adicionales	Soportes	5%	Soportes, anclas, protección contra altas fuerzas físicas	15%
Costos de equipos y materiales para la instalación	Equipos para corte y manejo de las piezas, equipos para el movimiento de tierra o instalación horizontal	25%	Equipos para corte y manejo de las piezas, materiales para solidificación e impermeabilización de los suelos, equipos para el movimiento de tierra, equipos y materiales para la preparación del sitio de colocación	25%
Costos de instalación	Instalación estandarizada, preparación mínima del sitio de colocación	40%	Instalación no estandarizada, amplia preparación del sitio de colocación	50%
<b>Σ obra hidráulica</b>		<b>100%</b>		<b>100%</b>
Costos para la protección del medio ambiente	Solamente en casos excepcionales	5%	Protección del medio ambiente contra contaminación (difusión, fallos) y daños causados por el agua en caso de roturas	250%
Costos para la protección humana	Solamente en casos excepcionales	5%	Reducción de vulnerabilidad de la obra y medidas de precaución en casos de fallos y roturas, sistemas de retén	400%
<b>Σ corto plazo</b>		<b>110%</b>		<b>750%</b>
Costos operacionales	Costos de bombeo, limpieza, eliminación de tupiciones	20%	Costos de bombeo, limpieza, eliminación de tupiciones	80%
Costos de mantenimiento	Mínima probabilidad de fallos	10%	Reparaciones en las líneas, los sistemas adicionales y los sitios	300%
Costos de sustitución	Mínima probabilidad de fallos, Desmontaje y	10%	Desmontaje y montaje no estandarizados, mayor	300%

	montaje estandarizados		probabilidad de fallos, sustitución de sistemas adicionales, reconstrucciones en el sitio	
Costos ocasionados por roturas	Mínima probabilidad de fallos	10%	Daños colaterales, costos por indisponibilidad de los servicios	500%
<b>Σ medio plazo</b>		<b>160%</b>		<b>1930%</b>
Costos operacionales	Vea arriba	60%	Vea arriba	240%
Costos de mantenimiento	Vea arriba	30%	Vea arriba	900%
Costos de sustitución	Vea arriba	30%	Vea arriba	900%
Costos ocasionados por roturas	Vea arriba	30%	Vea arriba	1500%
Costos de derribo	Desmontaje estandarizado	15%	Desmontaje no estandarizado	40%
Costos de reciclaje	100% reciclable, posibilidades de reutilización directa	15%	Contiene materiales tóxicos y dañinos para el ser humano y el medio ambiente, contenido de materiales no reciclables que necesitan depositados en vertederos especiales	250%
<b>Σ largo plazo</b>		<b>340%</b>		<b>5760%</b>

Tabla 6: Costos de sistemas para el suministro y el alcantarillado a corto medio y largo plazo con relación a los costos de la obra hidráulica

#### 4. CONCLUSIONES

Este trabajo se ha desarrollado sobre la base de obras típicas para las redes de la conducción de agua con el enfoque en los aspectos de rentabilidad y calidad dentro de la gestión integral del proyecto.

Rentabilidad y calidad son dos objetivos centrales en cada obra, que necesitan ser definidos y supervisados cuidadosamente, así que se puede hablar de la necesidad de una gestión integral de rentabilidad y calidad para garantizar el éxito financiero del proyecto.

Los ejemplos expuestos también muestran, que la función económica principal de una obra consiste en la promoción de una ganancia y no en el puro ahorro de recursos.

La precisa definición de criterios de calidad y rentabilidad deja desaparecer por completo la aparente contradicción entre ambos objetivos. La calidad lleva directamente hacia la rentabilidad (ganancia promovida por el proyecto). Una elevada calidad en los procesos y sistemas aplicadas reduce los riesgos, beneficia la sostenibilidad y ayuda optimizar el éxito financiero de la obra.

Para poder determinar los costos y recursos de una obra y poder comparar distintas variantes para su realización hay que referirse obligatoriamente al plazo corto, medio y largo; quiere decir incluyendo los efectos directos e indirectos de la obra desde su inicio hasta el final lógico de su vida útil. Aunque el proyecto concluye con la entrega de la obra, la calculación de su rentabilidad debe alcanzar ese punto en el futuro para evitar decisiones a corto plazo que llegan a ser una carga económica mucho mayor en los próximos períodos.

El método propuesto no solamente incluye la sabiduría de la vieja frase "lo barato sale caro" si no que también guía hacia una gestión integral completa de los recursos de una sociedad. Elementos claves son la precisa definición de calidad y rentabilidad dentro de la obra y una gestión verdaderamente integral que une los esfuerzos del comitente, inversionista, proyectista, comprador y productor en una cooperación estrecha con el fin de optimizar la ganancia que saca la sociedad de cada obra.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

[7] Affolter, Prof. Dr. Samuel, Langzeitverhalten von Thermoplasten, Interstaatliche Hochschule für Technik NTB, Buchs, Suiza, 2006

[10] AWWA (American Water Works Association) y Economic and Engineering Services, Inc., Permeation and leaching, Estados Unidos, 2002

- [11] BUENO, Sonia, Difusión en materiales termoplásticos para la conducción de agua, en Materiales y tecnologías para la remediación del agua, Universidad de La Habana, Cuba, 2006
- [6] DÜKER, Leitfaden Projektmanagement und Qualitätssicherung, Eisenwerke Fried. Wilh. Düker, Alemania, 2006
- [3] ERICHSEN, Samberg, Felten, Basiswissen Projektmanagement, FH Kiel 2006, Alemania, 1999
- [1] GOLDRATT, E.M. Das Ziel. Teil II., Campus Verlag, Frankfurt, New York, Alemania, Estados Unidos, 2003
- [13] GREENPEACE, PVC-Free Future: A Review of Restrictions and PVC free Policies Worldwide, 8<sup>th</sup> Edition, Amsterdam, Países Bajos, 2001
- [4] GÜTTLER, Markus, Criterios de selección de materiales para la conducción de agua, en Materiales y tecnologías para la remediación del agua, Universidad de La Habana, Cuba, 2006
- [8] KREBS, C., Avondet, M.A., K.W. Leu, Langzeitverhalten von Thermoplasten – Alterungsverhalten und Chemikalienbeständigkeit, Hanser-Verlag München, Alemania, 1999
- [2] KOWARSCHICK, Wolfgang, Projektmanagement, Fachhochschule Augsburg, Alemania, 2006
- [9] MEVIUS, Walter, von Oepen, Birgit, Steinbrecht Harald, Permeabilität von Polyethylenrohren gegenüber Umweltchemikalien, Hamburger Wasserwerke, Fachliche Berichte 1/94, Alemania
- [14] TORONTO, Boletín Oficial, Toronto City Council, Canadá, Abril 1996
- [12] VROM, Boletín Oficial, Ministerio de Urbanismo y Medio Ambiente de los Países Bajos, 2000
- [5] ZIELOWSKI, Christian, Qualitätskonzept: Six Sigma, Montanuniversität Leoben, Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften, Alemania 2001