

REVISTA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE

INGENIERIA

Año 4 N° 16 Volumen 4

Diciembre de 1994

PERMISO DE TARIFA POSTAL REDUCIDA N° 1419 DE APOSTAL

LOS 100 PRIMEROS DIAS DE GOBIERNO



Ingeniero y ambiente

Ing. Jairo A. Romero Rojas

Los principios ambientales de la Ley 99 de 1993, la necesidad del desarrollo de nuestros recursos naturales, la importancia de mejorar las condiciones ambientales y lo inaplazable de disminuir y eliminar los efectos perjudiciales de la tecnología, son propósitos y política que todo ingeniero debe aceptar y luchar para lograr su realización.

El ingeniero debe, en su competencia técnico-recursos naturales, considerar el impacto de su trabajo. El desafío para los educadores es muy claro, debemos dar al estudiante una enseñanza científica básica, adecuada para enfrentar teóricamente los problemas técnicos propios de su profesión; debemos desarrollar su capacidad para aplicar "pensando" los conocimientos adquiridos; debemos estimular su sensibilidad por las necesidades humanas y sobre todo debemos promover el desarrollo de su habilidad para vislumbrar y ver más allá de la conquista técnica y comprender el papel de la tecnología en la actividad humana. El ingeniero que debemos formar debe ser un verdadero profesional, es decir, un profesional especialista con la capacidad y habilidad necesarias para entender a la sociedad como su "socia" activa y determinar por lo tanto si su producto, diseño o realización tiene desventajas sociales, económicas o ecológicas que excedan los beneficios buscados. El ingeniero debe reconocer los efectos que sus proyectos generan sobre el ambiente; está obligado a incrementar su conocimiento y competencia incorporando las consideraciones ecológicas en sus diseños y a demostrar que la relación costo/beneficio sustenta la factibilidad de los mismos.

El ingeniero está obligado a informar a su cliente sobre las consecuencias ambientales de los servicios solicitados y del diseño seleccionado. Debe estar preparado para demostrarle que un costo aparente bajo que cubra los aspectos estrictamente técnicos de un proyecto, no es siempre el mejor costo cuando se evalúan los efectos indeseables sobre el ambiente.

El ingeniero recién egresado aprende por experiencia que sus proyectos tienen implicaciones sociales, estéticas y culturales, las cuales rebasan los factores físicos y económicos considerados en el diseño. Así mismo, encuentra con sorpresa que el planeamiento, concepción y ejecución de un proyecto público supone la colaboración estrecha con profesionales de disciplinas muy diferentes a la ingeniería. Finalmente descubre que en los medios gubernamental y político las decisiones más importantes, tales como resolver si se hace o no una obra, las toman individuos no ingenieros. Dentro de este amplio ejercicio interprofesional es evidente que debe desarrollar toda su capacidad para solucionar problemas; en ocasiones con muy poca ayuda de su preparación académica convencional y, en otras, con excesiva redundancia de recursos. En ambos casos el éxito radica en satisfacer las necesidades que su ejercicio profesional le enfrente, con el criterio de servir al logro de un mejor bienestar humano

Los cien primeros días del gobierno

Dr. Eduardo Sarmiento Palacio

Ingeniero civil, Universidad Nacional; PhD en Economía, Universidad de Minnesota; ha sido decano de Economía, Universidad de Los Andes; asesor Junta Monetaria; subjefe Planeación Nacional; en la actualidad columnista del diario *El Espectador*; autor de siete libros y más de 200 ensayos y artículos; director del Centro de Estudios Económicos, Escuela Colombiana de Ingeniería.

La política económica de la administración anterior se adoptó en un momento en que el modelo neoliberal había llegado a su cúspide y el gobierno disponía de un gran poder político. Así, las reformas económicas surgieron prácticamente de la aplicación de los principios de libre mercado que aparecen en los libros de texto. Sus autores nunca se preocuparon por establecer la relación entre las determinaciones y los efectos. En cierta forma se daba por hecho que la competencia y el mercado conducían al estado más conveniente. La falta de correspondencia entre la realidad y los supuestos dio lugar a resultados opuestos a los anunciados. En la práctica estamos ante una política que afecta negativamente la inserción internacional y la modernidad.

Las condiciones de la administración Samper son distintas. En la actualidad se ha acumulado una amplia evidencia sobre las limitaciones del modelo neoliberal. En general se observa que sus prescripciones no han logrado sacar a América Latina de las tasas de crecimiento de 3% y han generado serias secuelas sobre la distribución del ingreso. Por lo demás, en el caso colombiano dicho modelo se ha manifestado en fallas protuberantes que han generado grandes intereses para remediarlas. Así, la apertura sumió al sector agrícola en

una severa crisis que obligó a la misma administración que la instauró y la defendió a todo trance a iniciar un franco proceso de desmonte. En las encuestas la apertura aparece como la principal fuente de perturbación para la industria y ya se anuncia todo tipo de concordatos. La revaluación se ha manifestado en un déficit comercial creciente y ha generado expectativas que pretenden acentuarla y amenazan con un grave colapso. La especulación financiera y la proliferación de consumos ocasionaron una caída del ahorro doméstico de 21% al 15% del PIB. Por otra parte, los compromisos del gobierno en materia de empleo y ampliación del gasto social no resultan del mercado. Por el contrario, ambos objetivos resultan incompatibles con la ley del Banco de la República y con la evolución de la apertura.

Infelizmente la administración actual no ha hecho explícitas las diferencias de diagnóstico. Por eso, la nueva política no se formula como una alternativa del modelo anterior sino como

una serie de ajustes puntuales para rectificar deficiencias concretas. Así, la restauración de la protección en la agricultura surge como una forma de sacar al sector del estancamiento; la revaluación para evitar un colapso cambiario; el pacto social para mejorar la efectividad del control de la inflación, y el salto social como una forma de compensar los efectos inequitativos del modelo neoliberal.

No siempre se advierte, sin embargo, que estas políticas en conjunto implican un modelo económico casi antagónico del de la administración anterior; mu-



chas de las dificultades que se observan en los primeros cien días se originan en el esfuerzo de implantarlas en forma aislada.

FRENO A LA REVALUACIÓN

Uno de los compromisos más concretos de la campaña de Samper se planteó en torno a parar la revaluación; las primeras medidas estuvieron motivadas por este propósito. Sin embargo, la petición del gobierno de actuar en esa dirección tuvo

como respuesta una serie de decisiones del Banco de la República que habían fracasado en el pasado. En efecto, se limitaron los

ingresos de capitales a préstamos con plazos menores de cinco años y se estableció un complejo de depósitos para los importadores que no giraran en plazos menores de cuatro meses. La medida corrió con la misma suerte anterior, cuando el plazo se había fijado en un año y medio y tres años: los importadores procedieron a registrar los préstamos a un plazo mayor y a efectuar los pagos por medio del mercado libre de divisas o por el mercado paralelo. De esta forma, un mes después de adoptada la medida se observó que los ingresos de recursos de capital eran mayores que en el pasado.

Tal vez lo más sorprendente es que se procedió a elevar la tasa de interés de los títulos de mercado abierto. Como consecuencia se presentó un alza generalizada de tasas de interés que estimuló la entrada de divisas legales e ilegales presionando el tipo de cambio hacia la baja. Así, el efecto sobre el crédito doméstico fue más que compensado por la entrada de capitales. No se advirtió que en una economía abierta a los movimientos de divisas, los altos rendimientos financieros son sinónimo de revaluación.

El comportamiento actual del tipo de cambio no puede atribuirse al mercado. Se explica, más bien, por las deficiencias de la organización institucional. El Estatuto Cambiario establece un fuerte vínculo entre el mercado cambiario y las fuentes ilegales de divisas, lo que presiona hacia abajo la tasa representativa. Aun más grave, el monumental ingreso de capitales viene siendo estimulado por las expectativas de revaluación que son alimentadas por toda clase de señales equívocas emitidas por las autoridades económicas y las normas vigentes. Al final se configuró un círculo vicioso en el cual las expectativas de revaluación inducen el ingreso de capitales que, a su turno, validan la revaluación y las expectativas. El sistema cambiario quedó expuesto así a un proceso indefinido

de apreciación del tipo de cambio que amenaza con precipitarse en colapso.

La lucha contra la revaluación dentro del marco existente no asegura los propósitos buscados y, en su lugar, ocasiona todo tipo de distorsiones. En la realidad no existe otra alternativa para salir de la encrucijada que abordaron los esquemas institucionales vigentes. Por ahora, lo más fácil consistiría en cerrar el ingreso de crédito externo, sustituir el sistema de franjas por una tasa de

cambio única y proceder a ajustarlo a un retorno de 17% o 18% anual. Ambas determinaciones contribuirían de inmediato a modificar la actividad de los agentes económicos, mode-

Por ahora, lo más fácil consistiría en cerrar el ingreso de crédito externo, sustituir el sistema de franjas por una tasa de cambio única y proceder a ajustarlo a un retorno de 17% o 18% anual.

rando sus expectativas de revaluación y disminuyendo la inclinación a traer divisas. A su turno, la reducción del excedente de divisas aliviaría tanto las presiones de revaluación como sus expectativas. En menos de un mes el proceso declinante del tipo de cambio se detendría e incluso iniciaría el camino de la moderada devaluación real.



CEDIEL
INGENIEROS
ASOCIADOS LTDA

INTERVENTORIA
GERENCIA DE OBRA
ASESORIAS

Calle 124 No. 9B - 13
Tel: 612 46 04 Fax: 620 94 26
Santafé de Bogotá Colombia



RESTAURACIÓN DE LA APERTURA EN LA AGRICULTURA

En la agricultura es tal vez en donde aparecen más claros los resultados de la apertura. No obstante que la administración Gaviria acudió a todo tipo de disculpas para atribuir la peor crisis del sector de los últimos veinte años a factores distintos de la apertura, ante la contundencia de los hechos no tuvo más alternativa que echar pie atrás. En el último año se tomaron las más amplias medidas para revertir el proceso. Se establecieron precios mínimos de garantía, se revivieron las licencias de importaciones, se movilizó el Idema para comprar cosechas a precios de intervención superiores a los internacionales y a los internos y se elevaron los aranceles. No se trata, desde luego, de decisiones independientes del Ministerio de Agricultura. Las medidas corresponden en buena parte a disposiciones dictadas con la aquiescencia y la firma de los ministerios de Hacienda y Comercio Exterior y probablemente con la aprobación del mismo Consejo de Política Económica, CONPES.

La actual administración ha actuado con pragmatismo. No ha tenido que entrar en mayores debates sobre la conveniencia de la apertura en

el sector. En su lugar, se limitó a mantener el proceso de desmonte de la situación creada por sus antecesores. En efecto, en los últimos meses se continuó subiendo los aranceles, limitando cuantitativamente las importaciones y se acudió ni más ni menos que al sistema de absorción de cosechas, uno de los mecanismos más tradicionales de protección.

Por otra parte, se ha anunciado una estrategia encaminada a acelerar la productividad. Sin embargo, esta posibilidad se limita a los cultivos transables que, gracias a la demanda internacional, escapan de la inelasticidad de los productos agrícolas. Por lo demás, el camino más adecuado para realizar la tarea es mediante la investigación científica y tecnológica y la ampliación de insumos tecnológicos. Infortunadamente ambas posibilidades están seriamente restringidas en el momento actual. El bajo tipo de cambio constituye un serio desestímulo para las actividades transables. La investigación científica y tecnológica se ve seriamente obstaculizada por el debilitamiento de las instituciones encargadas de la actividad y por la escasa disponibilidad de fondos públicos. Así, contrario a la tendencia mundial, el aumento de la producción en Colombia se expli-

ca cada vez más por la ampliación del área agrícola.

PACTO SOCIAL

El pacto social surge como alternativa a los fracasos de las concepciones monetaristas. Durante cuatro años consecutivos fallaron las metas de inflación. La reducción del índice de precios en cuatro puntos porcentuales se consiguió a cambio de una revaluación de 35%. El pacto social aparece así como un medio para mejorar el control de la inflación y para lograrlo sin recesión ni devaluación.

El primer escollo que ha encontrado el pacto social es la ley del Banco de la República que está inspirada en el principio de las reglas fijas de Friedman. Se supone que las autoridades monetarias están en capacidad de lograr las metas mediante la simple aplicación de políticas monetarias, fiscales y cambiarias. En efecto, las normas vigentes estipulan que la meta de inflación debe ser inferior a la del año anterior, así ésta no se haya cumplido. De acuerdo con esta disposición, la meta de inflación para el próximo año tendría que ser de 17%.

Lo anterior es antagónico del pacto social que, por definición, se fundamenta en la credibilidad y el acuerdo. Los diferentes intereses sólo pueden conciliarse en la medida en que las políticas y las metas sean el producto del consenso de los diferentes grupos. Obviamente, estas condiciones dejan de existir en el momento en que el gobierno intente establecer una cifra arbitraria como punto de referencia para fijar los precios y salarios. Algo de esto ya se observó a raíz de la sugerencia de algunos miembros del Banco de la República en el sentido de fijar las metas del pacto con base en la inflación esperada. Como era de imaginar, no tardaron las reacciones de los grupos sindicales que rechazaron de plano el criterio de la inflación esperada, con el argumento de que había fracasado sistemáticamente y servido como medio para deteriorar el salario mínimo.



PRESUPUESTO NACIONAL

Sin duda, el mayor acierto en los cien primeros días del gobierno ha consistido en la presentación del presupuesto. Por primera vez un gobierno logra plasmar en la primera vigencia presupuestal un proyecto que refleja su programa de la campaña. En efecto, el presupuesto contempla un aumento de 40% en el gasto social y de 35% en la infraestructura. En ambos casos se trata de necesidades sentidas en el desarrollo social y económico del país. El gasto social como porcentaje del PIB no ha logrado sobrepasar los niveles de 1993 y 1984. La infraestructura física aparece en este momento como una de las principales restricciones al comercio internacional, la integración regional del país y al crecimiento económico. La expansión de estas actividades se consiguió a cambio de una moderación de los gastos militares y de justicia y de las erogaciones de las operaciones de mercado abierto.

Infelizmente la reorientación del gasto no ha recibido toda la importancia merecida. El mismo gobier-

no se dejó caer en el debate de los efectos inflacionarios que gira alrededor de opiniones y lugares comunes. En cierta forma se está diciendo lo que siempre se dice de los presupuestos. Sin embargo, en esta oportunidad las cifras les hacen una mala pasada a quienes se anticiparon a calificarlo de inflacionario.

En los últimos años el gasto ha venido creciendo por encima de los ingresos fiscales. La diferencia se ha venido ampliando y se ha cubierto con ingresos temporales de las privatizaciones y con el superávit del resto del sector público. Así, el presupuesto total del sector público ha registrado sistemáticamente un déficit inferior a 1%, que está dentro de los niveles de prudencia aceptados internacionalmente.

El presupuesto de 1995 revela la misma tendencia. Los gastos crecen 32% y los impuestos 23%. Por lo demás, para ese año se proyecta un ingreso por concepto de privatizaciones de 400.000 mil millones de pesos. En estas condiciones, el déficit del presupuesto central se estima en 3.2% del PIB.

El balance neto es un superávit del orden de 1% del PIB para la totalidad de sector público. En ninguna parte del mundo este resultado sería calificado de inflacionario. Por el contrario, el sector público aparece transfiriéndole recursos al sector privado.

Algunos objetan el estimativo diciendo que está basado en un precio demasiado alto del café y en ingresos irrealistas de la privatización. No advierten que el resultado no es muy sensible a las variaciones de estos factores. Si en lugar del precio externo de US\$2.07 se toma US\$1.75 y los ingresos por privatización se reducen a la mitad, el déficit sería cercano a cero. Este déficit corresponde a uno de los más bajos de la historia del país y también de América Latina. Por lo demás, se encuentra de sobra dentro de los niveles de prudencia aceptados por el FMI.

Por otra parte, la incidencia fiscal no puede analizarse independientemente del conjunto de la economía, en particular del sector externo. En el presente año la balanza cambiaria registrará un déficit en cuenta corriente de US\$2.500 millones, que probablemente se verá ampliado en el próximo año. Estas condiciones compen- san con creces el déficit fiscal, incluso en sus versiones más pesimistas, y sugieren que los dos sectores en conjunto contribuirán a la contracción de la demanda agregada. La expansión de ésta queda por cuenta del sector privado y su regulación a cargo de la Junta del Banco de la República.

Para entender la situación presupuestal, conviene distinguir el problema en sus aspectos de corto y mediano plazo. En los últimos años se ha venido ampliando la brecha entre los gastos y los ingresos fiscales del gobierno central. La diferencia se ha subsanado con recursos temporales y con el superávit del resto del



Proyectistas Civiles Asociados Ltda.

Diseño



Cra. 10 No. 93-51,
Telefax: 6-10-42-00 - 2-18-76-04
2-18-77-03 - 2-57-02-25 - 6-10-37-57
Santafé de Bogotá, D.C. Colombia

sector público. Por lo demás, los efectos macroeconómicos se han compensado con el déficit comercial de la balanza de pagos que no podrán mantenerse indefinidamente. En el fondo se configuró un equilibrio artificial que, si bien por ahora es consistente con la estabilidad macroeconómica, en dos años puede desembocar en un déficit fiscal de 3% ó 4%, con el agravante de que en ese momento no será fácil compensarlo con el sector externo.

El principal lunar del presupuesto nacional está en los servicios personales que, luego de haber aumentado en los últimos dos años al 40%, aparecen con un incremento de 32% para 1995. Esta partida refleja el proceso de burocratización iniciado en la administración anterior, cuando se elevaron los salarios de los altos funcionarios públicos y se crearon los más variados procedimientos de contratación para los asesores y el personal de alto nivel. El ejemplo se ha venido trasladando a toda la administración pública como ocurrió recientemente con los médicos, y se reflejará en un corto plazo entre los maestros y otros estamentos. Lo cierto es que el aumento de 32% es incompatible con el pacto social y pone de presente el riesgo de que la burocracia se trague el salto social.

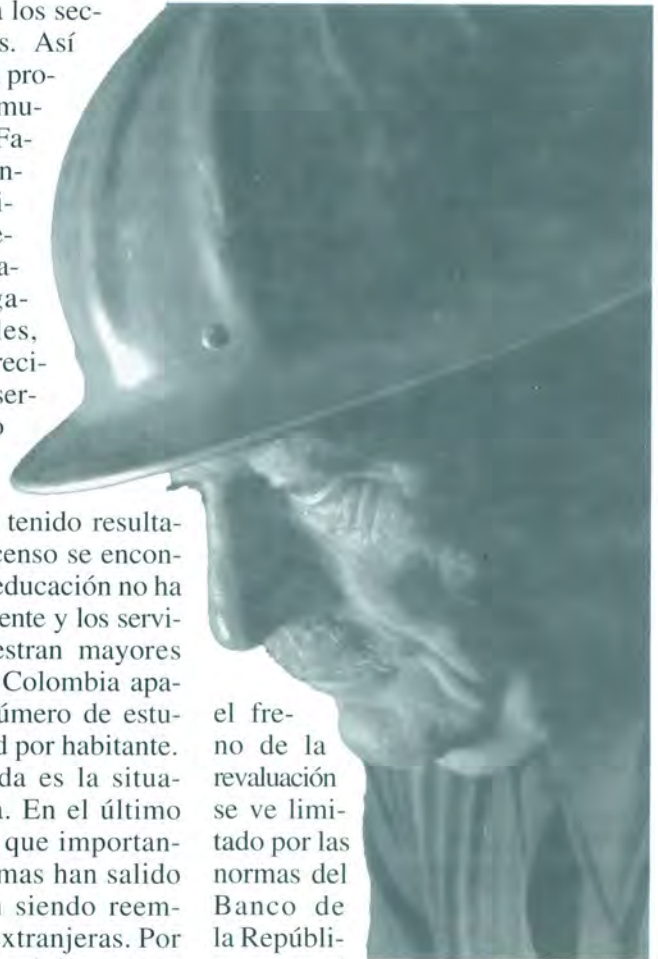
No basta, sin embargo, la apropiación de recursos. En ambas prioridades el país afronta serias deficiencias institucionales y físicas que pueden convertirse en una limitación para su realización. En el momento actual el país no cuenta con una infraestructura social con capacidad de movili-

zar los recursos hacia los sectores más necesitados. Así lo sugiere el fiasco del programa de hogares comunitarios de Bienestar Familiar. Al final se encontró que de los niños que aparecen registrados en el programa y generan erogaciones presupuestales, menos de la mitad reciben efectivamente el servicio. Del mismo modo, los grandes aumentos en materia de educación no han tenido resultados efectivos. En el censo se encontró que el acceso a la educación no ha variado significativamente y los servicios básicos no muestran mayores avances. Así mismo, Colombia aparece con el menor número de estudiantes de universidad por habitante.

No menos delicada es la situación de la ingeniería. En el último año se ha observado que importantes y prestigiosas firmas han salido del mercado y están siendo reemplazadas por firmas extranjeras. Por lo demás, las obras civiles están expuestas a grandes deficiencias en la programación económica y en la ingeniería, que se reflejan en grandes diferencias entre los costos reales y los presupuestados y en el derrumbe de las obras civiles.

CONCLUSIÓN

La política gubernamental no ofrece todavía un marco coherente. Muchas de las acciones se ven restringidas por la estructura económica configurada en la administración anterior. Así,



el freno de la revaluación se ve limitado por las normas del Banco de la República y por el nuevo Estatuto Cambiario. El pacto social es interferido por la disposición que ordena la Junta Monetaria: fijar la meta de inflación en una magnitud inferior a la del año anterior. La recuperación de la agricultura y su proyección hacia el futuro no serán posibles mientras se mantenga el bajo nivel del tipo de cambio y no se fortalezcan las instituciones encargadas de la investigación científica y tecnológica. Por lo demás, las políticas en conjunto no garantizan el cumplimiento de los grandes propósitos oficiales. No obstante que en el presupuesto se contempla un aumento notorio del gasto social, no hay garantías sobre su focalización. El país no cuenta con una infraestructura que garantice la movilización del gasto hacia los grupos más pobres y en este momento está expuesto a la incidencia de una creciente tendencia burocrática

Por primera vez un gobierno logra plasmar en la primera vigencia presupuestal un proyecto que refleja su programa de la campaña. En efecto, el presupuesto contempla un aumento de 40% en el gasto social y de 35% en la infraestructura.

que lo restringe y lo amenaza. Ya hemos visto cómo de cada tres niños registrados en los hogares comunitarios sólo uno aparece en las encuestas y cómo por cada asesor autorizado en el contrato cafetero aparecen en la nómina tres economistas. De hecho, el éxito en esta materia dependerá de una gran reforma administrativa encaminada a elevar el nivel profesional, dentro de normas que establezcan claramente las funciones del personal e impidan la proliferación de cargos de asesores y asistentes que vienen a realizar las mismas tareas de otros. Así mismo, es necesario elaborar metodologías idóneas para identificar los grupos más pobres y establecer sistemas idóneos de evaluación y seguimiento de los programas.

Algo similar se observa con respecto a la infraestructura física. El país no cuenta con la organización pública y privada que garantice la

realización de las obras. Es indispensable un fortalecimiento administrativo de las firmas de ingeniería, la aplicación de mecanismos eficientes de selección de los proyectos y la adopción de procedimientos eficaces de seguimiento y financiación.

El interrogante central se plantea con respecto al empleo. El principal ofrecimiento de la campaña giró en torno a la creación de un millón de empleos en el cuatrienio o, lo que es lo mismo, 375.000 empleos por año. Sin embargo, este compromiso aparece completamente opuesto a la concepción y resultados de la apertura. En los dos primeros años de su ejecución el empleo anunciado en las siete grandes ciudades bajó de 200.000 a 75.000 y en el último año a 27.000.

Éste es el resultado normal de una apertura hacia adentro que sustituye el empleo nacional por el extranjero. Como alternativa surge una apertura

complementaria en donde la entrada de bienes foráneos no venga a desalojar la producción nacional de bienes de consumo, materias primas y bienes de capital, sino a sustentarla. Las bases de este modelo son el mantenimiento de un elevado tipo de cambio y la conformación de una estructura arancelaria que le conceda una mayor protección a los bienes de capital y las materias primas industriales, y el fortalecimiento y movilización del ahorro hacia la inversión productiva. De esta forma, el aumento de las importaciones no vendría de su abaratamiento sino del aumento de la inversión y el ahorro.

Al final se configuraría un sistema en donde todo crece y la expansión de las importaciones evoluciona paralelamente con la inversión, las exportaciones, la industria, la agricultura y el empleo

Resistencia y Durabilidad ¡SIEMPRE!



Tubos TITAN Autosoportando 11.5 Toneladas



Cortes que muestran un Concreto Homogéneo y Durable

Por más de 50 años los productos de Concreto **TITAN** han demostrado que la calidad no depende del color, **está en su interior.**

- Tubería para Alcantarillados
- Postes para Alumbrado
- Traviesas para Vía Férrea
- Postes para Cercas
- Sardinel (Bordillo) para Vía Pública.

 **TITAN**[®]
MANUFACTURAS DE CEMENTO S.A.
Avenida Boyacá N° 83-74 Comm. 223 0788
434 0990 Fax: 224 2465 Santafé de Bogotá

Proyecto embalse San Rafael

ASPECTOS TÉCNICOS, CONSTRUCTIVOS Y DE PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Ing. Germán Pardo A.* y Geol. Alvaro Rojas P.**

* **Ingeniero Civil, Escuela Colombiana de Ingeniería; Coordinador General obras civiles Proyecto San Rafael, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.**

** **Geólogo, Universidad Nacional de Colombia; Director Interventoría de campo Proyecto San Rafael, Consorcio CEI - Estudios Técnicos.**

En este artículo se describen las principales características técnicas y constructivas de la primera etapa del proyecto San Rafael de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, que está localizado en las cercanías del municipio de La Calera. Esta primera etapa consistió en la construcción de una presa, un rebosadero, un dique auxiliar, una pantalla impermeable y demás obras anexas. Especial énfasis se ha dedicado a la descripción del método *Jet-Grouting* para formar la pantalla impermeable y a la descripción de las medidas encaminadas a mitigar el impacto ambiental producido por la explotación de la cantera San Rafael y por los cortes requeridos para la conformación de taludes en obras permanentes y provisionales a cargo del contratista. Dentro de las medidas ambientales fue necesario construir lagunas de sedimentación, para tratar el agua utilizada para el lavado de los agregados en la planta de trituración y mezcla de concretos y poderla verter al río Teusacá. Es preciso indicar que la decisión de investigar fuentes de

materiales dentro de la zona del proyecto evitó la utilización de vías públicas, su deterioro y las consecuentes molestias a la ciudadanía, y disminuyó considerablemente los procesos de contaminación que ocurren cuando las distancias de transporte son relativamente importantes y se atraviesan áreas pobladas.

1. INTRODUCCIÓN

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá está adelantando la construcción del Embalse San Rafael, el cual está dividido en dos etapas y localizado el nororiente de la ciudad de Santafé de Bogotá, en inmediaciones del municipio de La Calera y sobre la hoya del río Teusacá.

El Proyecto Embalse San Rafael tiene como objetivo asegurar el suministro adecuado de agua a Santafé de Bogotá más allá del año 2000, ante emergencias que se puedan presentar en el sistema Chingaza, el cual consta de 42 km de túneles y tuberías, y poder efectuar las inspecciones que se requieran para el mantenimiento de los taludes.

La ejecución de los trabajos, por contrato con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, estuvo a cargo de la firma Cogefarimpresit Costruzioni Generali S.p.A., con la cual se suscribió el Contrato 292/91 financiado por el Banco Mundial a través del BIRF y con recursos propios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. El plazo para la ejecución de las obras era de 1.020 días, incluidos los suministros de equipos electromecánicos y los montajes de la cámara de válvulas de la descarga de fondo; la orden de iniciación se dio el 30 de abril de 1992 y se estableció como fecha contractual de terminación el día 14 de febrero de 1995. Las fechas de terminación de las obras principales tales como la presa, el dique auxiliar, el rebosadero y la pantalla impermeable, se anticiparon debido a los buenos rendimientos obtenidos durante la construcción de la obra. A su vez el contratista principal subcontrató con la firma colombiana Topco el movimiento de tierra, que incluía la excavación para la fundación de los rellenos, la explotación de la cantera y la construcción de los rellenos de la presa y el dique auxiliar, con resultados ampliamente satisfactorios.

La coordinación general de la obra está a cargo de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá a través de la Dirección del Proyecto

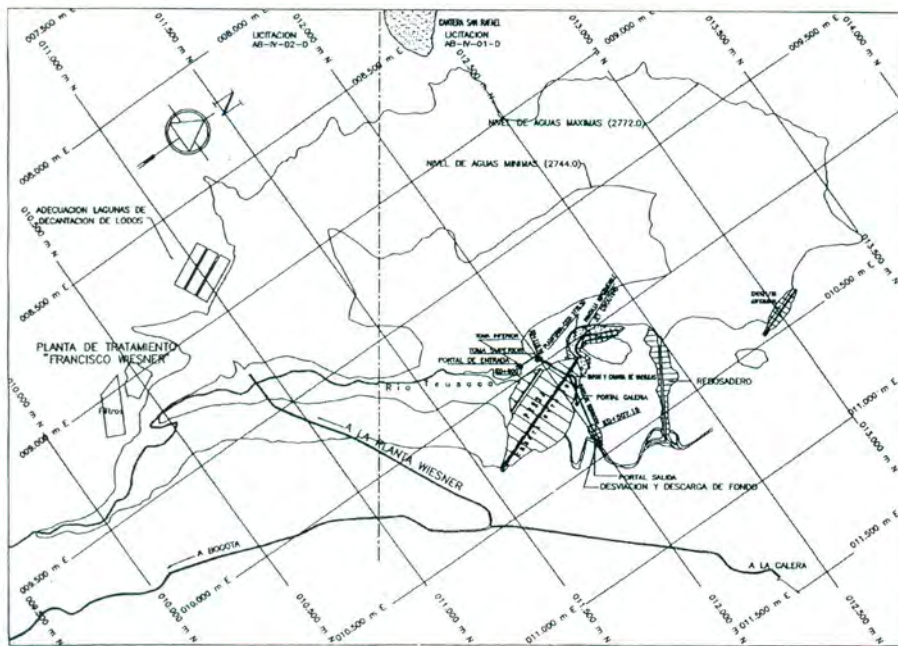


Figura 1. Planta general del proyecto San Rafael

El diseño, los pliegos de licitación y la asesoría durante la construcción estuvieron a cargo de la firma Ingetec S.A., como resultado de un proceso de estudio de varias alternativas ejecutadas inicialmente por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto, dentro de la primera etapa, consta de una presa, un túnel de desviación, un dique auxiliar, estructuras de captación, control y descarga de fondo, un rebosadero de emergencia y tratamiento del estribo izquierdo, y fundación mediante el sistema de *Jet-Grouting* e inyecciones convencionales. En la Figura 1 se presenta en planta la localización general de las obras del proyecto.

La presa está conformada por material homogéneo con filtros de chimenea y dren horizontal, tiene una altura de 59,5 m, una longitud de 680 m y ancho de cresta de 7 m. El volumen de relleno fue de 2,75 millones de metros cúbicos.

El nivel de operación normal del embalse estará en la cota 2,772 msnm, a la cual se almacenará un volumen

San Rafael, creada por la Gerencia de dicha entidad exclusivamente para todos los efectos técnicos, contractuales y programáticos inherentes a la ejecución de la obra.

La interventoría estuvo a cargo del Consorcio de Ingeniería CEI-Estudios

Técnicos, el cual tuvo a su cargo la supervisión de los trabajos de desviación del río Teusacá, construcción del dique auxiliar, construcción del rebosadero, presa, pantalla impermeable, galerías y demás obras anexas contempladas en el Contrato 292/91.

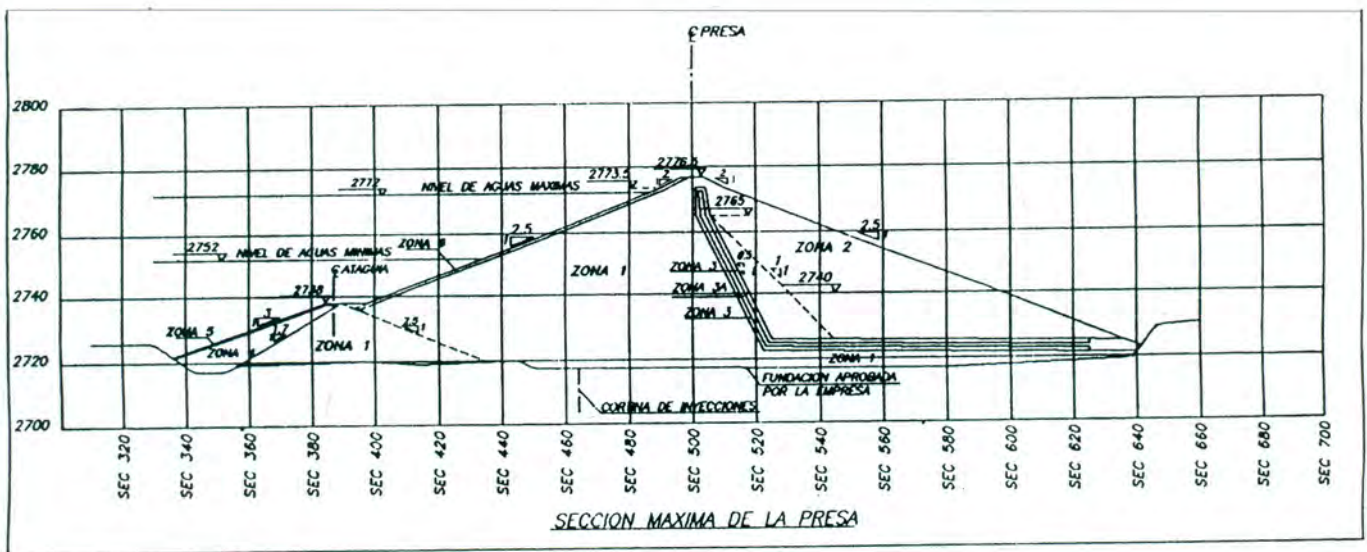


Figura 2. Presa. Sección máxima

ZONAS		1	2	3 y 3A	4	5	6	
DESCRIPCIÓN	Función	Espaldón	Espaldón de aguas abajo	Filtro y dren	Espaldón de aguas arriba	Protección del talud de aguas arriba	Protección del talud de aguas arriba	
	Estructura	Presa y ataguía	Presa	Presa y ataguía	Ataguía	Ataguía	Presa	
DE LAS	Fuentes de suministro	Cantera San Rafael		Fuente comercial a opción del contratista y aprobada por la Empresa	Cerro del Parque	A opción del contratista	A opción del contratista	
ZONAS DE LA PRESA	Descripción del material	Fragmentos de lidita, limolita y arcillolita en matriz de limo y arcilla arenosa, del nivel geológico Kgsp (plaeners)	Fragmentos de lidita, limolita arcillolita y arenisca en matriz de limo y arcilla arenosa, de los niveles Kgsp y Kgsd. (Plaeners y arenisca dura)	Gravas y arenas	Arena limo-arcillosa con gravas y fragmentos de arenisca.	Bloques de roca de 0.3 a 0.6 m. de tamaño	RIP-RAP	
REQUISITOS DE	Volumen Estimado Miles de m ³	1580	780	3:115 y 3A:60	45	6	60	
	Requisitos de humedad	Wop+2%<W<Wop+4%		Húmedo	Wop+2%<W<Wop+4%	---	Wop+6-1%	
COMPACTACIÓN	Espesor de capa cm.	30	60	30	30	---	15 (compactado)	
	Número de pasadas	8	6	2	6	---		
	Equipo	Compactador vibratorio de peso estático 10 t.						Compactador pata de cabra y compactador de llantas

Figura 3. Descripción de las zonas de la presa

de agua de 75 millones de metros cúbicos que inundará un área aproximada de 371 hectáreas.

El dique auxiliar localizado al norte del embalse es una estructura conformada por material homogéneo, con una altura de 15,5 m, una longitud de cresta de 282 m y un volumen de relleno de 58,1 mil metros cúbicos aproximadamente. Su función es cerrar una depresión topográfica existente en la zona noroccidental del embalse.

El túnel de desviación tiene una longitud de 493 m con una sección circular de 4 m, está revestido en concreto convencional y trabajará como descarga de fondo durante la operación del proyecto; para tal fin, dentro del túnel se instalarán dos válvulas de control, tipo Howell-

Bunger, con capacidad de descarga de 22 m³/s.

El rebosadero consiste en una estructura de concreto de tipo canal abierto sin compuertas, con estructura terminal de disipación, diseñado para una capacidad de descarga de 117 m³/s.

Para alimentar la planta Wiesner con agua del embalse San Rafael se está construyendo la segunda etapa, que incluye una estación de bombeo consistente en una estructura circular localizada dentro del embalse, la cual alojará las bombas.

La estación de bombeo está proyectada como un pozo con dos tomas en el embalse a diferentes niveles, una a nivel superficial para captar agua de la parte superior del embalse y la otra a través de la galería de

succión inferior para captar aguas desde el fondo del embalse útil; están conectadas a la estación mediante un sistema de galerías y un conducto de impulsión entre la estación de bombeo y la planta Wiesner.

Las tomas estarán ubicadas en la zona occidental del embalse, separadas del área de ingreso del río Teusacá y de la descarga de aguas turbias que provengan del río Blanco, por el cordón divisorio entre el río Teusacá y el valle de la quebrada Tresquebradas. De esta forma se garantizará la captación de aguas completamente decantadas.

El pozo para la estación de bombeo es un cilindro en concreto con una altura de 42,5 m, un diámetro interno que varía entre 23 m y 26 m, con cinco bombas centrífugas de eje

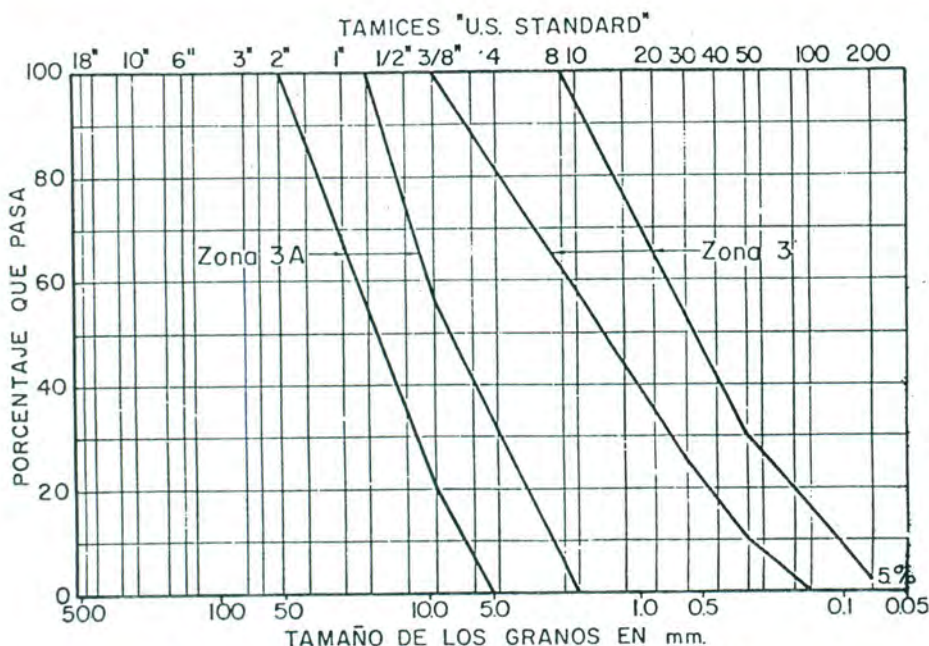


Figura 4. Límites de gradación de las zonas 3 y 3A

horizontal, de una etapa, doble succión, carcasa bipartida y velocidad variable; se instalarán cuatro bombas en la primera etapa y una en la segunda; la estación quedará con una capacidad de bombeo total entre 14 y 22 m³/s.

La tubería de impulsión entre la estación de bombeo y la planta Wiesner es de acero con diámetro de 2,5 m y una longitud de 750 m.

En la Figura 1 —planta general— se muestran las diferentes estructuras.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A continuación se describen algunas características geológicas del sitio de la presa.

En el sector de la presa afloran rocas terciarias constituidas por arcillolitas y areniscas pertenecientes a las formaciones Guaduas y Cacho, y rocas cretácicas constituidas esencialmente por areniscas pertenecientes al nivel Arenisca Tierna. Tanto las rocas terciarias como las cretácicas se encuentran cubiertas por los suelos orgánicos y residuales, así como por estratos de arenisca. En el lecho y las

márgenes del río Teusacá se encuentran depósitos aluviales de espesor y composición variable.

Estas rocas conforman una estructura sinclinal muy apretada con sus

dos flancos invertidos, cuyo eje pasa por el estribo derecho de la presa. En el núcleo de la estructura se aloja la formación arenisca del Cacho (Tpc).

Las rocas del flanco oriental del sinclinal tienen rumbo variable entre N50°E y N70°W, con buzamientos invertidos de 32°NE a 45°NE y 25°NW. En el flanco occidental los buzamientos en general son de alto ángulo.

El sitio para la fundación de la presa está constituido por arcillolitas de la formación Guaduas con algunas intercalaciones de areniscas y capas delgadas de carbón, las cuales se presentan cubiertas por suelos orgánicos residuales. Entre las diferentes intercalaciones de arenisca hay dos muy importantes por su espesor, que pasan aproximadamente por el centro de la fundación de la presa.

El estribo izquierdo de la presa está constituido en la parte inferior por arcillolita con intercalaciones de capas delgadas de carbón correspondientes a la formación Guaduas. En la parte superior, el estribo está constituido por areniscas meteorizadas y fracturadas del nivel Arenisca Tierna.

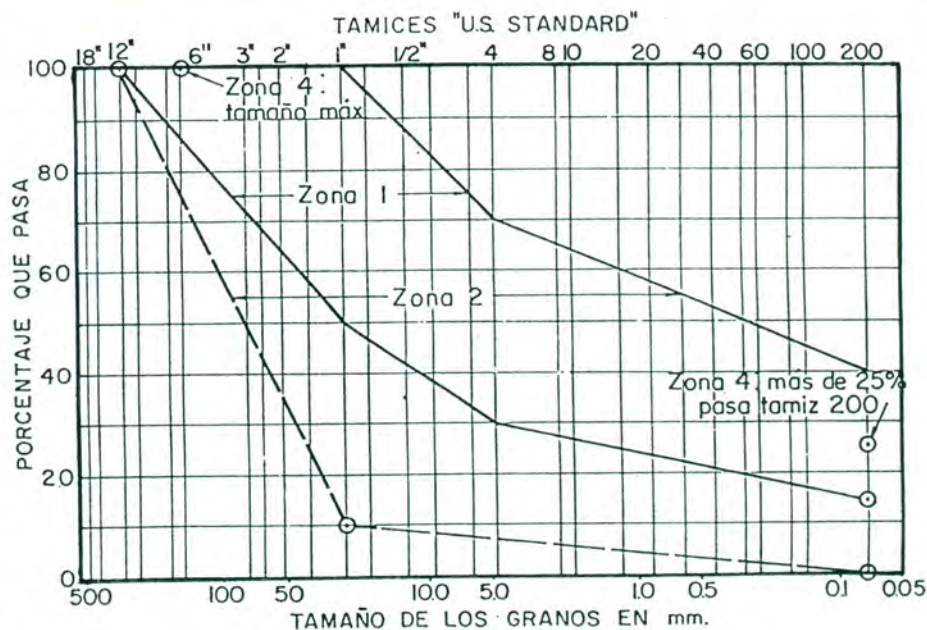


Figura 5. Límites de Gradación de las zonas 1, 2 y 4

Estas dos unidades litológicas se presentan estratigráficamente invertidas, de acuerdo con el modelo geológico estructural para el área del proyecto.

El estribo derecho de la presa está constituido por arcillolita con algunas intercalaciones delgadas de arenisca arcillosa, friable, meteorizada y fracturada, correspondiente a la formación Guaduas.

4. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

4.1 PRESA

4.1.1 Preparación de la fundación

Durante las excavaciones en el lecho del río se corroboró la presencia de depósitos aluviales y lacustres consistentes en limos arcillosos compresibles hasta de 3 m de espesor, apoyados en gravas compuestas por cantos en matriz arenosa o areno-arcillosa suelta, saturadas y de baja capacidad portante, bajo las cuales se encuentran la arcillolita con intercalaciones de areniscas y carbón perteneciente a la formación Guaduas.

En los estribos de la presa también se verificó la presencia de los suelos residuales hasta de 2 m de espesor en el estribo izquierdo y la presencia de depósitos fluvio-lacustres cubriendo áreas importantes del estribo derecho. Los depósitos fluvio-lacustres del estribo derecho están constituidos por areniscas y suelos arcillosos producto de la descomposición y depositación de las arcillolitas de la formación Guaduas.

De acuerdo con las características geotécnicas de los depósitos descritos, se concluyó que los depósitos lacustres y aluviales en el valle del río y en el estribo derecho de la presa no eran adecuados para la fundación de la presa; por lo tanto fue necesaria su remoción.

4.1.2 Pantalla impermeable

Asunto de especial interés en el proyecto San Rafael fue la construcción de la pantalla impermeable, ya que se empleaba por primera vez en Colombia el sistema *Jet Grouting* que difiere sustancialmente del sistema convencional de inyecciones, en el sentido de que las presiones de trabajo son significativamente superiores y se hace un reemplazo del material friable existente por un conglomerado de fragmentos de roca y lechada de cemento.

El sistema consiste en perforar inicialmente la roca a inyectar, seguidamente, mediante la utilización de un equipo para inyección de agua a una presión de 400 bares; se desintegran las areniscas friables por medio de rotación y ascenso controlado de la tubería. El mismo equipo y de manera simultánea bombea lechada de agua-cemento y bentonita; se trata, pues, de reemplazar un material friable para formar finalmente una estructura con



Torres la Castellana S.A.

FORMALETAS PARA ENTREPISO

Oficina: Av. 13 no. 96-01 - Tels.: 618 18 52 - 621 99 66
 Planta: calle 134 No. 14-51 - Tels.: 258 01 12 - 259 29 77 - 259 19 20
 Fax Oficina: 618 17 75 - Fax Planta: 259 38 48
 Santafé de Bogotá, D.C.

características de alta impermeabilidad, durabilidad y resistencia.

El sistema constructivo comprende la ejecución de perforaciones dispuestas en dos filas para formar columnas sucesivas de 90 cm de diámetro traslapadas para obtener una pantalla de ancho mínimo de 1.50 m. La profundidad de diseño obedeció a criterios geológicos, por cuanto se trataba de inyectar estratos de areniscas friables de la formación Guadalupe que suprayacen las arcillolitas de la formación Guaduas; por lo tanto, el contacto entre las dos formaciones marcaba el límite de profundidad de la pantalla.

Para efectos de probar la eficacia del sistema, previamente a la iniciación de las inyecciones y en cumplimiento de las especificaciones, se hicieron columnas de prueba, variando diferentes parámetros, los cuales se describen a continuación: implementación del prelavado en las perforaciones; velocidad de rotación; velocidad de ascenso de la tubería para inyección; contenido de cemento de la lechada, y contenido de bentonita en la mezcla.

Una vez terminadas las columnas de prueba se observaron detenidamente sus características y se hicieron nueve perforaciones con taladro convencional, con extracción de núcleos de roca para su evaluación y ensayos de laboratorio.

Previo concepto técnico de la Asesoría, se decidió iniciar la ejecución de las columnas con los siguientes parámetros básicos:

Eliminación de prelavado para la conformación de las columnas.

Aumento del contenido de cemento en la lechada hasta alcanzar un valor promedio de 740 kg/ml de mezcla, con una relación de A/C de 1:1+1.5% de bentonita.

Disminución del contenido de bentonita inicialmente a 2.0% y finalmente a 1.5% en peso.

Se mantuvo la velocidad de perforación y de ascenso con los siguientes valores promedio: 0.4 m/min para la perforación y 0.145 m/min para la velocidad de ascenso.

El monitor debería llevar tres boquillas para agua, aire y lechada, con diámetros de 3.8 mm, 2.4 mm y 6.0 mm.

La presión del aire estaría en 12 kg/cm², la del agua en 400 kg/cm² y la lechada en 60 kg/cm².

Se implementó la utilización del "martillo de fondo" en las perforaciones para asegurar la verticalidad de las mismas y obtener, en lo posible, la geometría diseñada para la pantalla.

Los resultados finales obtenidos fueron satisfactorios por las siguientes razones:

Se alcanzó en las perforaciones la verticalidad exigida en las especificaciones, cuyo valor es menor del 1% de desviación.

En los núcleos de roca obtenidos de los huecos de chequeo se obtuvieron vestigios de lechada que confirman la formación de un suelo-cemento en la pantalla impermeable.

Las pruebas de agua a presión método Lugeon resultaron satisfactorias ya que los valores obtenidos están cercanos a cero (0) unidades Lugeon.

En las Figuras 7 y 8 se muestra en planta y perfil la pantalla impermeable. En la Figura 9 se incluye una disposición típica de las columnas.

4.1.3 Túnel de desviación

Para poder iniciar los trabajos de excavación en el sitio de la presa y la preparación de la fundación para recibir los rellenos, se construyó el túnel de desviación que tiene una longitud de 483 m, con sección circular de 20 m² de área, sección de excavación circular de 4,0 m, revestido en concreto convencional, capacidad hidráulica de 135 m³/s y que trabajará como descarga de fondo durante la operación del proyecto, para lo cual se instalarán dentro del túnel dos válvulas de control con capacidad total de descarga de 22 m. El volumen total de concreto vaciado fue de 3.029 m³, con un rendimiento de 5,6 m de túnel/día calendario y un consumo promedio de 6,3 m³ por metro lineal de túnel. Para efectuar el desvío del río Teusacá se construyó una atagüa, con materiales similares a la presa e incorporada a esta, que tiene una longitud de cresta de 230 m, una altura de 20 m y un volumen de relleno de 100.000 m³.

Hagamos Cuentas ...

Si alineáramos cada uno de los TUBOS que hemos vendido y han sido instalados durante estos 89 Años ...

... Llegaríamos a la Luna.

Tubería de 4" a 30" en Gres Vitrificado
Materia prima Eterna

Canalización y conducción de aguas lluvias y residuales

Calle 19 No. 6-68 piso 14 Comn. 334 0060 Télex: 45521 TO3 Fax: 286 8352
A.A 4454 Ventas: 3412988 - 2860273 - 2818865 - 3427594 Santafé de Bogotá.



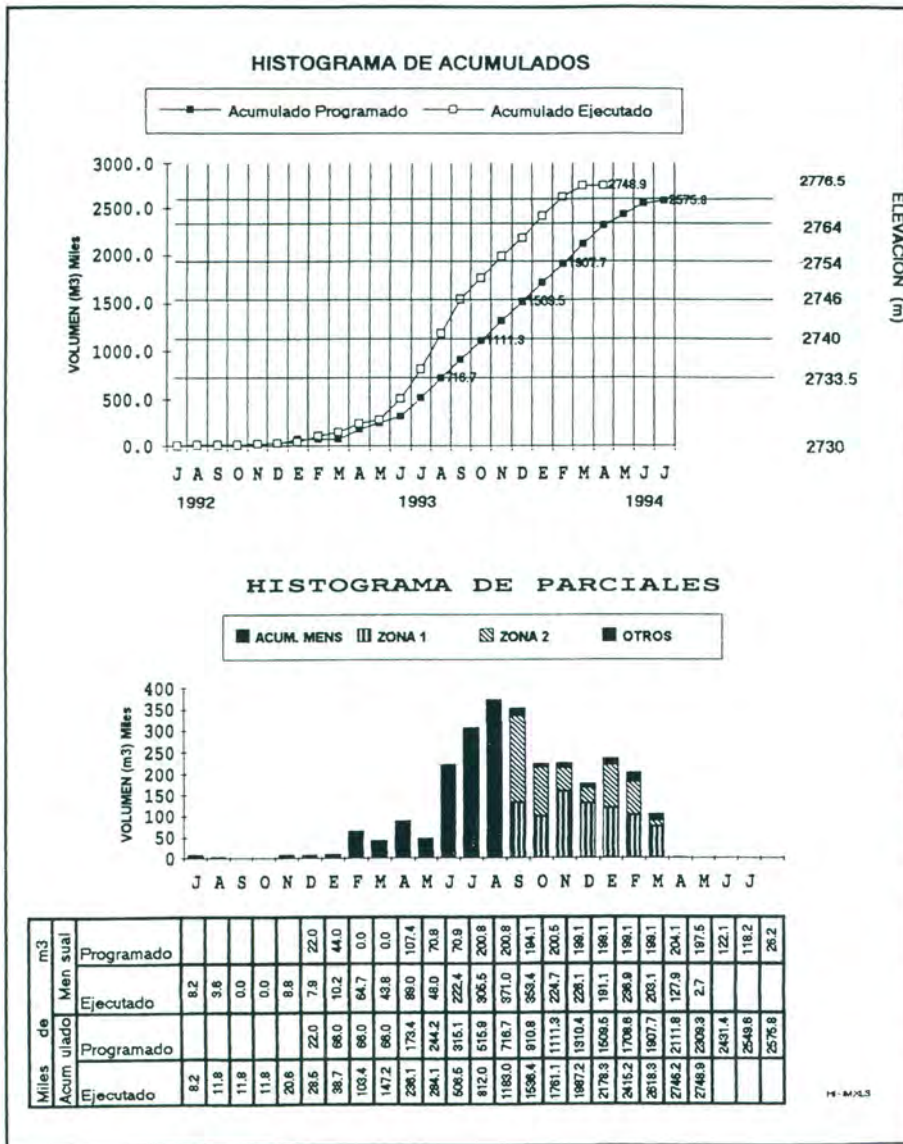


Figura 6. Histograma de rellenos

El túnel se excavó en rocas sedimentarias del terciario y el cretácico de la formación Guaduas, y Arenisca Tierna de la formación Guadalupe constituida por arcillolita con esporádicas intercalaciones de arenisca y lentes de carbón. En general la roca presentó dureza, estratificación media a delgada y escaso diaclasamiento. El soporte temporal consistió en concreto neumático, pernos sistemáticos en anillos radiales, malla metálica, arcos de acero y, en algunos casos,

entibado metálico y pernos en *spilling* en la clave y concreto convencional en la solera curva; se obtuvo un rendimiento promedio de excavación de 3,2 ml/día calendario.

El revestimiento del túnel se efectuó mediante el empleo de dos formaletas metálicas, de 11,9 m y 5,4 m de longitud, los cuales se desplazaban sobre un carro de dos troques, el delantero que transitaba sobre la presolera y otro trasero que circulaba con llantas sobre el invert del tramo

recién vaciado. El desencofrado y traslado de las formaletas se hizo, en promedio, después de nueve horas, tiempo necesario para que el concreto adquiriera la resistencia especificada; en realidad se obtuvieron valores muy superiores a los requeridos. La formaleta metálica de mayor longitud efectiva se destinó para vaciar tramos rectos de revestimiento y la formaleta corta para revestir tramos curvos y, excepcionalmente, algunos tramos rectos; el rendimiento promedio obtenido mediante el uso de estas formaletas fue de 35 m³/día calendario.

En las Figuras 12 y 13 se muestran la planta y secciones típicas de excavación y revestimiento con concreto.

4.1.4 Construcción de rellenos

La totalidad de los rellenos se colocaron entre el mes de septiembre de 1992 y el 25 de marzo de 1994. El histograma de colocación de los rellenos se muestra en la Figura 6.

El equipo empleado para la construcción de rellenos y explotación de la cantera fue básicamente el siguiente: 11 volquetas CAT 768 de 35 toneladas (17 m³), 4 volquetas Terex de 40 toneladas (26 m³), 4 cargadores Caterpillar 988, 3 *bulldozers* Caterpillar D8K, 6 *bulldozers* Caterpillar D8L, 1 *bulldozer* Caterpillar D9 y 2 *bulldozers* Caterpillar D6.

4.1.5 Breve descripción de las zonas de la presa

Zona 1: Constituye el cuerpo impermeable de la presa, con un volumen 1.586.190 m³; la humedad de colocación está entre la óptima más 2% y la óptima más 4%. El espesor de la capa es de 30 cm y el número de pasadas es de 8 con un compactador vibratorio de 13 toneladas. Esta zona está constituida por un limo arcilloso, con fragmentos de lidita y limolita menores de 12", del nivel de *plaeners* de la formación Guadalupe. El porcentaje de finos pasa tamiz No. 200 y está entre 15% y 45%; en la Figura 3 se muestra la curva granulométrica característica.

Zona 2: Localizada en el sector aguas abajo de los filtros, con un volumen de 941.479 m³; la humedad de colocación es igual a la anterior. El espesor de la capa es de 60 cm y el número de pasadas es de 6, con el equipo de compactación ya descrito.

Zonas 3 y 3A: Constituyen el filtro y dren de la presa compuesto por gravas y arenas, con volúmenes de 111.110 m³ de arena y 54.102 m³ de grava; el espesor de la capa es de 30 cm y se compactó únicamente con la "rana", lo cual conformó un material semisuelto. Este material se transportó desde cercanías del Guamo (Tolima); se cumplió con la curva granulométrica especificada y, principalmente, el porcentaje de finos, menor del 5%.

Zona 4: Constituye el cuerpo del espaldón aguas arriba de la ataguía, que está incorporada a la presa y está constituida por arena limo-arcillosa con fragmentos de arenisca. Tiene un volumen real colocado de 33.559 m³.

Zona 5: Protección del talud aguas arriba de la ataguía, con tamaños de bloques de arenisca entre 0,3 m y 0,6 m. Tiene un volumen real colocado de 5.140 m³.

Zona 6: Protección del talud aguas arriba de la presa, con un volumen real colocado de 17.871 m³. Está constituido por bloques de roca con un tamaño promedio de 60 cm, obtenidos de la cantera San Rafael.

El volumen total de los rellenos de la presa alcanzó una cifra de 2.749.451 m³.

En la Figura 2 se muestra la sección máxima de la presa con la descripción de las zonas de los rellenos. En la Figura 3 se describen en detalle las diferentes zonas. En las Figuras 4 y 5 se incluyen las curvas granulométricas.

4.1.6 Zonas de préstamo

4.1.6.1 Cantera San Rafael

Esta zona está ubicada dentro del área del proyecto a unos dos kilómetros del sitio de la presa. Está constituida por

los niveles de *plaeners* y arenisca dura de la formación Guadalupe Inferior. El nivel de *plaeners* tiene un espesor promedio de unos 25 m; bajo el nivel de *plaeners* se encuentra la arenisca "dura". De este sitio se extrajeron los materiales para la zona 1 de la presa, ataguía y zona 2 de la presa, que, como se expuso anteriormente, son un limo-arcilloso con fragmentos de lidita y arcillolita. Los bloques para la protección del talud aguas arriba de la presa, que constituyen el *rip-rap*, se obtuvieron de la arenisca dura y, aunque su explotación no se hizo con voladura, se extrajeron fragmentos suficientemente duros y angulares; para su colocación se escogía con la retroexcavadora la parte más plana, para conformar el talud con pendiente 2,5H:1,0V. La superficie final obtenida con este procedimiento fue muy satisfactoria.

Dentro de las medidas tomadas para tratar de mitigar el impacto am-

biental originado por la explotación de la cantera, que involucró un área de unas 16 hectáreas, se realizó la recuperación primaria, que consiste en una reconformación morfológica del sector para alistararlo para la segunda etapa que es la recuperación biológica. En la primera etapa se coloca sobre la superficie de roca, que es bastante lisa en algunos sectores, un sustrato de material granular (bloques hasta de 50 cm) dentro de una matriz fina, sustrato que tiene espesores variables entre 20 y 50 cm; encima de éste se coloca la capa de tierra orgánica de un espesor promedio de 20 cm, la cual se obtiene de las superficies bajas inundables por el embalse que se presentan cubiertas por una capa vegetal considerable y pasto kikuyo. Adicionalmente en la parte alta de la cantera, durante el proceso de explotación, se dejaron acumulados volúmenes importantes

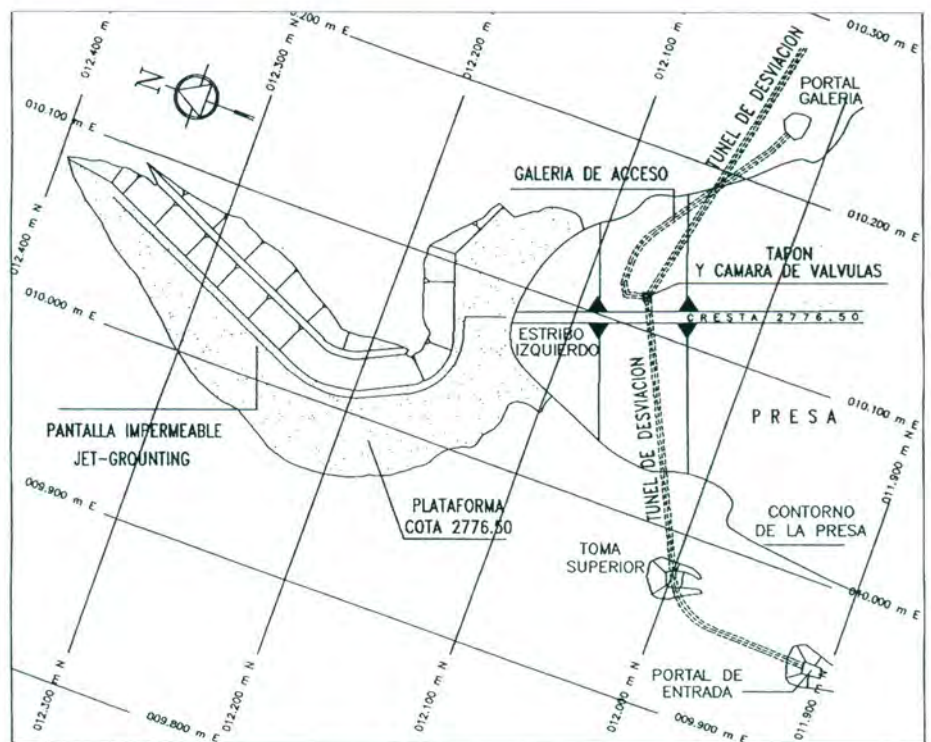


Figura 7. Pantalla impermeable (Jet-Grouting)

de tierra orgánica que se utilizaron para cubrir las superficies de roca.

Para evitar que el sustrato de material suelto y tierra orgánica pueda deslizarse sobre los planos de buzamiento de la arenisca, como producto de lubricación de agua de lluvia en los planos inclinados, se tiene la alternativa de perforar huecos de 30 cm de profundidad dentro de la roca, espaciados cada 2 m, y en ellos colocar varillas de acero de una longitud total de 60 ó 70 cm, contra las cuales se colocarán entramados de madera, a manera de empalizadas o "trampas", para la retención de la materia orgánica. Igualmente se ha previsto la formación de pequeños lagos que servirán para el riego de las plantas nativas que se siembren en la segunda etapa.

El plan de recuperación biológica de la zona de explotación de la cantera tiene como objetivos la preservación de especies nativas del bosque altoandino, la conservación del paisaje como patrimonio escénico de los

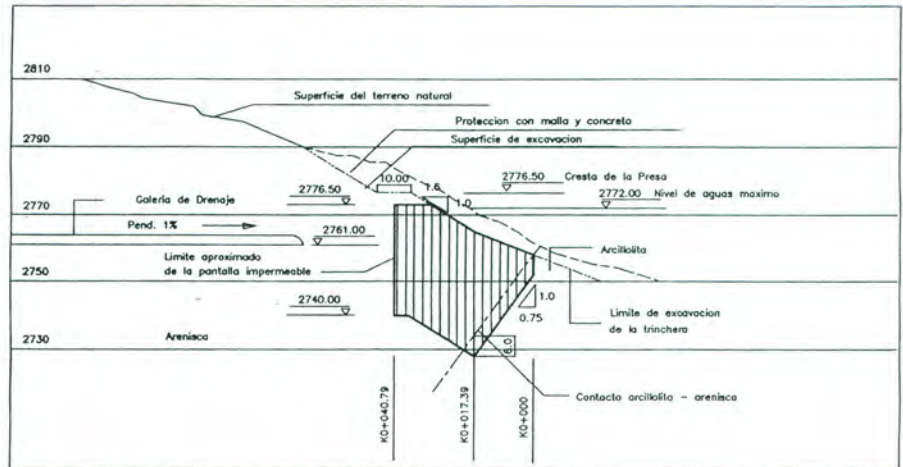


Figura 8. Pantalla. Sección típica estribo izquierdo

cerros occidentales del valle del río Teusacá y la restauración de nichos y albergues adecuados para la fauna silvestre asociada propia de la zona.

Las estrategias para la recuperación se fundamentan en el proceso de

regeneración natural de la cobertura vegetal, al cual se le imprime una ayuda energética que consiste en la implantación de semillas o plántulas de especies adecuadas para el terreno, todo lo cual aumenta la posibili-



*Educamos
para construir
futuro con sentido
humano*

ConConcreto S.A.

Medellín

Cra 4 No. 75-125 (Itagüi) Autopista Sur - A.A. 177 (Medellín) Conmutador: 281 29 77 Fax: (94) 372 08 57

Santafé de Bogotá

Cra 6a No. 115-65 Of.: 308 A.A. 21702 Tel.: 620 21 66 Fax: (91) 214 63 33

Cali

Av. 5B Norte No. 24N-60 A.A. 10845 Conmutador: 67 24 34 Fax: (926) 617898

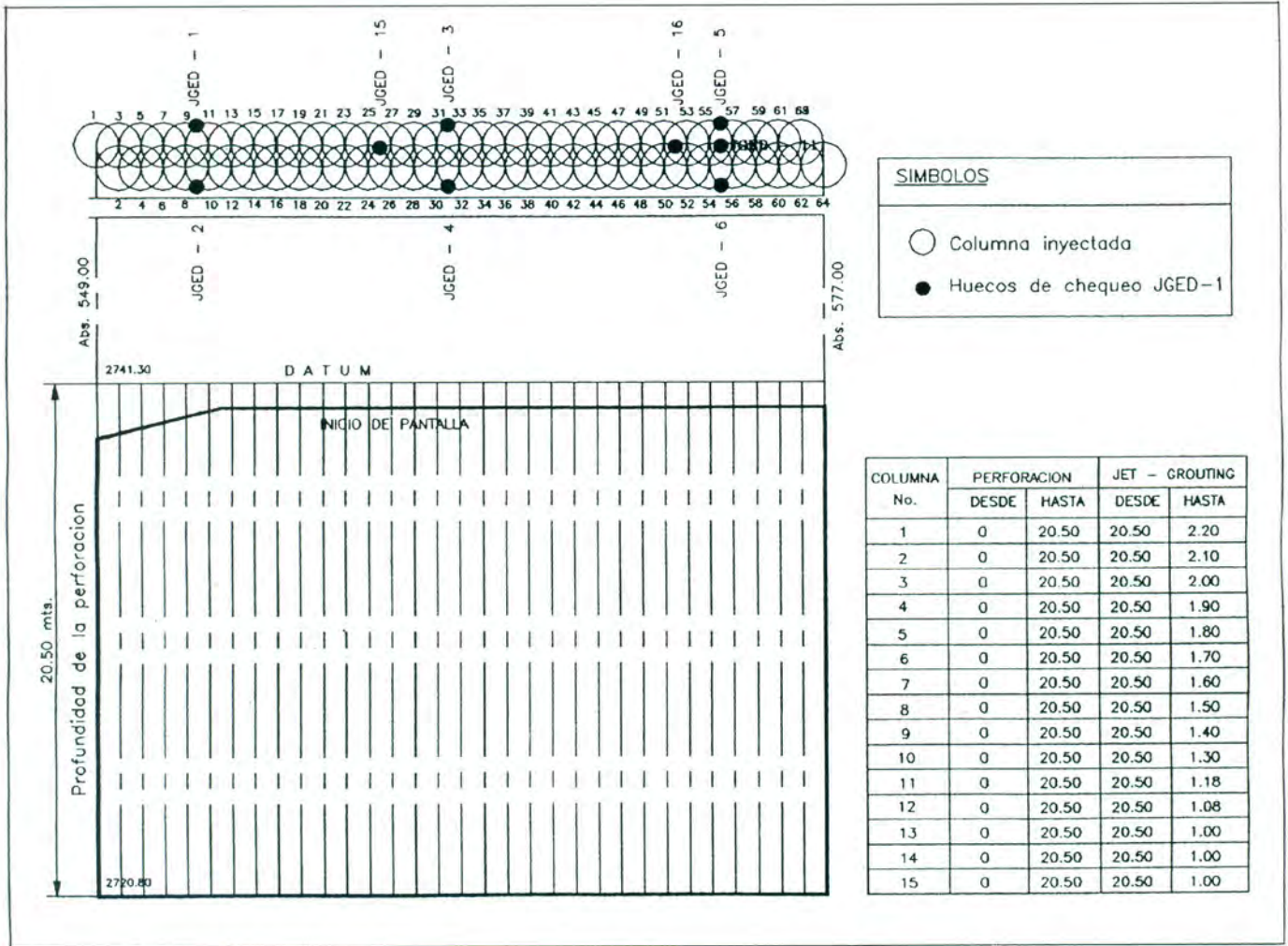


Figura 9. Jet-Grouting. Disposición típica de las columnas

dad del establecimiento de población vegetal en la zona.

Para la total recuperación biológica de la zona de la cantera se implantará un tipo de cobertura de bosque secundario que tiene alta capacidad de condensación y almacenamiento; esto puede tardar entre 5 y 8 años de establecimiento. Llevar la cobertura a bosque secundario tiene como ventaja una alta oferta ambiental de la vegetación para la fauna silvestre, por la diversidad de especies vegetales que constituyen nichos y fuentes de alimentación.

El terreno sobre el que se trabajará está ubicado entre las cotas 2.800 y 3.000 con pendientes su-

aves a moderadas, menores de 25°, y algunos sectores muy empinados en los cuales es difícil o casi imposible la plantación de especies arbóreas. En otros sectores del proyecto, tales como vías de acceso e instalaciones provisionales hechas por el contratista, se ha iniciado igualmente la recuperación, mediante la colocación de capa orgánica y cespiones para homogenizar el área del entorno ambiental. Estos sectores en total suman una superficie de unos 15.000 m².

Así mismo se han recuperado con cespiones todos los taludes excavados para la construcción de la estructura de control del reboadero, canal de descarga, estructura de disi-

pación y canal de entrega al río Teusacá. Finalmente, el acabado del espaldón de aguas abajo de la presa también incluye la colocación de tierra orgánica y cespiones, para completar un área tratada de 60.000 m².

Todo lo anterior indica que en este proyecto se ha dedicado especial atención a las medidas de reconformación y recuperación de áreas, para mitigar el impacto ambiental producido por la ejecución de los trabajos.

4.1.6.2 Otras fuentes

Para las mezclas de concreto y, en menor proporción, para la arena de los filtros, se utilizaron también agregados

de Tabio y arenas de la cantera Ebenecer, situada en inmediaciones de Hato Grande en Tocancipá.

4.1.7 Control de calidad

En los rellenos de la presa se ejecutaron ensayos de humedades, densidades, compactación y granulométricos para los distintos materiales. Cuando los materiales no cumplieron las especificaciones se ordenó, según fuera el caso, su retiro, humedecimiento o recompactación. En términos generales los materiales cumplieron los requisitos especificados, aun con valores superiores a los estipulados. En el caso específico de las densidades de los materiales de la zona 1 de la presa se obtuvieron valores promedios de 2,1 kg/cm², ampliamente satisfactorios para este tipo de material. Los coeficientes de permeabilidad K (cm³/s) en los materiales de la zona 1 variaron entre 10⁻⁴ y 10⁻⁵, valores éstos que se consideran aceptables para el comportamiento de los rellenos cuando esté en operación el embalse. De todas maneras, en el diseño de la presa se previó la construcción de filtros y drenes en forma de chimenea y luego como un manto drenante, para conducir las eventuales filtraciones a través del cuerpo de la presa y obtener el descenso de los niveles piezométricos en los rellenos.

4.1.8 Instrumentación

Para controlar el comportamiento de los rellenos durante la construcción y durante la operación del embalse se colocaron diferentes instrumentos a saber:

	<i>Cantidad</i>
Piezómetros Fundación	14
Piezómetros Relleno	24
Piezómetros Observación	6
Celdas de asentamiento	10
Registadores de movimiento vertical (RMV)	8
Acelerógrafos	2
Casetas de instrumentación	2
Caseta para acelerógrafo	1

Adicionalmente se colocaron puntos superficiales de control (mojones) distribuidos así:

	<i>Cantidad</i>
Presa - Cresta	13
Ataguía - Cresta	4
Espaldón - Ataguía	3
Espaldón - Aguas arriba presa	17
Espaldón - Aguas abajo presa	15

Actualmente se están procesando los análisis de lecturas de los instrumentos, los cuales vienen siendo graficados mensualmente. Sin embargo un primer resultado preliminar re-

vela asentamientos de unos 40 cm en la zona 2 de la presa, es decir el espaldón aguas abajo, y de unos 20 cm en la zona 1 del espaldón aguas arriba de la presa, concentrados relativamente en el centro del cañón y decreciendo hacia los estribos. Esta diferencia es explicable por tres razones principales: a) La naturaleza del material de la zona 1, que es básicamente limo arcilloso con fragmentos de lidita menores de 12"; la zona 2, diferente de la anterior, es mucho más granular y tiene un porcentaje de finos menor que el de la zona 1. b) El grado de compactación, por especificaciones, que se tiene en la zona 1 comparativamente con el de la zona 2, lo cual se refleja en los excelentes valores de densidad de la zona 1. c) El objetivo conceptual que cumplen los materiales de cada zona dentro del diseño del cuerpo de la presa.

No se espera un incremento significativo de los asentamientos con el tiempo, por las siguientes razones: a) La altura relativamente baja de la presa (59 m). b) El volumen de rellenos que es de sólo 2.750.000 m³. c) El buen comportamiento de los rellenos observados durante la construcción, comprobado con los ensayos de laboratorio y las lecturas de los diferentes instrumentos instalados.

Eficiencia con

PRECISION

Sistema Integrado de Presupuesto Programación y Control de Proyectos

salazar
ferro
Ingenieros s.a.

Cra. 53B No. 124-43
Tel.: 253 0720
Santafé de Bogotá, D.C.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA
Autopista Norte Km. 13 Tesl.: 676 0077 - 676 0372
A.A. 14520 Santafé de Bogotá, D.C.

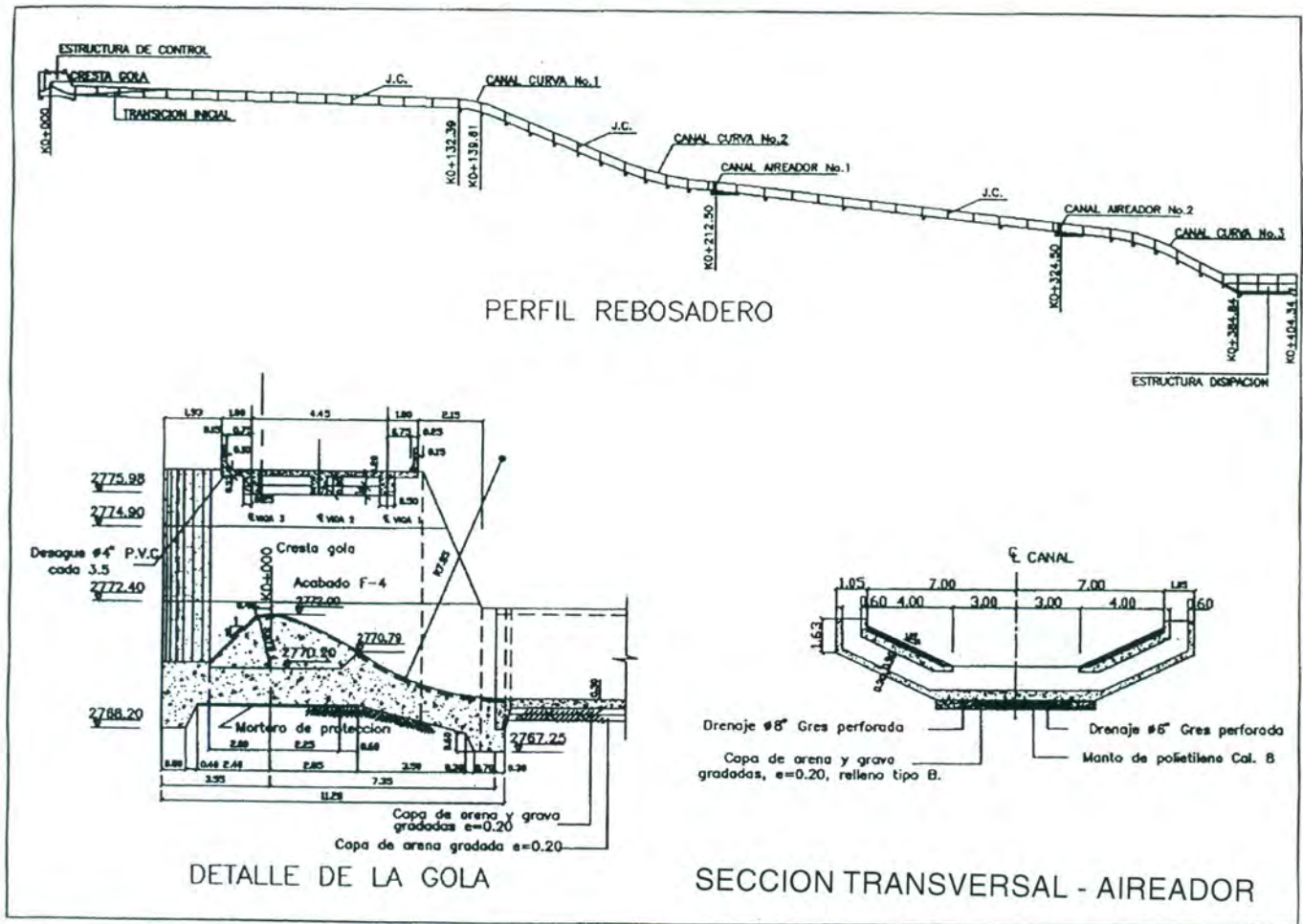


Figura 10. Perfil longitudinal. Rebosadero

4.2 REBOSADERO

El rebosadero consiste en un canal abierto, sin compuertas, en concreto con estructura terminal de disipación, con una longitud de 405 m, un ancho en el piso o solera de 8,0 m, taludes 2,0H:1,0V, y una capacidad de descarga de 117 m³/s, cuyas aguas entregará directamente al cauce del río Teusacá.

En el diseño se previó que constructivamente, una vez terminada la excavación del canal de descarga y protección de las arcillolitas con concreto pobre, se continuaría secuencialmente con la colocación del manto de material filtrante (0,20 m de arena y 0,20 m de grava), instalación de las tuberías de gres, perforadas y

no perforadas, para los circuitos de drenaje, colocación de la armadura y por último el vaciado de concreto, ejecutando primero la losa de fondo y luego las paredes. Entre vaciados de losas contiguas se dejó inicialmente un período de cinco días, de acuerdo con las especificaciones técnicas; posteriormente se redujo a tres días, atendiendo al buen comportamiento de los concretos en cuanto a resistencias y curado.

Para la contención de la capa de grava del filtro en las paredes del canal (pendiente 2,0H:1,0V) y en las losas del fondo con pendientes del 41% y 50%, se aplicó una capa rugosa de mortero que aseguraba la adherencia con el concreto e impedía

la deformación de la grava y su contaminación, facilitando la colocación de la armadura y el concreto.

En una primera etapa se colocó la capa de mortero de 2,0 cm dentro del espesor del recubrimiento en concreto de 30 cm, pero, debido a que el mortero se agrietaba considerablemente, se decidió hacerlo dentro del espesor de la capa de material de filtro, pasando de un espesor teórico de 40 cm a 38 cm.

En las Figuras 10 y 11 se muestran en secciones las características de esta obra.

Para verificar la resistencia de los concretos colocados se tomaron cilindros estándar para someterlos a compresión. En general se tomaron

12 cilindros de cada vaciado por cada clase de concreto fundido en un día. Cuando se conoció suficientemente el comportamiento de las mezclas y que los materiales se mantenían uniformes en sus características, se redujo el número de cilindros a seis, los cuales se ensayaron a 7, 28, 60 y 90 días.

Las resistencias a la comprensión obtenidas, que fueron a los 90 días de unos 350 kg/cm², en promedio, superaron ampliamente la resistencia especificada que era de 210 kg/cm²; esto por razón de los buenos agregados empleados, de la dosificación diseñada y del comportamiento del cemento Paz del Río, cuya curva de resistencia va incrementándose con el tiempo, con valores un poco superiores a los del resto de cementos.

5. OTRAS MEDIDAS AMBIENTALES

Como parte importante de las medidas ambientales en el proyecto San Rafael, se implementó un sistema de lagunas para la decantación de los sedimentos de las aguas efluentes de la planta de trituración y de las aguas provenientes de las quebradas de la cantera, con el fin de poderlas verter al río Teusacá sin contaminarlo.

Para tal efecto se hicieron siete lagunas o reservorios de agua, de los cuales cuatro se destinaron a recibir los efluentes de la planta de trituración de agregados y mezclas de concreto, y tres para recibir los efluentes de la cantera. También se construyó una laguna adicional con una capacidad de 260.000 m³, para recibir por bombeo las aguas provenientes de la laguna No. 3 en proximidades de la planta de trituración.

Con esta nueva laguna se obtuvieron las siguientes ventajas dentro del sistema de tratamiento de aguas:

El volumen disponible para la decantación simple

aumentó en cuatro veces la capacidad del sistema que era de unos 60.000 m³.

La turbiedad de las aguas disminuyó considerablemente.

Se aumentó significativamente el tiempo de retención a 245 días en la laguna adicional construida para tal fin.

Para el control de los vertimientos de agua al río Teusacá, se instalaron siete estaciones en los cuales se recogieron muestras para análisis de laboratorio que incluían pH, color, turbiedad, sólidos totales, sólidos disueltos totales, grasas y aceites.

Con estas medidas y con el decrecimiento del tiempo de utilización de la planta de trituración se manejó la calidad del agua de vertimiento.

Por otra parte, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en su afán de proporcionar bienestar social y disfrute del medio ambiente a la comunidad de La Calera, tiene programada la construcción de un parque mediante la configuración de un equipamiento recreativo y cultural de importancia regional y de carácter ecológico.

Con esto se busca desarrollar una campaña educativa de protección e incentivo de los recursos naturales, especialmente lo concerniente al agua y a sus diferentes ciclos. En dicho parque se tendrán áreas recreativas y culturales dedicadas al conocimiento de la tierra, el agua, el viento y el sol.

6. CONCLUSIONES

En el Proyecto San Rafael se obtuvieron rendimientos, durante la ejecución de las obras, que redundaron en adelantos en los diferentes frentes previstos en el programa general de construcción, así:



plinco Itda.
ingenieros s.c.i.

Instalaciones hidráulicas, sanitarias, gas, incendio, vapor, acueductos y alcantarillados

Tel. Fax: 346 04 11 - 255 17 78 - 212 73 88 - Calle 69A No. 4 -77 - Santafé de Bogotá - Colombia

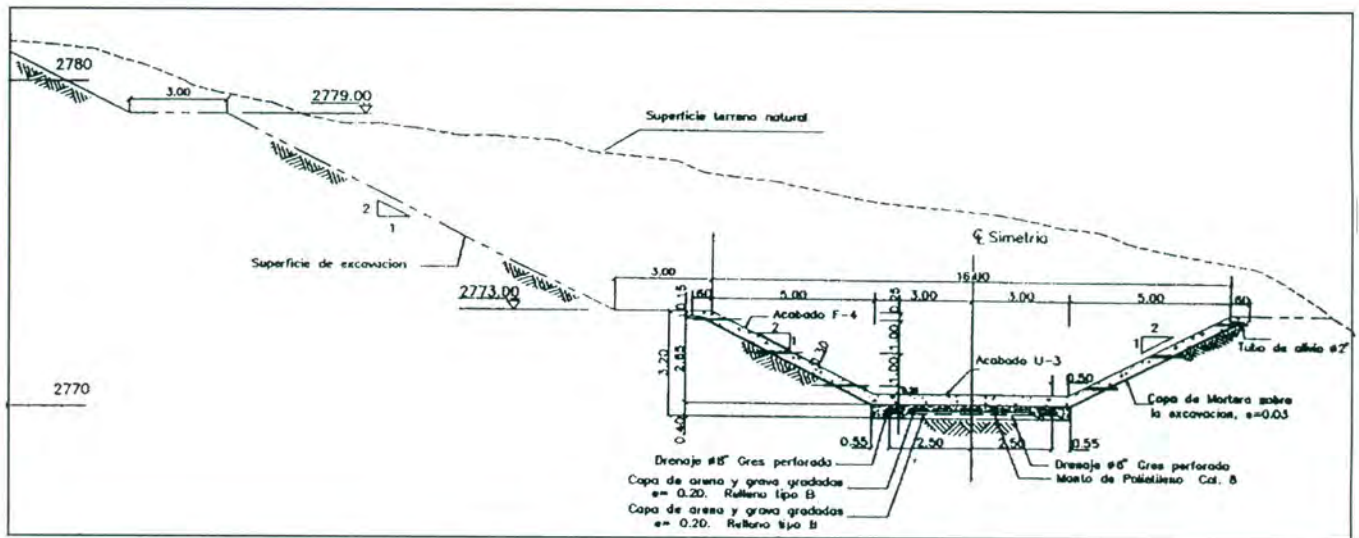


Figura 11. Sección típica. Rebosadero bermas

Estructura	Fecha de terminación	Adelanto
Presa - Rellenos	Julio 18/94	7 meses (ruta crítica)
Rebosadero	Marzo 31/94	10 días (no estaba en la ruta crítica)
Pantalla impermeable	Enero 31/94	12 días (no estaba en la ruta crítica)

- En el caso de la pantalla impermeable, con el sistema de *Jet-Grouting* se cumplieron las expectativas en cuanto a las especificaciones técnicas, de tal manera que se obtuvo en algunos sectores un ancho de pantalla mayor (2,3 m) que el especificado (1,5 m). En los huecos de chequeo que se ejecutaron, una vez terminada la pantalla, se pudo comprobar que existían vestigios bien evidentes de lechada (suelo-cemento) en los núcleos de roca recuperados. Las pruebas de agua a presión efectuadas (método Lugeon) arrojaron valores de 0 L o muy cercanos a 0,5 L.
- Aunque en el texto no se trató el tema de los costos de la obra, ésta resultó más económica que lo presupuestado en un 5% aproximadamente, que sumado a los adelantos en las fechas de terminación de los distintos frentes estipulados en el programa de construcción, arroja un balance muy favorable en la buena ejecución del proyecto.
- Las medidas de mitigación del impacto ambiental originado por la ejecución de las obras han sido implementadas en todos los frentes, mediante la conformación del terreno y la colocación de cespedones

en los taludes ya excavados del rebosadero, estribos de la presa, espaldón aguas abajo de la presa y sitios de instalaciones provisionales del contratista. Especial mención merece el tratamiento que se ha dado a la cantera, mediante la reconfiguración morfológica del área y la colocación de sustrato y capa vegetal sobre las superficies rocosas, actividades que están contempladas en la primera etapa. En la segunda etapa o recuperación biológica de la cantera se ha programado la plantación de especies nativas del bosque alto andino, con lo cual se busca restaurar las condiciones originales naturales que existían antes de la explotación de los materiales de la cantera. Adicionalmente se elaboraron informes técnicos para las diferentes entidades reguladoras del medio ambiente, a saber:

- "Plan de control de vertimientos del río Teusacá"
- "Plan de revegetalización cuenca alta del Teusacá"
- "Estudio del impacto ambiental del área"
- "Estudio del impacto socioeconómico"

Con este plan, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá se constituye en entidad pionera en la recuperación ambiental de las áreas de un gran proyecto que han sido afectadas por movimientos de tierra significativos efectuados en la construcción de una obra de beneficio público.

La Compañía de Ingeniería Nacional de Construcción, Topco, mediante subcontrato con el contratista principal Cogefarimpresit, demostró en la explotación de las canteras y la colocación de rellenos, tener suficiente capacidad operativa y técnica para desarrollar proyectos que involucren grandes movimientos de tierra

Impacto ambiental y los proyectos (2ª parte)

Ing. Luis Mario Barrera

Ingeniero civil, Universidad La Gran Colombia; magister en economía, Universidad de Los Andes; catedrático Escuela Colombiana de Ingeniería.

6. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL³

6.1 IMPACTOS ECONÓMICOS

Dentro de un proceso de evaluación de impacto que se produce en el ambiente, de acuerdo con la Ley de Políticas Ambientales de Estados Unidos de Norteamérica (capítulo 14), es necesario estimar efectos económicos, sociales y ambientales de los proyectos y programas propuestos.

Más de veinte estados tienen una legislación similar, lo cual exige que los proyectos y programas para los cuales se usarán recursos del Estado queden sujetos a la evaluación de sus efectos económicos, sociales y ambientales. Además, muchas jurisdicciones han establecido procedimientos de otorgamiento de licencias para instalación de generadores, líneas de transmisión y otras instalaciones relacionadas con los recursos públicos, que incluyen directivas para la evaluación de los efectos económicos, sociales

y ambientales de la instalación que se propone.

6.2 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

Para la evaluación de los efectos, se aplican los siguientes procedimientos:

a. Elaborar un perfil de las condiciones que existen en el área de

el perfil de las condiciones actuales, con el fin de indicar cuáles serían las condiciones futuras, en caso de no llevarse a cabo el proyecto o programa. La proyección debe abarcar la duración esperada de todos los demás proyectos o programas que se consideran. El futuro es incierto y por lo tanto, al hacer la proyección, se debe tomar una serie de valores que corresponda a una gama razonable de probables condiciones futuras.

c. Realizar proyecciones "con el proyecto o programa" identificando

los factores causales y previniendo sus efectos, para cada posibilidad en consideración se harán proyecciones de las condiciones con el proyecto o programa, incluyendo los períodos de pre-construcción, de construcción y de operación a lo largo de la duración prevista. Es necesario señalar los factores causales y sus posibles efectos económicos. Hay que considerar todas las relaciones interactivas de significación. La interrelación de los aspectos económicos, sociales y ambientales no se puede pasar por alto y debe ser considerada también.

d. Señalar los "efectos de significación". Un efecto de significación es aquel que puede influir de modo importante en el proceso de toma de decisiones. En la etapa más temprana posible del proceso de evaluación se debe hacer una determi-

La forma exacta de una EIA variará según el tema y el propósito de la evaluación, pero en todos los casos se debe considerar como un proceso continuo interactivo de identificación y evaluación del impacto, lo que debe dar lugar al desarrollo o modificación de políticas en vez de ser una simple investigación que conduzca a la producción de un documento de impacto.

planeación, determinando y presentando información estadística y de otra índole acerca de las condiciones existentes en el área de que se trate. Hay que hacer juicios y tomar decisiones, respecto a la definición del área de planeación (la cual puede estar delineada por una jurisdicción política, por una unidad hidrológica o por la naturaleza de los efectos del proyecto o los programas) y a los tipos de condiciones económicas que se consideren relevantes incluir en el perfil.

b. Realizar proyecciones de las condiciones "sin el proyecto o programa". Se debe ampliar y proyectar

3. FUENTE: Economía de los recursos naturales y política ambiental, PLAN RANDAL. University of Kentukey - 1985.

nación inicial de la significación. Esa determinación se debe considerar en cada etapa, sobre todo teniendo en cuenta las opiniones y reacciones del público.

e. Describir e ilustrar todos los efectos significativos. Describir, en términos cuantitativos, con la amplitud posible, los efectos de los diversos planes alternativos. Los efectos se deben describir de modo objetivo, designándolos tentativamente como benéficos o perjudiciales.

f. Evaluar los efectos y asignar valores a los efectos de significación, sean benéficos o perjudiciales, en términos monetarios cuando sea aplicable, en forma cuantitativa en lo posible y cualitativa en todo caso. Los supuestos o criterios en los cuales se base el juicio se deben exponer en forma explícita, ya que los segmentos del público pueden percibir cualquier efecto aislado en forma diferente. Junto con la evaluación de los efectos individuales se deben considerar los efectos totales, o la interacción como sistema de los efectos económicos, sociales y ambientales combinados.

g. Considerar las posibles modificaciones al proyecto cuando los efectos perjudiciales sean significativos. Como la evaluación de los impactos es parte integrante del proceso de planeación, la identificación de los efectos perjudiciales significativos debe llevar a considerar la posibilidad: a) de mitigar o eliminar el efecto minimizándolo o reduciéndolo a un nivel aceptable de intensidad, o b) de compensarlo incluyendo un efecto positivo que lo contrarreste. Siempre se debe reconocer la posibilidad de que un efecto negativo identificado sea de magnitud o carácter tal, que no se puede aceptar teniendo en cuenta los intereses del público, ni corregirlo introduciendo modificaciones en el proyecto. En tal caso, se deben formular uno o más planes alternativos, tendientes a evitar consecuencias negativas inaceptables. El "no emprender la acción" es siempre una de las posibilidades que se deben considerar.

h. Buscar evaluación adicional en otras fuentes; los procedimientos adecuados de evaluación de efectos requieren diversas fuentes de información y una retroalimentación constante. En una etapa inicial se debe

buscar el intercambio con las diferentes entidades del Estado y locales, con los grupos privados y con las personas interesadas. A medida que avanza la evaluación de los efectos se debe consultar formalmente con dependencias del Estado, instituciones locales y grupos de personas interesadas identificables. Se debe recurrir a los procedimientos prescritos de participación del público y audiencias públicas.

i. Usar la evaluación de efectos al hacer recomendaciones.

j. Elaborar una exposición de resultados.

k. Usar la evaluación de efectos al redactar la declaración sobre efectos en el ambiente.

6.3 EVALUACIÓN (EIA)⁴

Se desarrolla la EIA como un proceso para la evaluación de proyectos con antelación a la construcción, pero este procedimiento se puede aplicar a un amplio margen de circunstancias.

Puede emplearse para evaluar proyectos, políticas y planes, y en algunos casos es útil para someter desarrollos establecidos a la EIA para determinar sus efectos pasados y presentes sobre el ambiente y señalar las modificaciones que puedan introducirse para mitigar los impactos negativos. La forma exacta

de una EIA variará según el tema y el propósito de la evaluación, pero en todos los casos se debe considerar como un proceso continuo interactivo de identificación y evaluación del impacto, lo que debe dar lugar al desarrollo o modificación de políticas en vez de ser una simple investigación que conduzca a la producción de un documento de impacto.

Tradicionalmente las evaluaciones del impacto ambiental han sido un instrumento tanto de la planificación como de la toma de decisiones.

Las evaluaciones se ocupan de identificar, predecir y evaluar los efectos potenciales sobre el ambiente, de las actividades públicas y privadas del desarrollo. Suministran información acerca de la situación actual y las tendencias futuras de los recursos ambientales y proponen alternativas de acción. Las evaluaciones han sido aplicadas en muchos países industrializados y en vía de desarrollo en el último decenio, en muchos casos con beneficios sustanciales, entre ellos una re-



4. FUENTE: Organización Panamericana de la Salud.

ducción de los efectos perjudiciales de los proyectos sobre el ambiente, la integración de la valorización ambiental en la toma de decisiones de gobiernos e industrias, y ahorro en los costos.

La gestión ambiental (GA) aprovecha la información y el análisis de la EIA y le agrega un elemento de dinamismo al diseñar estrategias para proteger y conservar el ambiente y al concentrarse en la aplicación de esas estrategias. La gestión ambiental determina todos los elementos prácticos necesarios para aplicar una estrategia ambiental propuesta, esto es, el tipo de expertos técnicos, el costo y el cronograma de su ejecución y los pasos necesarios para resolver todo conflicto que se presente.

Una diferencia básica entre estos instrumentos complementarios se debe a que las EIA se ocupan principalmente de determinar los "problemas ambientales", tanto potenciales como existentes, mientras que la GA destaca la cuestión de la identificación y el aprovechamiento de las oportunidades ambientales.

En otras palabras, una EIA es un instrumento meramente descriptivo y de planificación que es útil para determinar inicialmente qué sucede en el ambiente (o qué podrá sucederle), mientras que la GA es un conjunto de instrumentos más dinámicos, orientados a la acción, que facilitan la preparación, aplicación y supervisión de las estrategias para proteger, mejorar y conservar el ambiente. La pregunta clásica que las EIA contestan es "qué es necesario hacer". La pregunta básica que responde la GA es "cómo hay que hacerlo". En consecuencia, el primer paso de una estrategia de gestión ambiental es realizar algún tipo de EIA.

6.3.1 Principales etapas en la Evaluación de Impacto Ambiental

La primera etapa será la evaluación del impacto del proyecto sobre los parámetros ambientales primarios. La segunda etapa será evaluar el impacto de cualquier alteración de los



parámetros ambientales primarios, secundarios o terciarios. Las dos primeras etapas están incluidas en el proceso regular de EIA y no son específicos para el componente de salud.

El componente de salud comienza con la tercera etapa, que es el examen de los parámetros ambientales que tengan o no significado en la salud. Solamente los parámetros ambientales que tengan un significado en la salud se llamarán parámetros de salud ambiental y serán considerados en una etapa posterior.

La cuarta etapa es la evaluación cuantitativa de la exposición de las poblaciones a los parámetros ambientales, es decir, qué tanto el proyecto puede aumentar el contacto entre las personas y los agentes infecciosos u ofensivos. Esta etapa de evaluación del impacto de la exposición es con frecuencia más importante que la tercera etapa para evaluar el impacto sobre la magnitud de los parámetros del ambiente, debido a que un factor del ambiente tendrá un efecto en la salud sólo si poblaciones sensibles son expuestas a él.

La quinta etapa es la evaluación de cuánto aumentaría la exposición de las poblaciones expuestas, particularmente aquella considerada de alto riesgo.

La sexta etapa será la evaluación de cómo el proyecto afectará la salud humana en términos de mortalidad y morbilidad. Para efectuar esta etapa se sugiere un conocimiento adecuado de la relación dosis-respuesta.

6.3.2 Contenido de las EIA

La descripción de cada uno de los elementos básicos que debe contener una EIA se presenta en forma breve.

6.4 ACTIVIDADES INICIALES

6.4.1 Descripción del proyecto

En esta actividad se requiere la recopilación de la información específica del proyecto por desarrollar, incluyendo localización y características de diseño, principalmente sobre los componentes que se estime que puedan ocasionar impactos sobre el ambiente.

El nivel de detalle de la información por recopilar depende del tipo de proyecto.

6.4.2 Identificación de posibles impactos

Esta actividad, cuyo objetivo es la identificación de los posibles impactos que se puedan presentar durante la construcción y operación del proyecto y de sus alternativas, representa una etapa crítica en el proceso de las EIA, ya que es necesario conocer los factores que causan impacto para describir el ambiente afectado y la salud de la población sujeta a riesgo, para poder predecir los impactos anticipados sobre el ambiente y la salud.

Tanto la literatura genérica como los estudios específicos pueden proporcionar información valiosa sobre los impactos en factores físicos, ecológicos, ambientales, socioeconómicos y de salud del proyecto de desarrollo.

6.4.3 Descripción del área afectada

Esta actividad está enfocada a describir los factores que constituyen el ambiente donde se establece el proyecto propuesto. Los factores involucrados son los físico-químicos, biológicos, culturales, socioeconómicos y de salud de la población.

Para esta descripción se requiere información cualitativa y para varios factores ambientales datos cuantitativos específicos.

De igual forma, resulta conveniente recopilar información de la tendencia histórica del ambiente y

la salud pública en la zona bajo estudio. Sin embargo, es importante considerar que el desarrollo de un proyecto afectará, en forma más o menos intensa, el ambiente y la salud pública por lo general de manera distinta de las perturbaciones que dicho sistema haya sufrido en su historia pasada.

ACTIVIDADES EN EL PROCESO DE LA EIA

INICIALES

- Descripción del proyecto
- Identificación del impacto
- Descripción del ambiente afectado.

INTERMEDIAS

- Predicción del impacto
- Evaluación (significancia)
- Medidas de mitigación
- Selección de la acción propuesta

FINALES

- Monitoreo ambiental
- Documentación escrita
- Auditoría

6.5 ACTIVIDADES INTERMEDIAS

6.5.1 Predicción de impactos

Esta actividad, que representa la etapa técnica fundamental de las EIA, requiere de información cualitativa relacionada con los tipos de impacto en información cuantitativa relativa a los factores ambientales y de salud. Además, es necesario recopilar la información concerniente a técnicas de predicción y datos básicos requeridos para su utilización.

6.5.2 Evaluación de impactos

Con el fin de interpretar y evaluar los impactos predichos, en esta actividad se requiere información relativa a normas, criterios y reglamentos cualitativos. Además, en esta etapa del estudio es necesario el juicio profesional de los integrantes del grupo interdisciplinario de trabajo.

6.5.3 Medidas de mitigación del impacto ambiental

La información requerida para la ejecución de esta actividad se relaciona con aquellas medidas que se pueden aplicar para reducir los impactos adversos sobre el ambiente que se ocasionen por el proyecto propuesto.

En esta actividad es necesario recopilar tanto la información genérica relacionada con medidas de mitigación como información específica relativa a la clase de proyecto.

6.5.4 Selección de la acción propuesta

La evaluación de alternativas y la selección de la acción propuesta representa la etapa central del proceso de las EIA.

Las metodologías que se empleen para la toma de decisiones representan el punto básico para el desarrollo de esta actividad. Dependiendo de la metodología seleccionada, puede ser necesario elaborar criterios para definir la importancia relativa respecto a los factores de decisión.

Otra información requerida para la ejecución de esta etapa de estudio se relaciona con las técnicas para incorporar la participación pública en la selección de la acción propuesta.

6.6 ACTIVIDADES FINALES

6.6.1 Monitoreo de impactos ambientales

Debido a la importancia creciente del monitoreo ambiental del proyecto, durante la construcción, operación y terminación (una vez evaluada su vida útil), es necesario contar con la información relativa a la planeación y conducción del programa de monitoreo ambiental.

6.6.2 Preparación del documento

La información requerida para esta actividad se encuentra en manuales para la preparación de informes técnicos. Existen recomendaciones específicas para facilitar la compren-

El desarrollo sostenible se entiende como el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras.

sión del documento a las diversas personas que integran el grupo que tomará la decisión de aprobar la ejecución del proyecto propuesto.

6.6.3 Auditoría

La auditoría es una actividad relativamente nueva dentro de las EIA. Su objetivo central es verificar el cumplimiento de lo aprobado por parte de la agencia responsable, de los distintos aspectos del proyecto en sus diferentes etapas.

Como se señala en este breve resumen de los pasos que se deben seguir al evaluar los efectos, el proceso es inclusivo por naturaleza y forma parte del de planeación de proyectos y programas. Para el proceso de evaluación es necesario recurrir a muchos tipos de experiencia y al juicio maduro y capacidad de solución del personal calificado de las diferentes dependencias, apoyado con la retro-alimentación proveniente de muy diversas fuentes obtenidas informalmente, y luego, de manera formal, mediante los procesos de participación del público y de audiencias públicas.

7. IMPACTOS ECONÓMICOS

Con la evaluación de impactos, la diversidad de los efectos económicos que se consideran es sustancialmente mayor que la que se considera durante el análisis de costo-beneficio. La atención se concentra en los impactos económicos que se producirán en el área de planeación del proyecto o programa y, más generalmente, en la forma en que esos impactos económicos afectarán la calidad de la vida en dicha área. Por tanto, el enfoque específico del análisis de costo-beneficio sobre la eficiencia económica es mucho más limitado que el

enfoque general de la evaluación del impacto económico.

A continuación se presentan algunos efectos económicos que han de ser tenidos en cuenta:

- El desarrollo económico nacional.
- El desarrollo económico regional.
- Patrones de crecimiento de la población y de migración.
- Uso de la tierra.
- Servicios e instalaciones públicas.
- Actividad agrícola y suelos de buena calidad.
- Las finanzas de los gobiernos estatal y local.
- La defensa nacional.
- Interacciones entre efectos económicos, sociales y ambientales.

7.1 EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Desde hace ya varios años ha venido adquiriendo importancia creciente el concepto de desarrollo sustentable, como un reflejo de la mayor compren-

de producción: la tierra, el capital y el trabajo. Los primeros economistas reconocían la importancia decisiva de los recursos naturales en el proceso económico, y los incluían bajo el nombre de "tierra" en sus análisis.

Posteriormente, las teorías marginalistas de finales del siglo pasado llegaron a hablar solamente de capital y trabajo, de manera tal que los recursos naturales pasaron a ser considerados simplemente una forma especial del capital. Especial en el sentido de que se suponía que los de naturaleza renovable (el agua, el aire, la vegetación, la fauna, el espacio físico, el clima) no se desgastaban en el proceso de producción, con diferencia de lo que ocurre con los demás bienes de capital (maquinaria, edificaciones, etcétera) o con los recursos naturales no renovables (reservas minerales, por ejemplo).

En otras palabras, se suponía que al no sufrir desgaste los recursos naturales renovables, el desarrollo económico no se vería limitado por este concepto, y de allí que el énfasis debía hacerse en la necesidad de acrecentar el acervo de capital y de trabajo, claves para aumentar la producción.

La experiencia acumulada durante dos siglos de industrialización ha mostrado hasta la saciedad que la teoría es falsa. Los recursos naturales renovables sí son desgastables. El agua y el aire se corrompen con emisiones químicas; la vegetación, la fauna y la capa vegetal se destruyen por manejos inadecuados; el clima es alterado por residuos contaminantes de la atmósfera, como ocurre con la capa de ozono; el espacio físico es arruinado por la construcción indiscriminada, el hacinamiento y la erosión.

En algún punto crítico el desgaste de los recursos naturales renovables en un país o región llega a frenar el

La pregunta clásica que las EIA contestan es "qué es necesario hacer". La pregunta básica que responde la GA es "cómo hay que hacerlo". En consecuencia, el primer paso de una estrategia de gestión ambiental es realizar algún tipo de EIA.

sión que hoy se tiene de las interrelaciones entre la economía y los fenómenos ecológicos.

El desarrollo sostenible se entiende como el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.

En realidad lo que el concepto desarrollo sustentable hace es devolverles a los recursos naturales el papel que tuvieron en la primera etapa de la creación de la teoría económica, cuando se hablaba de tres factores

crecimiento de la producción, incluso a precipitar su declinación, como ya ha ocurrido en tantas partes donde la desertificación acabó con la posibilidad de sostener una población, por ejemplo.

Puesto de otra manera, el desarrollo se volvió no sustentable en regiones que permitieron la destrucción de sus recursos naturales renovables.

El punto es crítico para Colombia, cuya única ventaja natural para enfrentar un mundo crecientemente competitivo es su generosa dotación de recursos naturales, especialmente los de carácter renovable derivados de su localización en el trópico húmedo.

8. ANÁLISIS DEL INSUMO-PRODUCTO COMO INSTRUMENTO PARA ESTIMAR LOS IMPACTOS EN EL DESARROLLO ECONÓMICO NACIONAL

Las economías local y regional son complejas e interactuantes; un aumento de la actividad económica en el sector agrícola, o en uno o más sectores comerciales e industriales, hace aumentar, por lo general, la actividad en cada sector de la economía local y regional. Por ejemplo, un incremento de la actividad agrícola debido a la irrigación, o un incremento de la actividad industrial debido a que se han proporcionado servicios de navegación, darán lugar, muy posiblemente, a una mayor actividad económica en el comercio de mayoreo y de menudeo, en los servicios financieros y en el sector del gobierno.

El análisis del insumo-producto es una técnica mediante la cual se pueden modelar las interacciones que generan las acciones dentro de la economía regional, y se pueden proyectar los efectos de la expansión ocurrida en uno o más sectores, sobre el empleo, la producción y el ingreso de otros sectores y de toda la economía.

El análisis del insumo-producto es un método sustancialmente simplificado para analizar la interdependencia económica. Se toma como unidad de producción el sector industrial, más bien que la empresa. Se supone que la función de producción de cada sector es del tipo de coeficiente constante. Así, pues, no se aborda la cuestión del nivel óptimo de producción. El sistema no contiene funciones de utilidad y las demandas del consumidor se consideran exógenas.

Estos supuestos son bastante radicales, pero tienen la ventaja de que permiten establecer un modelo interactivo simple que se puede estimar empíricamente con relativa facilidad.

El análisis del insumo-producto de una economía regional se basa en una contabilización detallada del flujo de bienes y servicios en términos de dinero a una fecha determinada. Parte de ese flujo tiene lugar entre industrias dentro de la economía regional; otra parte puede ser entre la región y "el resto del mundo" a través de los sectores de importación y exportación, y

el resto fluye hacia un sector de "demanda final", definido como el sector de demanda final. En el caso de una economía que tiene n sectores, los coeficientes de insumo-producto entre industrias se disponen como una matriz $\underline{A} = (a_{ij})$, donde:

$i = 1, 2, \dots, n$ y $j = 1, 2, \dots, n$ la producción total de la industria, i, x , debe satisfacer la ecuación siguiente:

$x_i = a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{in} X_n + d_i$, donde d_i es la demanda final de producción de la industria i . Por tanto, el vector de demanda final D se puede representar:

$(I - A) C = d$, donde I es una matriz de identidad $n \times n$. La solución del conjunto de n ecuaciones simultáneas representado por la matriz que antecede viene a ser:

$$X = (I - A)^{-1} d.$$

De acuerdo con esta solución, es relativamente sencillo determinar los efectos que producirá en el ingreso, en la producción y en el empleo, un cambio en el nivel de actividad de una industria cualquiera i , o un cambio en la demanda final d . El análisis del insumo-producto ha sido aceptado, pese a sus supuestos rígidos y un tanto poco realista, como el instrumento básico del análisis de los sistemas económicos regionales

**AMAYA
REYES & CIA.
INGENIERIA ELECTRICA**

**DISEÑOS
MONTAJES
INSTALACIONES
ELECTRICAS**

**CARRERA 9 No. 80 -15 Of. 506
TELEFONO 255 78 81 FAX 255 91 41
SANTAFE DE BOGOTA, D.C.**

Balance hidrotérmico del sistema interconectado nacional

Ing. Pedro Nel Vidal Rivera

Ingeniero civil Ms CHE; vicepresidente de la Comisión de Energía y miembro de la Comisión de Hidráulica SCI

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de estimar la magnitud de la capacidad térmica requerida para atender de manera confiable la demanda del sistema eléctrico nacional en condiciones de hidrología crítica, analizar

su utilización en condiciones de hidrología normal, y prever su participación en los planes de expansión, se elaboró un balance hidrotérmico con base en la oferta de energía hidroeléctrica.

El parque generador del sistema tiene una capacidad instalada dispo-

nible para generación de 9660 MW, de los cuales el 80% es hidráulico (7700 MW) y el 20% restante térmico (1960 MW). La demanda de energía actual es del orden de los 37500 GWh al año, equivalente a 3125 GWh/mes.

PROCEDIMIENTO

El balance se efectuó con técnicas de programación dinámica determinística y para cada central se determinó como

BALANCE HIDROTÉRMICO DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

RESUMEN DE RESULTADOS

RESULTADOS DEL BALANCE	ENERGIA FIRME EN CONDICIONES CRÍTICAS (H 80% PSS)		ENERGIA MEDIA EN CONDICIONES NORMALES (H 50% PSS)	
	Filo de Agua GWh	Uso de Embalses GWh	Filo de Agua GWh	Uso de Embalses GWh
	HIDROELÉCTRICAS EXISTENTES Oferta de producción (77000 MW) COMPLEMENTO TÉRMICO MÍNIMO Para producir la EMA (1847 MW)	29.813	36.013	37.673
	10.244	4.051	5.737	1.437
TOTAL OFERTA DEL SISTEMA	40.057	40.064	43.410	43.410

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

OPTIMIZACION DEL SISTEMA	ENERGIA FIRME EN CONDICIONES CRÍTICAS (H 80% PSS)				ENERGIA MEDIA EN CONDICIONES NORMALES (H 50% PSS)			
	Filo de Agua GWh		Uso de Embalses GWh		Filo de Agua GWh		Uso de Embalses GWh	
	HIDROELÉCTRICAS EXISTENTES Oferta de producción (77000 MW) COMPLEMENTO TÉRMICO ACTUAL Para producir la EMA (1960 MW): Trabajando con FU = 25% Trabajando con FU = 63%	29.813	29.813	36.013	36.013	37.673	37.673	41.973
	4.292	-	4.292	-	4.292	-	4.292	-
	-	10.817	-	10.817	-	10.817	-	10.817
TOTAL OFERTA OPTIMIZADA	34.105	40.630	40.305	46.830	41.965	48.490	46.265	52.790

El sistema hidroeléctrico nacional requiere un complemento térmico mínimo de 1847 MW equivalente al 19% de la capacidad total instalada (9.660 MW - 1994).

BALANCE HIDROTÉRMICO DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL INFORMACIÓN BÁSICA DE LAS CENTRALES

CENTRAL	CAPACIDAD INSTALADA MW	CAUDAL EQUIPADO M3/S	CAUDAL ANUAL			FACTOR DE ENERGÍA Kwh/m ³	ENERGÍA FIRME EN CONDICIONES CRÍTICAS (H 80% PSS)				ENERGÍA MEDIA EN CONDICIONES NORMALES (H 50% PSS)			
			firme M3/S	medio M3/S	máximo M3/S		Filo de Agua GWh	Complemento Térmico GWh	Uso Embal. GWh	Complemento Térmico GWh	Filo de Agua GWh	Complemento Térmico GWh	Uso Embalse GWh	Complemento Térmico GWh
SAN CARLOS	1240	264	116,30	145,65	178,29	1,35	4960	1397	5033	1324	6213	675	6286	602
GUAVIO	1000	110	53,89	72,09	89,16	2,6	4421	1835	6257	0	5470	1244	6713	0
CHIVOR	1000	168	59,83	81,69	98,90	1,8	3416	1929	4555	790	4533	1389	5672	250
Cadenas río Bogotá	1150	75	22,11	36,66	49,05	4,19	2893	1439	4330	0	4051	677	4730	0
GUADALUPE	270	63	37,92	46,27	53,51	2,38	2852	679	3054	477	3480	432	3682	230
GUATAPÉ	560	88	35,13	46,28	59,02	1,77	1964	658	2622	0	2588	282	2872	0
TASAJERA	320	50	29,45	36,52	44,39	2,19	2024	414	2243	195	2386	168	2556	0
BETANIA	510	822	353,55	456,38	541,77	0,16	1788	534	1951	371	2307	224	2470	61
ALTO ANCHICAYÁ	340	99	41,07	49,76	58,36	1,00	1297	331	1327	310	1570	161	1601	131
PLAYAS	200	126	90,98	112,89	137,88	0,44	1263	268	1287	244	1479	126	1503	102
SALVAJINA	270	350	100,98	138,21	169,94	0,26	828	346	1018	156	1133	137	1270	0
JAGUAS	170	80	33,33	39,94	47,45	0,59	622	138	722	38	745	84	829	0
BAJO ANCHICAYÁ	64	110	66,67	83,93	100,32	0,17	358	105	358	105	445	51	445	51
SAN FRANCISCO	135	24	34,53	49,36	59,52	0,34	257	3	257	3	257	3	257	3
ESMERALDA	30	22	31,83	45,39	54,72	0,38	252	3	252	0	252	3	252	3
CALIMA	120	76	9,32	13,38	16,46	0,49	144	67	211	0	207	28	234	0
PRADO	55	115	30,43	50,34	67,04	0,12	115	83	175	23	190	42	232	0
ÍNSULA	18	23	24,63	35,22	42,69	0,22	140	6	140	6	146	2	146	1
RIOMAYO	21	13	8,25	8,25	8,25	0,45	117	3	117	3	117	3	117	3
FLORIDA	29	27	11,73	11,73	11,73	0,28	104	6	104	6	104	6	104	0
TOTALES	7502	2705	1192	1560	1888	N.A.	29813	10244	36013	4051	37673	5737	41973	1437

NOTA:

- No se consideraron las siguientes Centrales que totalizan 181 MW :
Calderas (18 MW), Río Grande I (75 MW), Piedras Blancas (10 MW), Troneras (35 MW), Ayurá (15 MW), Las Palmas (18 MW) y Río Negro (10 MW).
- La CAPACIDAD TOTAL INSTALADA es de : 7502 MW + 181 MW = 7683 MW

función objetivo la producción de energía media anual (EMA), distribuida uniformemente a nivel mensual, en condiciones de hidrología crítica, media y máxima. En todos los casos se analizó la producción filo de agua y la alternativa de utilizar los embalses para estimar los beneficios de un menor requerimiento térmico.

La oferta de energía firme corresponde a la que puede ser producida en condiciones de hidrología crítica o del 80% de probabilidad de ser superada (H 80% PSS). La oferta de energía media es la que se produce en condiciones de hidrología normal (H 50% PSS), y la oferta de energía máxima la que puede producirse en condiciones de hidrología máxima (H 20% PSS).

La generación de cada central tiene como restricciones el caudal equipado o capacidad de planta, la disponibilidad mínima de unidades de generación, el volumen de embalse útil y la capacidad de las tomas y conducciones en las centrales de derivación.

La capacidad térmica máxima requerida para satisfacer la demanda está determinada por la diferencia entre la función objetivo y la energía firme generable a filo de agua en condiciones de hidrología crítica. Este requerimiento se optimizó mediante la utilización de los embalses y para el efecto se consideró un desembalse equivalente al complemento térmico estimado en la alternativa filo de agua o el desembalse total en los casos en

que dicha equivalencia resulta mayor al volumen útil del embalse. Para la recuperación de los embalses se estimó el excedente hídrico con base en los aportes que no se generan por sobrepasar la capacidad de la central o por sobrepasar la función objetivo. Estos últimos, a pesar de que pueden ser generados como energía secundaria, se reservan para garantizar el llenado del embalse.

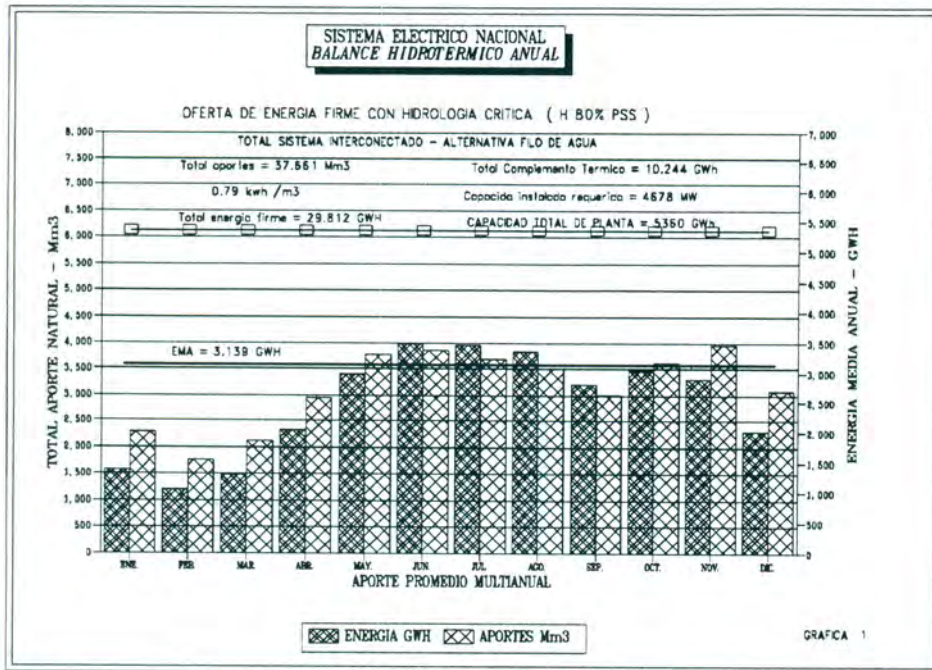
Las centrales hidroeléctricas con embalse regulador garantizan una producción de energía uniformemente distribuida durante todo el año, que puede ser optimizada en el verano de manera compatible con la energía de invierno, y únicamente requieren complemento térmico en la medida en que no regulan el caudal medio. Las

CONCLUSIONES

Los resultados indican que en condiciones de hidrología crítica el sistema podría atender una demanda de 40.000 a 46.000 GWh al año, para lo cual se requiere un soporte térmico garantizado y disponible para generación de 1850 MW. La generación mínima técnica sería de 4.100 GWh con un factor de utilización del 25% y la óptima de 10.250 GWh con un factor de utilización del 63%.

En condiciones de hidrología normal el sistema podría atender una demanda de 46.000 GWh a 52.000 GWh al año, con un soporte térmico garantizado y disponible para generación de 1850 MW. La generación mínima técnica sería de 4.100 GWh con un factor de utilización del 25% y la óptima de 10.250 GWh con un factor de utilización del 63%.

Independientemente de las condiciones hidrológicas se observa que el sistema puede garantizar una producción de 40.000 GWh al año con el 100 % de confiabilidad y una producción de hasta 46.000

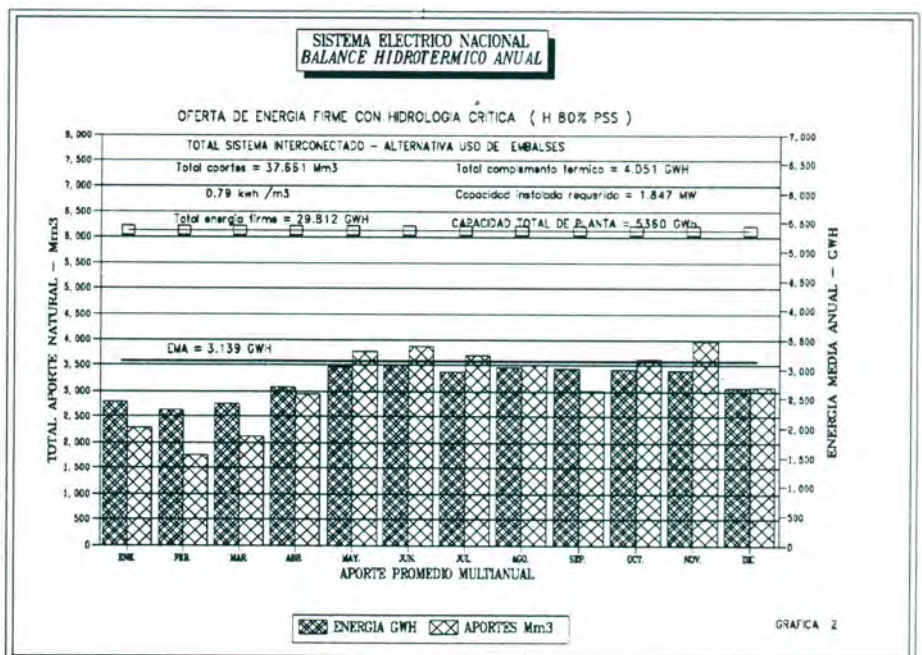


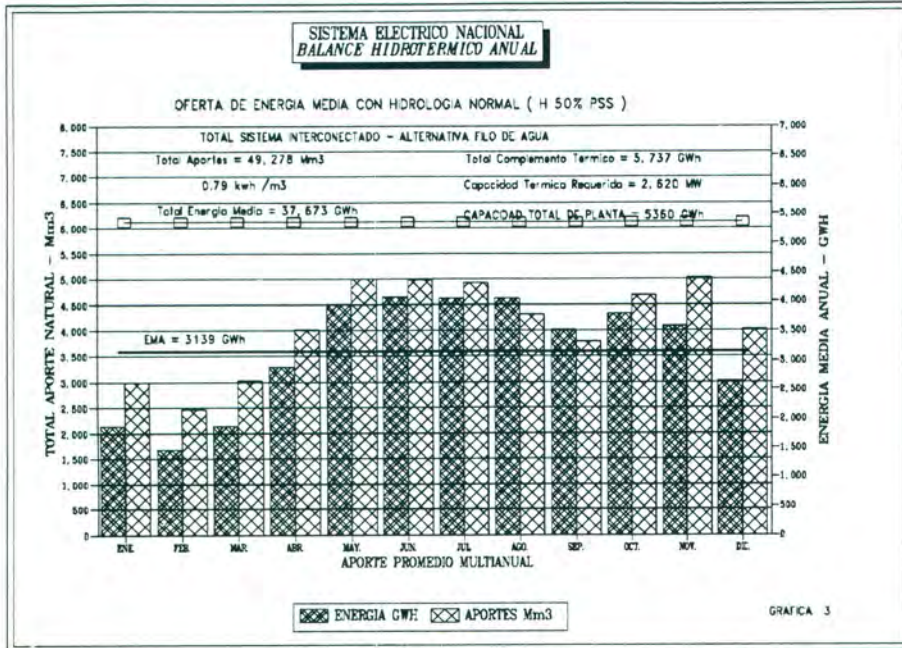
centrales hidroeléctricas filo de agua por carecer de embalse o tener poca regulación son más susceptibles a las variaciones hidrológicas y por tanto requieren un complemento térmico mayor.

En el período de verano los embalses asumen el déficit hidrológico propio de cada cuenca y las centrales térmicas asumen los déficit de energía de ambos tipos de central. En el período de invierno los embalses recuperan su nivel máximo y adicionalmente existe la posibilidad de generar energía secundaria para sustituir térmica y optimizar así la operación del sistema con criterio de mínimo costo. Sin embargo, esta práctica en condiciones de hidrología inferiores al promedio debe ser en extremo cuidadosa para no comprometer la recuperación de los embalses.

La Tabla 1 resume los resultados del balance y la optimización del sistema y la Tabla 2 registra la información básica del mismo. En las Gráficas 1 a 4 se muestran la producción filo de agua y la alternativa de utilización de embalses en condiciones

de hidrología crítica y normal, respectivamente. Estas gráficas permiten visualizar el efecto regulador de los embalses y en consecuencia la disminución del complemento térmico.





GWh al año si el parque térmico garantiza su funcionamiento. De esta forma se podría atender la demanda hasta el año 1999 con una tasa de crecimiento promedio del 5% anual. Un mayor plazo en el cubrimiento de la demanda estaría dependiendo del desarrollo de los programas de racionalización del consumo y de sustitución de energéticos.

La demora que se ha presentado en la iniciación de nuevos proyectos de generación, tanto térmicos como hidráulicos, permite prever que a partir del año 2000 se puedan presentar nuevas situaciones de déficit, si no se acomete desde ahora la construcción de nuevos proyectos.

RECOMENDACIONES

En el corto plazo es indispensable recuperar y mantener el parque térmico actual (1960 MW), especialmente si se tiene en cuenta que en los próximos años podrían salir de servicio unos 400 a 600 MW térmicos. Se considera conveniente elaborar un análisis de oferta térmica que permita conocer el estado y disponibilidad de

este recurso de acuerdo con el tipo de combustible utilizado. El estudio podría incluir las perspectivas que tienen los recursos no renovables en la sustitución de energéticos y su utili-

zación en otros sectores de la economía.

En el largo plazo y para garantizar el servicio eléctrico es necesario definir desde ahora el plan de expansión hidráulico para el próximo siglo. Un sistema hidrotérmico como el colombiano, preponderantemente hidráulico (80%) y con solo el 8% de su potencial aprovechado, no puede descuidar este valioso recurso de mínimo costo en el largo plazo y mucho menos después de haber alcanzado un grado de regulación hidrológico importante.

En el futuro los proyectos hidroeléctricos que se seleccionen para construcción deberán proporcionar suficiente capacidad de regulación y embalse con el propósito de afianzar energía firme. En su defecto los proyectos filo de agua deberán localizarse en cuencas donde las variaciones de caudal sean mínimas para no incrementar en exceso el parque térmico complementario. En ambos casos deberá darse preferencia a los proyectos en cadena con el fin de optimizar la generación y aprovechar cada vez caudales más regulados.

