ANEXO 1

PLAN DE TRASVASE

PLAN DE TRASVASES

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

TABLAS

1. INTRODUCCION

El principal objetivo es la revisión de los estudios relativos a la operación integrada de los embalses y del balance hídrico, que fueron realizados para la etapa de factibilidad, con el propósito de confirmar tanto las capacidades de trasvase de agua propuestas así como también las cotas de entrada y salida propuestas para los tres túneles de derivación planteados en el mencionado estudio y además, las cotas establecidas para los trasvases propuestos. Las cotas definitivas a ser adoptadas, dependerán de los niveles de sedimentación estimados para el embalse.

2. CONDICIONES ACTUALES DE LA OPERACION DEL EMBALSE DE POZA HONDA

No existe un reglamento específico para la operación de la presa de Poza Honda, así como tampoco para la toma de Santa Ana. Estas instalaciones han sido operadas para cumplir tan solo los requerimientos mínimos previstos en el diseño y el nivel de agua en el embalse de Poza Honda, nunca ha sido inferior al nivel de emergencia mínimo establecido en la cota 91,5 m., desde la puesta en servicio en 1973, como se muestra en la Figura 1. El nivel mínimo de agua registrado fué en la Cota 92,97 m., con un volumen de agua en el embalse de 28,42 MMC. Los nivelels máximos y mínimos anuales de Poza Honda, se presentan en la Tabla 1. Las fluctuaciones de los niveles de agua en el embalse se muestran en la Figura 2. Los datos y la información antes mencionados, sugieren que ha sido operado con los siguientes criterios.

- No se permite que el nivel de agua del embalse sea inferior al nivel de emergencia Cota 91,5 m.
- La prioridad para despachar el agua de la presa es como sigue:
  - (1) Mantener necesariamente en el rio un caudal permanente de 0,25 m^3/s. (7,9 MMC por año).
  - (2) Suministro de agua para uso doméstico.
  - (3) Suministro de agua para riego.

El flujo para el mantenimiento del río y el suministro de agua para uso doméstico deben asegurarse en un 100%, mientras que el suministro de agua para riego depende de la disponibilidad del recurso agua.

3. OPERACIONES ANTERIORES DEL EMBALSE DE LA ESPERANZA

El Grupo Consultor INTECSA - GEOSISA, realizó en 1984 un estudio para la

operación de La Esperanza con y sin el trasvase desde Daule-Peripa. Se realizó un estudio de simulación para el caso sin el trasvase, utilizando dos series sintéticasde caudales cuyos resultados se registran en la Tabla 2. Otro estudio con el trasvase fué también realizado para caudales de descarga de 1, 2 y 8 m^3/s con el propósito de evaluar la cantidad de agua disponible después de la regulación correspondiente a una limitada capacidad del embalse en La Esperanza. Sin embargo este estudio no fué desarrollado en forma detallada.

A solicitud del CRM , en 1988, el Consorcio Ecuatoriano-Brasileño efectuó un estudio sobre el trasvase del Daule-Peripa a la Esperanza, con el propósito de evaluar la factibilidad técnica para reducir el nivel del trasvase de la Cota 69 m. a la Cota 66 m. para capacidades de trasvase de 6 m^3/s. y 12 m^3/s, a fin de satisfacer la demanda requerida para el riego de 20.500 Ha. Las conclusiones del estudio señalaron que la reducción del nivel del trasvase solamente incrementaría el volumen del agua conducida en un 2,5 %, sin embargo, el CRM tomó la decisión de reducir de todas maneras, el nivel recomendado, Cota 69 m., principalmente para tener mayor seguridad. Los resultados del estudio se presentan en la Tabla 3.

En 1989 el mismo Consorcio, a solicitud del CRM revisó el diseño del túnel de conducción de Daule-Peripa a La Esperanza, con la finalidad de alcanzar una capacidad de 18 m^3/s. y además, se repitió el estudio para la operación del embalse de La Esperanza para un nivel de trasvase fijado en la Cota 66 m. Los resultados del estudio que se presentan en la Tabla 4, demostraron que aún con el incremento de la capacidad a 18 m^3/s., no se podría garantizar al 100 % el suministro de agua para regar una superficie de 20.500 Ha.

Con objeto de satisfacer la demanda de agua en las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo, el mismo Consorcio realizó en 1985 un estudio para la operación de La Esperanza recibiendo agua de Daule-Peripa con una capacidad de conducción de 18 m^3/s. y suministrando agua a Poza Honda con una capacidad de conducción de 12 m^3/s. Los resultados del estudio se presentan en la Tabla 5, los mismos que indican que podría producirse un déficit de agua durante el 11,25 % del periodo de la simulación, para satisfacer las demandas proyectadas al año 2015, debido principalmente a razones fisicas, tal como la condición en la cual el nivel de agua de Daule-Peripa resulta menor que la Cota de la toma, 66 m. Las demandas de agua para uso doméstico y para riego adoptadas para el estudio mencionado, se presentan en la Tabla 5.

Por otra parte, CCAI realizó en 1989 un estudio para la operación del embalse de La Esperanza para un periodo de simulación desde 1965 a 1982, con el propósito de suministrar agua de riego a 21.500 Ha., considerando valores revisados para los requerimientos de agua estimados para el proyecto Carrizal-Chone. El estudio concluye

que para una capacidad de trasvase de 12 m^3/s., el número de meses en que ocurrirá un déficit de agua será de 22 (10,2%) para la toma en la cota 69 m. y de 17 (7,8%) para la cota 66 m. consecuantemente, el menor nivel de la toma incrementa el margen de garantía en el 2,4%.

En la Figuara 3 se muestran las curvas Area-Capacidad, para el embalse La Esperanza.

4. ACUERDO INTERINSTITUCIONAL PARA EL TRASVASE DESDE DAULE-PERIPA A LA ESPERANZA

4.1 Declaración del Directorio de CEDEGE

En abril de 1980, el Directorio de CEDEGE aprobó la declaración en el sentido de que la provincia de Manabí es uno de los beneficiarios del Proyecto de Propósito Múltiple "Jaime Roldós Aguilera" Presa Daule-Peripa y le concede el derecho para extraer de la Presa Daule-Peripa, hasta 500 MMC por año.

4.2 Ley del Poder Legislativo No. 77 de 1981

La Ley del Poder Legislativo No. 77 fué registrada en el Registro Oficial No. 80 de fecha 15 de Septiembre de 1981.

La Ley establece que el suministro de agua a Manabí tiene caracter de urgente y se le debe conceder prioridad nacional, incluyendo el financiamiento. La Ley también indica que el proyecto de trasvase para utilizar el agua de Daule-Peripa, deberá realizarse de acuerdo a los criterios de CEDEGE y de la Empresa de Agua Potable de Guayaquil (EMAP-G).

4.3 Acuerdo entre CEDEGE-CRM-INERHI de 1982

El 30 de abril de 1982 se suscribió un acuerdo interinstitucional entre CEDEGE, CRM e INERHI. Este documento tiene una destacada importancia desde el punto de vista legal para el esquema propuesto del trasvase que está siendo estudiado por JICA.

En este documento CEDEGE y CRM confirman el contenido de los documentos anteriores, reconocen la necesidad de utilizar el agua de los rios Daule y Peripa que será almacenada en la represa construida por CEDEGE, mediante la ejecución de un proyecto de

trasvase; finalmente manifiestan la intención de asignar un volumen de agua de hasta 500 MMC para su utilización en la provincia de Manabí.

En la cláusula tercera del mancionado documento, establecen los objetivos y en la subcláususla (c) se requiere a cada uno de los participantes, asumir las actividades para desarrollar los estudios, diseños, construcción y operación del Proyecto "Jaime Roldós Aguilera" y el proyecto de trasvase a Manabí.

En la misma subcláususla, por otra parte, INERHI "concede el derecho a utilizar el volumen de agua requerido, de acuerdo con lo que dispone la ley a este respecto".

Finalmente, el mencionado acuerdo, en la subcláusula (c) establece que "la operación del sistema de trasvase a Manabí deberá ser realizada en la forma que sea determinada por el estudio de factibilidad y el diseño definitivo del proyecto Daule-Peripa, garantizando el suministro de agua para el uso doméstico a la ciudad de Guayaquil de acuerdo a las prioridades que se determinan en la ley de Aguas y su Reglamento. Para este propósito, las tres instituciones deberán coordinar su respectiva utilización del agua.

4.4 Acuerdo de 1986

El 8 de Diciembre de 1986, se suscribió un nuevo acuerdo entre el CRM y CEDEGE, el mismo que contiene cláusulas más concretas sobre los estudios, las posibles alternativas para el trasvasae y su financiamiento.

Cabe señalar que en este acuerdo "el uso del agua del embalse Daule-Peripa" se deja para ser determinado en un siguiente acuerdo, con la aclaración "tomando en consideración los reglamentos y normas vigentes para el uso del agua"

4.5 Estudios del Trasvase para la Utilización de 500 MMC

De acuerdo a lo dispuesto en la subcláusula (c) de la cláusula tercera del acuerdo de cooperación interinstitucional suscrito el 30 de Abril de 1982, el CRM , mediante la contratación con consultores especializados, desarrolló un estudio de factibilidad y el diseño detallado del proyecto de trasvase del Daule a la Esperanza y Poza Honda, finalmente el informe del estudio fué puesto a consideración de CEDEGE.

Durante la ejecución del estudio de factibilidad, se formularon varias alternativas, de las cuales, las dos siguientes fueron seleccionadas para ampliar el estudio comparativo en los aspectos técnicos y económicos

- Alternativa B, consiste en dos trasvases en secuencia, primero de Daule-Peripa a La Esperanza a través de un túnel de 8.3 km. de longitud para conducir el agua por gravedad y en segundo lugar otro, de La Esperanza a Poza Honda mediante la instalación de una estación de bombeo junto al embalse de La Esperanza, una tubería de presión desde la estación de bombeo a una chimenea de equilibrio y finalmente la conducción por gravedad del agua a través de una tubería y un túnel.

- Alternativa C, consiste en dos trasvases independientes, uno de Daule-Peripa a La Espernaza a través de un túnel de captación y flujo por gravedad y un segundo trasvase desde el rio Daule a Poza Honda, por medio de una estación de bombeo localizada sobre la margen derecha del rio, tubería de presión, chimenea de equilibrio y conducción por gravedad por una tubería y un túnel.

De estas dos alternativas, la alternativa C fué la recomendada para desarrollar el diseño detallado, el cual consistía en dos trasvases independientes, uno hacia La Espeeranza con una capacidad de 6 m^3/s. y otro hacia Poza Honda con una capacidad de 12 m^3/s. y dentro del límite de 500 MMC por año. El diseño detallado se terminó en 1987.

Considerando que el Gobierno Nacional asignó a la construcción de La Esperanza, el caracter de prioridad nacional, el CRM en Junio de 1989 notificó a CEDEGE su decisión de reconsiderar el diseño del túnel de captación de La Esperanza,para que tenga una capacidad de 18 m^3/s. a fin de conducir un volumen de agua máximo de 500 MMC por año. De esta manera, el CRM practicamente volvió a retomar la alternativa B, consistente en dos trasvases en secuencia.

La revisión del diseño demostró que en todo caso, el diseño original del portal del túnel no necesitaba modificaciones, esta conclusión fué notificada por el CRM a CEDEGE, mediante la comunicación No. 655 de fecha 12 de Julio de1989. CEDEGE procedió a construir el portal del túnel de acuerdo con la notificación mencionada, a través del Contratista AGROMAN, en la temporada seca del año 1989.

Con fundamento en los antecedentes expuestos, se concluye que CEDEGE admite el trasvase de hasta 500 MMC del Daule-Peripa a La Esperanza, a través de un túnel de captación con una capacidad de 18 m^3/s cuyo portal fué ya construido por CEDEGE en el

embalse Daule-Peripa.

5. OPERACION DEL EMBALSE DAULE - PERIPA

La operación del embalse Daule-Peripa deberá satisfacer las demandas de energía eléctrica (nivel mínimo de agua en el embalse, para generación de potencia eléctrica, cota 65 m.), para uso doméstico, riego y control de la contaminación del riego por flujo de retorno, trasvase a La Esperanza (nivel mínimo del trasvase, cota 66,6 m.) y los trasvases a la Peninsula de Santa Elena y Macul. Los niveles de agua para diseño en el embalse Daule-Peripa, se muestran en la Figura 4 y se resumen a continuación:

Nivel Normal Más Alto	Cota 85 m
Nivel Bajo	Cota 60 m
Nivel de Creciente	Cota 88 m

A pedido del CRM, CEDEGE desarrolló un estudio de la operación del embalse, generando valores sintéticos de caudales de ingreso al embalse, en total 30 series de 30 años cada una. Los resultados de este estudio para las series Nos. 1, 12 y 18, se muestran en la Figura 5.

5.1 Estudio de Operación del Embalse

Se elaboró una curva del volumen de descarga del trasvase Daule-Peripa a La Esperanza a través del túnel de aducción diseñado para 18 m^3/s., fundamentada en las características hidráulicas de las obras de toma existentes, que a su vez son dependientes del nivel de agua en el embalse Daule-Peripa, como se muestra en la Tabla 6 y en la figura 6. La descarga del trasvase es 0 m^3/s. para el nivel del embalse en la Cota 66,6 m. y es mayor a 18 m^3/s. para el nivel del embalse por encima de la Cota 76,6 m. El estudio para la operación del embalse fué realizado para satisfacer todas las demandas determinadas por CEDEGE y para los requerimientos de los tres niveles de dilución de agua, es decir 1,2; 1,6 y 2,0 veces la demanda para agua de riego incluido el volumen para diluír un caudal salino de retorno del 20 %, hasta un porcentaje aceptable. En el presente estudio se adopta un nivel de dilución de 1,6. En la Tabla 7, se registra el número de meses en los cuales se produce un déficit de agua, dentro del periodo de 360 meses (30 años) considerado para la serie, así como también el porcentaje de los meses con déficit. La ocurrencia del déficit tendrá un valor de 0,08 % para el suministro de agua destinada al uso doméstico y un valor máximo de 9,85 % para le trasvase a Manabí. La más alta probabilidad de que ocurra un déficit de agua para el trasvase de agua hacia Manabí se debe a la limitación fisica del nivel de las obras de toma en la cota 66,6 m. antes que a la capacidad del embalse de Daule-Peripa.

En la Figura 7 se presentan los valores reales de los niveles correspondientes a la operación del embalse Daule-Peripa, registrados durante el periodo 1987-1993. Se verifica claramente que el embalse se llena completamente por primera vez en Abril de 1989 y entoncees se inicia el vaciado en los primeros meses de 1990, con el propósito de proseguir con la construcción de las obras de toma de Conguillo, para el trasvase al embalse de La Esperanza; posteriormente, se reinicia el rellenado, hasta que alcanza su cota máxima de 86 m. y desde entonces el nivel del embalse ha permanecido alto, puesto que las obras de infraestructura hidráulica aguas abajo no han sido construídas aún para satisfacer la demanda de agua requerida.

A partir de los resultados del estudio de operación del embalse, se elaboraron las curvas de duración de los niveles que se muestran en las Figuras 8; 9; 10; y 11 para las series 1; 12; y 18 y el promedio para 900 años.

5.2 Volumen de Agua a ser Trasvasado hacia La Esperanza desde el Embalse Daule-Peripa.

Los volumenes de agua que pueden ser conducidos hacia La Esperanza, fueron calculados tal como se muestran en las Figuras 12 a 14, para un año, dos años consecutivos y tres años consecutivos, respectivamente, así como también los porcentajes de garantía. Los resultados se resumen a continuación:

(MCM)

Porcentaje de Garantía (%)	Volúmen Trasvasable		
	Un Año	Dos Años	Tres Años
Volúmen Máximo	568	1.135	1.703
50	568	1.135	1.703
80	555	1.087	1.612
89	500	1.000	1.485
Volúmen Mínimo	0	16	407

De la Tabla anterior, se desprende que el volumen de 537 MMC/año (1.612/3) podría ser conducido hacia La Esperanza con una garantía de 80 % (una seguridad de 4 años en 5) correspondiente a los años básicos de diseño 706, 707 y 708 de la serie 24, con los respectivos volumenes de agua trasvasables de 488; 566 y 568 MMC. En la Tabla 8 se

muestran los volumenes que técnicamente podrían ser captados, lo cual indica que durante los 5 meses de Diciembre a Abril, el caudal que podría ser captado, es menor que 18 m^3/s. Puesto que el acuerdo entre CEDEGE y CRM, limita el volumen de agua captado a 18 m^3/s., será necesario reducir el volumen calculado, de 537 MMC a 500 MMC, intencionalmente, en función de los intereses de la provincia de Manabí. Se propone entonces, reducir el caudal de captación hacia La Esperanza, durante los meses de Enero a Marzo, cuando la precipitación atmosférica es máxima y la demanda de agua es mínima. En la Tabla 8 se presenta la distribución mensual propuesta para el trasvase.

6 OPERACIÓN INTEGRADA DE LOS EMBALSES LA ESPERANZA Y POZA HONDA

6.1 Conceptos Generales de la Operación Integrada

La Esperanza recibe el caudal natural de su propia cuenca y del trasvase desde Daule-Peripa. La Esperanza conjuntamente con el flujo de la intercuenca del sistema del río Chone deberá cubrir las demandas de agua de: las camaroneras en el estuario del Chone (99 MMC/año), mantenimiento del río (16 MMC/año) abastecimiento de agua al sistema de tratamiento Chone-La Estancilla (45 MMC/año), riego de 15.000 ha del área Carrizal-Chone (253 MMC/año), riego de 1.000 ha del área de Los Amarillos (19 MMC/año) y caudal de dilución equivalente al 20% del requerimiento del agua del riego.

De igual manera, La Esperanza deberá también trasvasar agua hacia Poza Honda. Poza Honda recibe el caudal natural de su propia cuenca y del trasvase desde La Esperanza. Poza Honda junto con el caudal disponible de la intercuenca del río Portoviejo deberá cubrir las demandas de agua de: el sistema de abastecimiento de agua de Poza Honda, exceptuando la planta El Ceibal (89 MMC/año), riego de 3.300 ha del sistema Santa Ana (74 MMC/año), riego de 850 ha del sistema Pechiche-Pasaje (20 MMC/año), riego de 1.250 ha del sistema Mejía (28 MMC/año), riego de 4.650 ha del sistema Ceibal-Guayaba (111 MMC/año) y riego de 1.500 ha del sistema Guarango (36 MMC/año), agua para camaroneras en el estuario del río Portoviejo (3 MMC/año), agua para mantenimiento del río (8 MMC/año) y agua de dilución equivalente al 20% del requerimiento de agua del riego.

Poza Honda deberá también trasvasar agua a Mancha Grande en la cuenca del río Chico. Los caudales trasvasados junto con el caudal natural del río Chico deberán cubrir la demanda de: la planta de tratamiento El Ceibal (63 MMC/año), riego de 1.700 ha del sistema del río Chico (31 MMC/año) y agua de dilución equivalente al 20% del

requerimiento del agua del riego.

6.2 Condiciones Básicas para el Estudio de Operación Integrada de Embalses

(1) Curvas de volumen de almacenamiento del embalse

Para realizar un estudio conservador, se utilizaron las curvas de volumen de almacenamiento del embalse después de 50 años de sedimentación.

(2) Requerimiento de agua para riego

El requerimiento de agua para el riego está influenciado por la precipitación efectiva. En el estudio se ha utilizado el requerimiento de agua para el riego considerando un año seco, con un período de retorno de 5 años.

(3) Agua de dilución

Se aplica volumen de agua equivalente al 20% del requerimiento del riego, con el fin de diluir los caudales de retorno del riego.

(4) Utilización de los caudales de las intercuencas

Los caudales de las intercuencas, caudales naturales de la cuenca de captación aguas abajo de las presas, pueden ser utilizados para cubrir las demandas de agua especialmente durante la época de lluvias. El uso de hasta el 60% del caudal de la intercuenca se considera razonable.

(5) Nivel de Demanda de agua

Las demandas del año horizonte 2020 son utilizadas en el estudio

(6) Niveles objetivos de agua del embalse

El trasvase desde Daule-Peripa a la Esperanza, según lo planificado, será por gravedad. El trasvase de agua recomendado, en la medida de lo posible, será de flujo contínuo. Sin embargo, las condiciones de diseño para mantener un flujo libre en el túnel de derivación estarán restringidas al nivel límite de agua en La Esperanza, es decir no mayor a los 63,5 m.s.n.m. Por lo tanto, se ha planificado suspender la operación de trasvase cuando el nivel de agua de La Esperanza sea mayor que los 63,5 m.s.n.m. En otras palabras, el nivel de agua deseado de La Esperanza se ha fijado en 63,5 m.s.n.m.

El trasvase La Esperanza - Poza Honda se ha planificado mediante bombeo. Se desea que que el nivel objetivo de agua en Poza Honda sea el más bajo posible, para ahorrar los costos de energía de bombeo y para la máxima utilización del caudal propio de la cuenca, reduciendo al mínimo el caudal de vertido de Poza Honda. Sin embargo, si el nivel es demasiado bajo, frecuentemente se produciría un déficit de agua durante la operación debido a que de la capacidad de almacenamiento del embalse no puede ser eficientemente utilizada. Un sinnúmero de cálculos de prueba permitieron concebir que el nivel límite del agua en Poza Honda debería ser la cota 102,5 m.s.n.m., 4,0 m por debajo del nivel máximo normal de Poza Honda.

(7) Nivel de captación de la Estación de Bombeo Severino en La Esperanza

El nivel de captación de agua de la estación de bombeo Severino del trasvase La Esperanza - Poza Honda debería ser lo suficientemente bajo para una operación continua de bombeo en los períodos de bajo nivel de La Esperanza. Sin embargo, las siguientes dos condiciones de diseño determinan que el nivel de la toma de agua sea la cota 47 m, o séa 10 metros sobre el nivel mínimo del embalse La Esperanza.

- Un nivel anticipado de sedimentación, cota 45 m.s.n.m., en el sitio de la estación de bombeo Severino.
- Un descenso permisible del nivel de agua del embalse durante la construcción de la estación de bombeo Severino, que mantenga las funciones mínimas requeridas de La Esperanza.

(8) Nivel de captación del túnel de derivación Poza Honda-Mancha Grande

El trasvase Poza Honda - Mancha Grande de acuerdo a lo planificado será por gravedad. La condición topográfica en la salida del túnel limita el nivel de la entrada del túnel en Poza Honda a la cota 94 m.s.n.m.

(9) Caudal de trasvase desde Daule-Peripa a La Esperanza

El caudal de trasvase desde Daule-Peripa hasta La Esperanza se ha fijado en 18 m^3/s por acuerdo interinstitucional entre CEDEGE y CRM como se analizó en el numeral 4 de este informe.

(10) Caudal de trasvase desde La Esperanza a Poza Honda

En el estudio de factibilidad se propuso un caudal de trasvase de 16 m^3/s bajo las siguientes condiciones:

- Se utilizaron las curvas de volumen de almacenamiento antes de la sedimentación del embalse.

- Se utilizaron las curvas de volumen de almacenamiento antes de la sedimentación del embalse.
- No se consideró el requerimiento de dilución para el caudal de retorno del riego.
- No se tomaron en cuenta los caudales de la intercuenca.

El estudio de operación integrada de embalses se repite basado en las condiciones descritas desde (1) hasta (12) para los caudales de trasvase de 12 m^3/s, 14 m^3/s y 16 m^3/s.

(11) Caudal de trasvase de Poza Honda a Mancha Grande

Si se excluye el caudal natural del río Chico, las demandas de agua serían: 1,9 m^3/s para la planta de tratamiento de El Ceibal y 2,1 m^3/s para cubrir la demanda pico del riego en Septiembre para el sistema de riego del río Chico, de 1.700 ha incluyendo el 20% del caudal de dilución, sumando un total de 4,0 m^3/s. El caudal de trasvase se fija entonces en 4,0 m^3/s.

(12) Series hidrológicas históricas

En el estudio de factibilidad, se utilizó el método del modelo Tanque para simular las series hidrológicas en los puntos importantes de las cuencas de los ríos Chone y Portoviejo, para el periodo de 20 años, desde 1971 a 1990, mes por mes.

En el estudio de diseño detallado, se revisaron las series hidrológicas mediante la simulación utilizando para ello el modelo desarrollado en el CIDIAT, para un periodo de 29 años desde 1964 a 1992. Los resultados se dan en el Informe Intermedio, Marzo de 1994. Las series hidrológicas históricas así revisadas se utilizan para el estudio de la operación integrada de embalses.

6.3 Estudio de la Operación Integrada de Embalses

Sobre la base de las condiciones descritas en el numeral 6.2, se realizó un estudio integrado de operación de los embalses y del balance hídrico, para este propósito se desarrolló una aplicación computacional cuyo diagrama de flujo se presenta en las Figuras 15 a, 15 b y 15 c. Todas las demandas de agua involucradas en el estudio integrado de los embalses asi como los caudales de las propias cuencas, se presentan en las Figuras 16 y 17. Los resultados obtenidos se muestran en las Figuras 18, 19 y 20 para una capacidad de trasvase de 16 m^3/s de La Esperanza a Poza Honda (Q_{Ep} = 16 m^3/s), en las Figuras 21, 22 y 23 para Q_{Ep} = 14 m^3/s y en las Figuras 24, 25 y 26 para Q_{Ep} = 12m^3/s y que se resumen en la siguiente Tabla:

Resumen del Estudio de la Operación Integrada de Embalses

Descripción	Trasvase La Esperanza-Poza Honda, Capacidad (m^3/s)		
	16	14	12
Embalse La Esperanza			
Nivel máximo (m.s.n.m.)	66,0	66,0	66,0
Nivel mínimo (m.s.n.m.)	39.8	40,4	40,0
Nivel medio (m.s.n.m.) (50%)	59.9	60,2	60,3
Nivel promedio (m.s.n.m.)	58.7	59,1	59,3
Volumen promedio por el aliviadero (MMC/año)	118	115	118
Evaporación promedio (MMC/año)	21	21	21
Trasvase máx. desde Daule-Peripa (MMC/año)	500	500	500
Trasvase promedio desde Daule-Peripa(MMC/año)	336	331	328
Trasvase máx. hasta Poza Honda (MMC/año)	380	369	348
Trasvase promedio hasta Poza Honda (MMC/año)	213	212	205
Garantía de abastecimiento de agua a la cuenca del río Carrizal (%)	100(100)	100(100)	100(100)
Garantía de trasvase a Poza Honda (%)	95	96	96
Embalse Poza Honda			
Nivel máximo (m.s.n.m.)	106,5	106,5	106,5
Nivel mínimo (m.s.n.m.)	88,3	88,3	88,3
Nivel medio (m.s.n.m.) (50%)	103,2	102,2	101,5
Nivel promedio (m.s.n.m.)	102,2	101,8	101,3
Volumen promedio por el aliviadero (MMC/año)	53	51	47
Evaporación promedio (MMC/año)	6	6	6
Trasvase máx. desde La Esperanza (MMC/año)	380	369	348
Trasvase promedio desde La Esperanza(MMC/año)	213	212	205
Trasvase máx. hasta Mancha Grande (MMC/año)	69	59	55
Trasvase promedio hasta Mancha Grande (MMC/año)	33	32	31
Garantía de abastecimiento de agua a la cuenca del río Portoviejo (%)	97(83)	98(83)	98 (86)
Garantía de trasvase a Río Chico (%)	96(80)	94(72)	93(69)

(Nota) La garantía del abastecimiento de agua es en base mensual. Las cifras en paréntesis son garantía en base anual la cuál debería ser mayor que el 80% (déficit de agua de un año por cada 5 años).Se consideró la curva de duración del 50 % para determinar el nivel medio del agua.

Los caudales de trasvases de Q_{Ep} = 12 m^3/s y Q_{Ep} = 14 m^3/s no son recomendables debido a que la garantía de abastecimiento de agua a la cuenca del río Chico, incluyendo el agua para la planta de tratamiento de El Ceibal, es inferior al 80%, en base anual.

El caudal del trasvase La Esperanza - Poza Honda se determinó en 16 m^3/s, basado en el resultado del estudio de la operación integrada de embalses, y además tomando en cuenta los siguientes factores:

- Una operación contínua prolongada de una estación de bombeo al máximo de su capacidad es dificil debido a fallas de origen eléctrico o mecánico. Si se opera con Q_{Ep} = 12 m^3/s., se requerirá una operación contínua de 16 meses, mientras que en el caso de Q_{Ep} = 16 m^3/s. ésta será de cinco meses. Así mismo, con el caso de que Q_{Ep} = 14 m^3/s., se requerirán hasta 10 meses de operación por año a plena capacidad, mientras que Q_{Ep} = 16 m^3/s., se operará 9 meses solamente, lo cual se puede conseguir de una manera más facil.

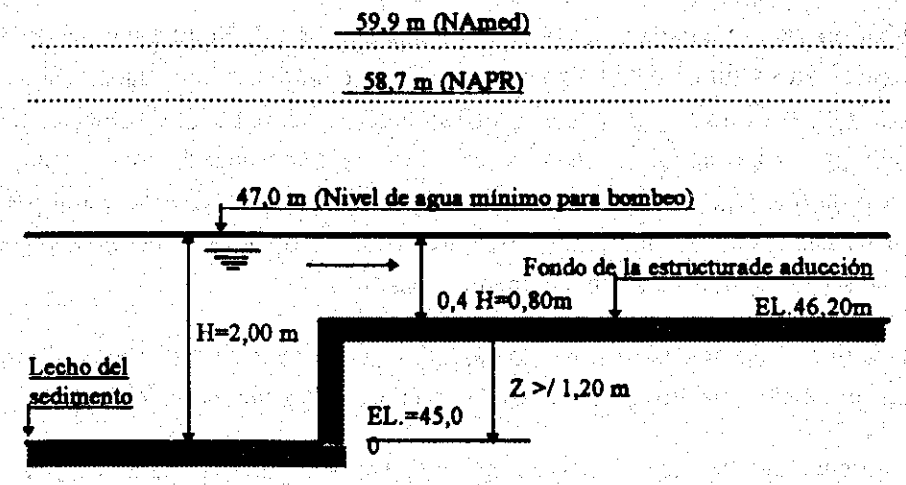
- Una mayor capacidad de trasvase garantizaría que todos los esquemas de trasvase afronten los aumentos de la demanda con mayor flexibilidad en el futuro.

El esquema del balance hídrico se muestra en la Figura 27 para el proyecto de trasvase propuesto con Q_{Ep} = 16 m^3/s. El esquema para el trasvase propuesto, se muestra en la Figura 28.

6.4 Niveles de Bombeo

En la Tabla siguiente, se muestran los diferentes niveles alcanzados en cada uno de los embalses para la solución seleccionada y definidos como el nivel de agua mínimo (Nam), nivel de agua medio (NAmed) (50 %) y promedio (NAPR). Tomando como referencia el nivel de sedimentación en la cota 45 m, se recomienda fijar la cota de la base de la estructura de aducción en la cota 46,2 m. en el ambalse La Esperanza, a fin de evitar que los sedimentos ingresen en el pozo de succión y el bombeo a la cota 47 m, como se indica en la figura siguiente.

Esquema de Trasvase Seleccionado	Nivel de Agua Mínimo (m) (NAm)		Nivel de Agua Medio (m) (NAmed)		Nivel de Agua Promedio (m) (NAPR)	
	La Esperanza	Poza Honda	La Esperanza	Poza Honda	La Esperanza	Poza Honda
Demanda de agua de riego para sequía 1/5 y curvas en el embalse después de la sedimentación	39,8	88,3	59,9	103,2	58,7	102,2



6.5 Cota de Ataguía

Para la fase de construcción de la estación de bombeo sobre el embalse La Esperanza, es necesario determinar los niveles que se presentarán en el embalse, con objeto de establecer la cota de la Ataguía. Estos cálculos se efectuaron transitando hidrogramas de crecidas a través del embalse con diferentes periodos de retorno, tal como se muestra en la Tabla siguiente:

Cota de Ataguía en el Sitio de Implantación de la Estación de Bombeo Severino

Tr (años)	Altura Inicial en el Embalse La Esperanza (m)	Altura Final (m)	Altura Mínima de Ataguía (m)
10	37	44.0	7.0
25	37	45.0	8.0
50	37	46.4	9.4
100	37	47.3	10.3
10	40	45.5	5.5
25	40	46.9	6.9
50	40	48.0	8.0
100	40	48.6	8.6
10	45	49.7	4.7
25	45	50.7	5.7
50	45	51.5	6.5
100	45	52.0	7.0
10	50	53.4	3.4
25	50	54.3	4.3
50	50	55.0	5.0
100	50	55.5	5.5

6.6 Conclusiones

Las siguientes son las conclusiones más destacadas del estudio desarrollado para la operación de los embalses.

(i) Las capacidades del esquema propuesto para el trasvase durante el estudio de factibilidad, se confirman y se mantienen en los siguientes valores: Trasvase Daule-Peripa ~ La Esperanza, Q = 18 m^3/s, La Esperanza ~ Poza Honda, Q = 16 m^3/s y Poza Honda ~ Mancha Grande, Q = 4 m^3/s

(ii) Los niveles optimos de agua para los embalses de la Esperanza y Poza Honda son 63,5 m. y 102,5 m.respectivemente.

(iii) En la estación de bombeo, se ha definido el nivel mínimo del agua para el bombeo en al Cota 47 m., debido a la altura de los sedimentos y al nivel de agua promedio.

Tabla 1 Cotas y Volumenes Máximos y Mínimos que Ocurren Durante la Operación del Embalse de Poza Honda, 1979 - 1993 (*)

Año	Cota Máxima (m)	Volumen (MMC)	Cota Mínima (m)	Volumen (MCM)
1979	104,57	86,50	93,12	29,00
1980	103,05	78,38	92,97	28,42
1981	107,24	101,32	93,76	32,04
1982	102,85	77,36	95,23	44,15
1983	107,24	101,32	101,78	71,90
1984	107,23	101,27	101,94	72,70
1985	106,82	99,10	96,95	47,75
1986	107,26	101,43	96,95	47,75
1987	107,28	101.54	96,51	45,55
1988	107,12	100,60	96,65	46,25
1989	107,12	100,60	96,38	44,90
1990	105,69	92,55	95,21	39,05
1991	106,87	99,35	94,76	36,8
1992	107,15	100,83	96,00	43,00
1993	107,12	100,66	98,13	53,65

(*) Los valores que constan en la Tabla fueron obtenidos del Departamento de Operación de Poza Honda del CRM.

Tabla 2 Garantía para Cubrir las Demandas de Agua. Operación del Embalse La Esperanza

DATOS BASICOS:			
- Volumen util del Embalse	=	364,00	mmc
- Demanda de agua para uso doméstico	=	19,90	"
- Demanda para riego	=	276,00	"
- Ecología	=	31,50	(1 m3/s)
- Pérdidas por evaporación	=	11,10	"
CAUDALES PARA DEMANDA Y DEFICITS:			
- Demanda anual Promedio (agua potable + riego)	=	9,38	m3/s
- Demanda satisfecha	=	7,52	"
- Déficit	=	1,86	"
- Ecología	=	1,00	"
- Demanda satisfecha	=	0,80	"
- Déficit	=	0,20	"
GARANTIA DE SUMINISTRO DE AGUA:			
- No. de meses de insuficiencia	=	69	
- No. de meses con insuficiencia mayor que el 10% de la demanda	=	66	
- Garantia para el segundo caso anterior	=	81,7%	

Tabla 3 Resultados de la Simulación del Balance Hídrico (*)
Area de Riego: 20,500 ha

A. Caudal máximo de de captación: 6 m3/s

Cota de Ingreso (m)	Déficit de Volumen (%)			Déficit de Tiempo (%)		
	Caso de Diseño	Caso de Dilución 1,4	Caso de Dilución 1,8	Caso de Diseño	Caso de Dilución 1,4	Caso de Dilución 1,8
69,0	10,6	8,5	9,9	13,3	12,0	13,7
67,0	9,5	7,4	9,6	12,5	10,8	13,3
66,0	8,9	6,8	9,0	11,7	10,8	13,3

B. Caudal Máximo de Captación: 12 m3/s

Cota de Ingreso (m)	Déficit de Volumen (%)			Déficit de Tiempo (%)		
	Caso de Diseño	Caso de Dilución 1,4	Caso de Dilución 1,8	Caso de Diseño	Caso de Dilución 1,4	Caso de Dilución 1,8
69,0	5,2	2,5	3,9	7,9	3,8	5,8
67,0	3,3	0,1	3,9	5,0	0,8	5,8
66,0	2,6	0,0	3,3	4,2	0,0	5,0

(*) Tomado del Consorcio Ecuatoriano-Brasilero (1988)

Tabla 4 Operción del Embalse La Esperanza
Simulación del Total Historico (1963-1982) (*)

- Volumen promedio del Embalse	%	84,00
- Volumen promedio del Embalse	mmc	330,02
- Descarga en el Embalse	mmc	6.891,00
-Volumen derivado	mmc	5.411,00
- Pérdidas en el Embalse	mmc	-293,00
- Demanda para uso doméstico	mmc	205,00
- Demanda para riego	mmc	8.676,00
- Excesos en el Embalse	mmc	3.755,00
- Déficit para riego	mmc	-28,00
- Déficit/Demanda para riego	%	0,32
- Déficits en porcentaje	%	0,83

(*) Los volumenes y demandas expresados en millones de metros cúbicos, son los acumulados en el período 1963 - 1982

Tabla 5 Resumen de los Resultados Obtenidos para el Balance Hídrico de la Presa La Esperanza. Caudal Derivado 18 m3/s (*)

Año	Demanda Municipal (m3/s)		Area para Riego (Ha)		Déficit en Volumen (%)	Déficit (%)
	Valle rio Carrizal	Valle rio Portoviejo	Valle rio Carrizal	Valle rio Portoviejo		
1992	0,14	1,28	10.300	12.700	0,00	0,00
1993	0,15	1,45	17.600	16.300	0,30	0,83
1995	0,18	1,84	20.500	17.000	3,40	3,75
1996	0,19	1,91	20.500	17.000	7,09	7,02
2005	0,25	2,8	20.500	17.000	7,88	9,17
2006	0,26	2,92	20.500	17.000	9,16	9,58
2010	0,29	3,46	20.500	17.000	9,91	10,42
2015	0,33	4,29	20.500	17.000	10,11	11,25

(*) Datos tomados del Consorcio Ecuatoriano-Brasileño (1988)

Table 6 Curva de Descarga de las Obras de Toma del Trasvase de la Presa Daule-Peripa a La Esperanza

Cota (msnm)	Descarga (m3/s)
66,60	0,00
68,50	6,70
69,50	8,70
70,50	10,70
71,50	12,00
72,50	13,40
73,50	14,60
74,50	15,75
75,50	16,90
76,50	17,87
76,60	18,00
77,50	18,80
79,50	19,90
80,50	20,30
81,50	21,00
82,50	21,60
83,50	22,10
84,20	25,77
85,00	23,10

Tabla 7 Resumen del Déficit del Embalse Daule-Peripa para cada Serie

Serie No.	DEFICIT											
	Energía		Agua Potable		Riego		Trasvase Manabí		Trasvase Macul		Trasvase Sta. Elena	
	No. de meses	%	No. de meses	%	No. de meses	%	No. de meses	%	No. de meses	%	No. de meses	%
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00
2	9,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	45,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
4	7,00	1,94	0,00	0,00	1,00	0,28	27,00	7,50	1,00	0,28	1,00	0,28
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00	6,11	0,00	0,00	0,00	0,00
6	9,00	2,50	0,00	0,00	1,00	0,28	48,00	13,33	1,00	0,28	1,00	0,28
7	5,00	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	39,00	10,83	0,00	0,00	0,00	0,00
8	4,00	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	41,00	11,39	0,00	0,00	0,00	0,00
9	22,00	6,11	3,00	0,83	6,00	1,67	45,00	12,50	6,00	1,67	6,00	1,67
10	4,00	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	3,89	0,00	0,00	0,00	0,00
12	4,00	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	64,00	17,78	0,00	0,00	0,00	0,00
13	10,00	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	44,00	12,22	0,00	0,00	0,00	0,00
14	13,00	3,61	0,00	0,00	0,00	0,00	47,00	13,06	0,00	0,00	0,00	0,00
15	5,00	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	44,00	12,22	0,00	0,00	0,00	0,00
16	5,00	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	29,00	8,06	0,00	0,00	0,00	0,00
17	11,00	3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	57,00	15,83	0,00	0,00	0,00	0,00
18	2,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	34,00	9,44	0,00	0,00	0,00	0,00
19	7,00	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	41,00	11,39	0,00	0,00	0,00	0,00
20	5,00	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	33,00	9,17	0,00	0,00	0,00	0,00
21	4,00	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	52,00	14,44	0,00	0,00	0,00	0,00
22	3,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00
23	7,00	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	45,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00
24	3,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	32,00	8,89	0,00	0,00	0,00	0,00
25	22,00	6,11	4,00	1,11	5,00	1,39	45,00	12,50	7,00	1,94	7,00	1,94
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00
27	14,00	3,89	2,00	0,56	3,00	0,83	42,00	11,67	4,00	1,11	4,00	1,11
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00	4,72	0,00	0,00	0,00	0,00
29	2,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00
30	8,00	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	34,00	9,44	0,00	0,00	0,00	0,00
Promedio	6,17	1,71	0,30	0,08	0,53	0,15	35,47	9,85	0,63	0,18	0,63	0,18

Table 8 Caudal Derivado

	Caudal m³/s				Volumen Promedio a Derivar (mmc)	Volumen Promedio Ajustado (mmc)	Caudal Derivado (m³/s)
	Año 706	Año 707	Año 708	Promedio			
Enero	13,80	15,10	18,00	15,63	41,90	29,40	11,00
Febrero	12,60	16,40	18,00	15,67	37,90	25,50	10,50
Marzo	7,90	18,00	18,00	14,63	39,20	26,70	10,00
Abril	9,00	18,00	18,00	15,00	38,90	38,90	15,00
Mayo	18,00	18,00	18,00	18,00	48,20	48,20	18,00
Junio	18,00	18,00	18,00	18,00	46,60	46,60	18,00
Julio	18,00	18,00	18,00	18,00	48,20	48,20	18,00
Agosto	18,00	18,00	18,00	18,00	48,20	48,20	18,00
Septiembre	18,00	18,00	18,00	18,00	46,60	46,60	18,00
Octubre	18,00	18,00	18,00	18,00	48,20	48,20	18,00
Noviembre	18,00	18,00	18,00	18,00	46,60	46,60	18,00
Diciembre	16,60	18,00	18,00	17,53	46,90	46,90	17,50
Total					537,40	500,00	