CONTRATO

IICA / INDRHI / CSU

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS (INDRHI)

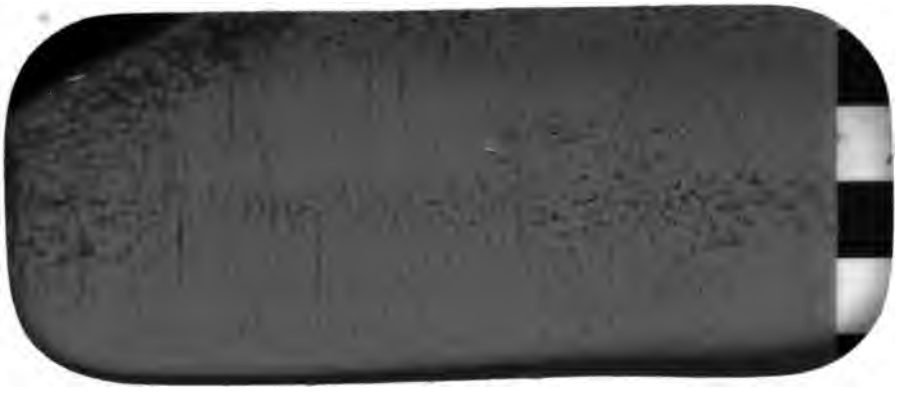
UNIVERSIDAD DEL ESTADO DE COLORADO (CSU)

ESTUDIOS SOBRE LA OPERACION Y SEGURIDAD DEL SISTEMA DE EMBALSES DE VALDESIA

INFORME FINAL

RESUMEN 1/

DOCUMENTO No. 35 31/08/86



IICA
Serie Publicaciones Misceláneas
A1/DO-86-001
ISSN-0534-5391

INFORME FINAL

RESUMEN 1/

35

31/08/86

1/ Este documento fue preparado por los Drs. J.D. Salas, H.W. Shen, J.W. Labadie y J. Obeysekera, Departamento de Ingeniería Civil, Colorado State University, Fort Collins, Colorado

VSA
PH-A1-00
86-001

6V 003535

00001495

PRESENTACION

Los estudios de Operación y Seguridad del Sistema de Embalses de Valdesia fueron ejecutados conjuntamente por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) de la República Dominicana, la Universidad del Estado de Colorado (CSU) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, a través del Contrato IICA/INDRHI/CSU firmado el 6 de abril de 1984. Los estudios se iniciaron el 6 de agosto de 1984 y finalizaron el 31 de agosto de 1986.

Los estudios fueron financiados por el INDRHI a través del préstamo 1655-DO del Banco Mundial.

La ejecución de los estudios se desarrolló en seis áreas:

a) Estudios Hidrológicos
b) Operación Normal
c) Operación de Emergencia
d) Inspección, Mantenimiento y Seguridad de Presas
e) Organización para la Operación del Sistema de Embalses
f) Entrenamiento y Transferencia de Tecnología

En este documento se incluye parte del material técnico del Informe Final, el cual consta de los siguientes volúmenes:

-Resumen
-Estudios Hidrológicos
-Operación Normal
-Estudios de Operación de Crecidas
-Estudios de Inspección, Mantenimiento y Seguridad de Presas
-Organización y Funciones para la Operación del Sistema de Embalses de Valdesia.

-Transferencia de Tecnología y Capacitación.

-Plan de Operación de Emergencia para el ~~Sistema~~ de Embalses de Valdesia.

-Plan de Operación Normal para el Sistema de Embalses de Valdesia: (1) Riego y Energía, (2) Control de Crecidas.

-Manuales de Operación de Modelos Computarizados para la Operación Normal del Sistema de Embalses.

-Manual de Usuario de Modelos de Sistemas Hidrológicos.

Santo Domingo, República Dominicana
31 de agosto de 1986

DR. JOSE D. SALAS
Coordinador por CSU

DR. AGUSTIN A. MILLAR
Coordinador General
Estudios Embalse Valdesia
(IICA)

ING. JULIO M. LLINAS
Coordinador por INDRHI

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO..... i
RESUMEN DEL INFORME..... 1
1. OBJETIVOS..... 1

2. BREVE DESCRIPCIONS DEL PROYECTO..... 1
2.1 Generalidades..... 1
2.2 Descripcion del Area en estudio..... 3
2.2.1 Subsistema del embalse y la presa..... 3
2.2.2 Subsistema de conduccion..... 4
2.2.3 Subsistema de irrigacion..... 5
2.3 Informacion disponible..... 6
2.3.1 Cuenca del Rio NIzao..... 6
2.3.2 Informacion Hidrometeorologica..... 6
2.3.3 Informacion Hidrometrica..... 7

3. METODOLOGIAS..... 9
3.1 Estudios Hidrologicos..... 9
3.2 Estudios Normales de Operacion: Riego e Hidroelectricidad..... 11
3.3 Estudios de Operacion de Crecientes..... 17
3.4 Estudios de Inspeccion, Mantenimiento y Seguridad.. 19
3.5 Organizacion y Funciones..... 20
3.6 Transferencia de Tecnologia y Entrenamiento de Personal..... 21

4. PRINCIPALES RESULTADOS Y PRODUCTOS..... 22
4.1 Resultados..... 22
4.1.1 Estudios Hidrologicos..... 22
4.1.2 Estudios de Operacion Normal: Riego e Hidroelectricidad..... 24
4.1.3 Estudios de Operacion de Crecientes..... 26
4.1.4 Estudios de Inspeccion, Mantenimiento y Seguridad..... 28
(1) Programas de Inspeccion..... 28
(2) Programas de Mantenimiento Regular..... 30
(3) Inspeccion del Monitoreo de Seguridad de la Presa..... 32
(4) Planes de Operacion de Emergencia..... 32
(5) Problemas Especiales..... 32
4.1.5 Organizaciones y Funciones..... 34
4.1.6 Entrenamiento y Transferencia de Tecnologia. 39
4.2 Productos..... 41
4.2.1 Programas de Computadora..... 41
4.2.2 Planes y Manuales..... 44

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 45
5.1 Conclusiones Especificas y Recomendaciones..... 45
5.1.1 Estudios de Operacion Normal: Riego e Hidroelectricidad..... 45
5.1.2 Estudios de Operacion de Crecientes..... 47
5.1.3 Inspeccion, Mantenimiento y Estudios de Seguridad..... 49
5.1.4 Organizacion y Funciones..... 53
5.1.5 Entrenamiento y Transferencia de Tecnologia. 57
5.2 Recomendaciones Globales Finales..... 58
Referencias..... 66

RESUMEN EJECUTIVO

Los objetivos principales del estudio fueron: (1) Definir un procedimiento, incluyendo métodos de operación, que optimicen la habilidad de responder a las necesidades de energia y riego en el área de influencia de los embalses de Valdesia y Las Barias. (2) Definir un procedimiento, incluyendo una metodología para revisar y verificar periódicamente la correcta operación de los sistemas de control de los embalses, que les permita operar bajo condiciones críticas y eventos extremos (3) Preparar un informe con los resultados del análisis de condiciones de seguridad de los embalses, incluyendo un plan para su inspección y mantenimiento. (4) Preparar un plan para la organización necesaria para implementar en una base permanente, los procedimientos expuestos en los párrafos 1, 2 y 3.

La metodología seguida en el estudio operacional del sistema del embalse de Valdesia para atender las demandas de riego y de energía, consistió de una combinación de optimización, simulación, generación de datos y modelos de pronóstico para obtener un plan de operación óptimo.

Tal plan incluye curvas guías mensuales de nivel del embalse que maximizan el valor esperado de producción de energía sujeto a satisfacer las demandas de riego y una herramienta operacional a nivel semanal (tiempo real), para sincronizar de forma óptima los usos de agua para energía y para riego que incluye la distribución de agua entre los varios sectores del sistema de riego. Además, se hizo una evaluación de los beneficios económicos esperados al aplicarse las curvas guías de operación.

Se hicieron comparaciones de tales reglas óptimas de operación con la operación histórica. Los resultados de estas comparaciones fueron muy satisfactorias; así, las reglas óptimas de operación produjeron 23% más potencias y más del 8% más de energía con no deficiencias de agua para el riego. El análisis de los excesos de agua en Las Barias que resultaron de las reglas óptimas dió como resultado que si se almacena agua en el embalse por encima de las curvas guías para utilizarla después, por lo menos un 10% mas de agua para riego podría ser disponible con un alto grado de confianza. Del estudio económico preliminar, que asume que el agua excedente podría utilizarse para regar más tierras en la cabecera así como en la cola de los canales, se hubiera obtenido un beneficio adicional de RD$3.69 millones por año si se hubieran utilizado las reglas óptimas durante el período histórico. Si se agregan los beneficios adicionales obtenidos por el incremento de producción de enrgía, los beneficios totales adicionales hubieran sido de RD$7.40 millones por año.

RESUMEN DEL INFORME

La metodologia seguida en el estudio de manejo de crecientes para el sistema del embalse Valdesia consistio de: (1) desarrollo del modelo para el transito de crecientes, (2) estudio del transito de crecientes, (3) desarrollo de reglas de manejo de crecientes, y, (4) un esquema de operacion de crecientes a ser implementado durante las crecidas. Para el transito de crecientes a traves del sistema Valdesia-Las Barias, se desarrollo un modelo de computadora que simulase las caracteristicas hidraulicas de los aliviaderos y las obras de regulacion del sistema Valdesia-Las Barias. Tres formas de operacion fueron incluidas en el transito de crecientes: (a) operacion por el metodo de sobrecarga inducida; (b) el procedimento actual de operacion, modificado; y, (c) manejo de huracanes, en el cual todas las compuertas estan abiertas totalmente desde el comienzo de la creciente. El modelo de transito de crecientes fue utilizado para investigar si la capacidad de las obras de descarga permitia el paso seguro de crecientes hipoteticas sin producir desbordes en la presa, o hasta que punto las obras de descargas podrian ser utilizadas para prevenir los desbordes. Tambien fueron estudiados los transitos de los hidrogramas de las crecientes de diseno originadas con y sin la presencia de huracanes. Los resultados de dichos estudios de transito se convirtieron en la base principal para el desarrollo de las reglas de operacion durante condiciones de emergencia en general (debido o no a los huracanes). Ademas, la influencia de los embalses situados aguas arriba de Valdesia, en el control de las crecientes de diseno fue investigada tambien.

Los principales resultados obtenidos de los estudios de operacion de crecientes pueden ser resumidos como sigue: (1) La pequena capacidad (cerca de 40 MMC) para el control de crecientes entre las elevaciones de 145 m.s.n.m. (cresta del aliviadero) y 154 m.s.n.m., del embalse de Valdesia y los aliviaderos de dicha presa son inadecuados para dejar pasar grandes crecientes comparables a las del Huracan CEP (CHA II y CHA III) y a la Creciente Maxima Probable, CMP. Aunque hay almacenamiento adicional disponible por debajo de los 145 m.s.n.m., su uso para la operacion en tiempo real es impractico debido al gran tiempo de adelanto necesario para vaciar el embalse a causa de la pequena capacidad de las descargas; (2) Con la apropiada operacion, como se define en este reporte, las crecientes comparables a las de la CEP sin huracan, pueden ser controladas por el Embalse de Valdesia sin exceder la elevacion maxima de diseno de 154 m.s.n.m. en el Embalse; (3) El embalse propuesto aguas arriba en Jiguey, con una capacidad asignada de cerca de 56 millones de m^3, junto con el Embalse de Valdesia pueden controlar eficientemente el huracan CEP correpondiente a todas las CHA (condiciones de humedad antecedente). El Embalse de El Jiguey, en todo caso, no tiene una capacidad adecuada para controlar la increiblemente grande CMP calculada al utilizar la PMP provista por la contraparte. Se recomienda una revision exhaustiva del calculo de la PMP asi como un programa para la recoleccion de datos de precipitacion y escorrentia confiable y adecuado, en las estaciones de medicion del Nizao durante las ocurrencia de grandes tormentas, para mejorar la calibracion de los modelos de lluvia-escorrentia utilizados en este estudio, de forma tal que una CMP mas confiable pueda ser determinada; y (4) Se debe iniciar un programa de estudio para mejorar el esquema propuesto para predecir la precipitacion debida a huracanes y desarrollar un nuevo esquema basado en el actual

"estado del arte" en los Estados Unidos y el resto del mundo. Esta es un area que requiere mucha atencion, no solo para el sistema Valdesia, sino tambien para otros, dado que el potencial de precipitacion debido a un huracan determina la naturaleza de la potencia de la creciente a una gran extension y para sistemas como el de Valdesia, con tiempos de concentraciones cortos, predicciones con suficiente tiempo de adelanto son indispensables para anticipar el manejo apropiado.

Con respecto a los estudios de inspeccion, mantenimiento y seguridad de la presa, las siguientes tareas fueron realizadas: (1) los programas de seguridad y mantenimiento de presas de varias Agencias Federales y Estatales de Los Estados Unidos fueron analizadas, resumidas y suministradas a la contraparte; (2) un grupo de consultores de seguridad de presas de los E.U. (Junta de Consultores) fueron empleados para conducir inspecciones visuales y recomendar soluciones. Este grupo incluyo: Charles F. Corns, Presidente de la Junta, y especialista en ingenieria estructural; Jacob H. Douma, especialista en estructuras hidraulicas; Wesley Holtz, especialista en ingenieria de suelos; Alan O'Neill, especialista en geologia y Hsieh Wen Shen, especialista en hidraulica e hidrologia; (3) los datos recolectados por los instrumentos que miden variables relacionadas a la seguridad de la presa fueron analizados. Resultados de los analisis anteriores, asi como analisis de riesgo fueron presentados en un seminario realizado en el INDRHI.

Un numero de recomendaciones fueron hechas por la Junta de Consultores. Ellas deben ser implementadas inmediatamente. Estas recomendaciones especificas son resumidas e incluidas en este informe resumen. Para obtener discusiones mas detalladas de las recomendaciones, se refiere a los lectores al reporte especifico escrito por la Junta y proporcionado al INDRHI. De la misma forma el plan de operacion de emergencia preparado como un volumen separado debe ser implementado inmediatamente. Programas de mantenimiento e inspeccion fueron preparados especificamente para el sistema del Embalse de Valdesia. Estos programas deben ser implementados tan pronto como sea posible.

Uno de los objetivos de este proyecto era investigar la organizacion actual del sistema de manejo del embalse Valdesia, y hacer recomendaciones, de tal forma que su operacion y manejo sea optimizado, considerando que debe satisfacer demandas de riego e hidroelectricidad, una operacion segura de las presas durante las crecientes y cumplir con determinadas condiciones de seguridad en las presas, en general. Para poder cumplir este objetivo, la estructura institucional alrededor de la cual la Operacion y Manejo del Embalse de Valdesia ha evolucionado sobre los anos ha sido estudiada. Esto incluye las siguientes componentes: (1) instituciones relacionadas con la operacion de embalses en la Republica Dominicana, (2) organizaciones actuales y la practica existente de operar sistemas de embalses en el pais, y (3) la organizacion actual y la practica para operar el sistema del embalse Valdesia.

El analisis sobre esta parte del estudio rindio las siguientes conclusiones y recomendaciones: (1) un gran problema en relacion a la operacion del embalse Valdesia para propositos de conservacion de agua es la falta de un regla formal a largo plazo para optimizar el uso de agua, ya sea para riego como para hidroelectricidad. De la misma manera, hace falta una metodologia apropiada para operar el sistema en tiempo real, (2) hace falta una coordinacion apropiada entre el INDRHI, SEA y el IAD para determinar las

demandas de agua para riego actuales y proyectadas, (3) el asi llamado Grupo de Operacion de Presas no ha trabajado exitosamente en el pasado. Dos grandes razones para esta falta de exito han sido identificadas: primero, la naturaleza informal del grupo, sin responsabilidades y funciones especificas escritas y segundo, el consistente desvio por la agencia operativa de los acuerdos sobre el manejo establecidos por el grupo, (4) la operacion del embalse Valdesia durante condiciones de crecientes es hecha empiricamente. Un simple manual para operaciones de crecientes fue desarrollado pero no ha sido utilizado durante verdaderas crecientes. De la misma forma , no hay un manual adecuado para operaciones de emergencia del sistema Valdesia que incluya condiciones de emergencia debido a inundaciones, terremotos, deslizamientos, y cualquier otro tipo de situaciones relacionadas a la operacion segura de la presa, (5) no existe un programa escrito adecuado para el mantenimiento e inspeccion del sistema de la presa Valdesia. Igualmente, no hay programas formales adecuados referentes al monitoreo y analisis de la seguridad de la presa y obras relacionadas, (6) en todos los aspectos de la operacion y manejo del embalse Valdesia, existe una falta de reportes escritos documentando y analizando el estado y la respuesta del sistema despues de grandes eventos, tales como, crecientes y terremotos, y (7) se recomienda implementar la organizacion propuesta en la Seccion 5.4 del Volumen V del Reporte Final. Incluye la creacion de dos comites. El Comite de Operacion Normal para guiar la operacion del sistema del embalse bajo condiciones normales y el Comite de Operacion de Emergencias para en la ejecucion de las acciones apropiadas durante condiciones de emergencia.

La transferencia de tecnologia y entrenamiento del proyecto consistio de las siguientes partes: (1) entrenamiento en sitio del personal del INDRHI, CDE y otras agencias claves envueltas en la operacion y manejo del sistema Valdesia sobre los conceptos generales de analisis de sistemas, modelaje de computadoras, hidrologia estocastica, analisis economico y seguridad de presas, para mejorar la ejecucion operacional; (2) un entrenamiento mas detallado por periodos mas largos de tiempo en Colorado State University para cierto personal clave con responsabilidad significativa en la planificacion de las operaciones, hidrologia y seguridad de presas; asi como para incorporar su propia experiencia, asegurando que los procedimientos operacionales sean realistas; (3) instruccion intensiva en la comprension de los modelos de computadora desarrollados para este estudio y su implementacion en las microcomputadoras disponibles; y (4) instruccion especifica sobre el empleo de toda la tecnologia desarrollada en este estudio para una verdadera operacion en tiempo real del sistema. Todos los objetivos de la parte de transferencia de tecnologia y entrenamiento fueron exitosamente cubiertos por el proyecto.

El estudio sobre el sistema del Embalse Valdesia llevo a las siguientes recomendaciones:

(1) Las reglas optimas de operacion del embalse para el abastecimiento de agua para riego e hidroelectricidad, asi como el esquema operacional en tiempo real deben ser implementadas tan pronto como sea posible, de forma tal, que beneficios a largo plazo puedan ser alcanzados, considerando una equitativa y justa distribucion del agua entre los usuarios.

(2) Igualmente, las reglas de operacion de embalses durante condiciones de crecientes y el paquete de software CSU-Hydrologic

Modeling System desarrollado para la operacion de crecientes en tiempo real debe ser implementado tan pronto como sea posible, asi el sistema sera mas confiable para resistir los eventos asociados con grandes crecientes.

(3) Los programas de inspeccion y mantenimiento sugeridos en el Vol. IV del Reporte Final deben ser aplicados tan pronto como sea posible. De la misma forma, las recomendaciones especiales hechas por la Junta Consultora con respecto a la inspeccion, mantenimiento y condiciones de seguridad del sistema de la presa, asi como el Plan de Operativo de Emergencia deben ser implementados inmediatamente.

(4) Las reglas de operacion del embalse, planes, procedimientos y en general, programas de manejo previstos en este estudio para sistemas de embalses en general y el Embalse Valdesia en particular, pueden ser implementados mas eficientemente si los propuestos Comites de Operacion Normal y Operacion de Emergencia son establecidos. Por lo tanto, se recomienda que el gobierno de la Republica Dominicana tome los pasos necesarios para crear tales organizaciones.

(5) Los siguientes estudios adicionales son sugeridos y recomendados:

A. Probar e implementar el CSU-Hydrologic Modeling System en el manejo real de crecientes del Embalse Valdesia una vez que la red de DCP's en la Cuenca del Nizao este completamente instalados y en operacion. Esto dara la oportunidad de usar y reajustar los modelos tan pronto los datos esten disponibles en tiempo real. Igualmente, el modelo MODSIM, para decisiones sobre el manejo del embalse a nivel semanal, debe ser implementado y probado en situaciones donde se requiera de una verdadera toma de decisiones. Un seguimiento a nivel de guia debe ser provisto para implementar los nuevos esquemas funcionales y de organizacion en aspectos tales como: toma de decisiones sobre el horario de entrega de agua para el siguiente mes y semana ; toma de decisiones durante situaciones de emergencia en general y situaciones de inundaciones en particular; y asistencia sobre acuerdos de servicios tecnicos a ser provistos por organizaciones publicas y privadas.

B. Se propone y se recomienda que planificaciones futuras de nuevas obras en la cuenca Nizao, como los embalses Jiguey y Aguacate, empleen tecnicas apropiadas para obtener el tamano optimo de estas obras y una integracion optima de la operacion de todos los proyectos en la cuenca. Los diferentes modelos de optimizacion, simulacion, generacion de datos y pronostico utilizados en el estudio del Embalse Valdesia pueden ser extendidos y modificados para tal proposito.

C. Ademas, se propone y se recomienda extender los estudios de Valdesia para incluir otros sistemas en el pais tales como el Tavera-Bao, con la meta eventual de tener una planificacion operacional integral para toda la nacion. Esto

debera incluir el analisis de la red de distribucion de potencia y de las plantas de generacion de potencia termica e hidroelectrica dado que las operaciones de los proyectos individuales se ven grandemente afectadas por contingencias en la red de potencia.

1. OBJETIVOS

Los objetivos principales de este estudio son los siguientes:

(1) Definir un procedimiento, incluyendo metodos de operacion, que optimicen la habilidad de responder a las necesidades de energia y riego en el area de influencia de los Embalses Valdesia y Las Barias.

(2) Definir un procedimiento, incluyendo una metodologia para revisar y verificar periodicamente la correcta operacion de los sistemas de control de los embalses, que les permita operar bajo condiciones criticas y eventos extremos.

(3) Preparar un informe con los resultados del analisis de las condiciones de seguridad de los embalses, incluyendo un plan para su inspeccion y mantenimiento.

(4) Preparar un plan con la organizacion necesaria para implementar, en una base permanente, los procedimientos expuestos en los parrafos 1, 2 y 3.

Este informe resume los procedimientos utilizados para completar los precedentes objetivos del estudio y los resultados discutidos en cada parte del proyecto junto con las conclusiones globales y recomendaciones. Los Volumenes I al VI contienen informacion adicional detallada, asi como planes y manuales especificos, y los cuales son listados al final de este informe sumario.

2. BREVE DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 Generalidades

El sistema del Embalse Valdesia localizado en la cuenca del rio Nizao, Republica Dominicana, es un proyecto de propositos multiples que provee agua para riego e hidroelectricidad. El sistema consiste del Embalse Valdesia, con una presa de contrafuerte, un aliviadero de compuertas, y una planta hidroelectrica de 60 MW; y el contraembalse Las Barias (situado a una corta distancia aguas abajo de Valdesia) con una derivacion y un vertedero. Los planes futuros para el aprovechamiento de los recuersos hidraulicos de la cuenca del rio Nizao incluyen tres embalses adicionales con sus repectivas plantas de energia en Rancho Arriba, Jiguey y Aguacate, aguas arriba del embalse Valdesia. La planta de energia de 60 Mw en Valdesia representa mas del 40 % de la capacidad total estimada en el pais y contribuye con el 15 % de la produccion de energia hidrica total. Tambien abastece agua para el riego de mas de 10000 Ha de valiosa tierra agricola.

Desde la terminacion de la construccion del sistema del Embalse Valdesia en 1976, se han originado conflictos entre los dos posibles usos del sistema, agricola y energetico, resultando en deficits del abastecimiento de agua para irrigacion. Por otro lado, un abastecimiento de energia hidroelectrica estable y confiable, es critico si el pais quiere reducir la dependencia de costosas importaciones de petroleo para las plantas de energia termica. Para poder maximizar el cumplimiento de los requerimientos de energia y riego, una total reevaluacion de la operacion del sistema Valdesia ha sido necesaria. Esta reevaluacion se hecho particularmente evidente desde que los destructivos efectos del Huracan David en 1979 produjeron una gran inundacion y mostraron la necesidad de implementar un sistema de operacion y pronostico en tiempo real bajo condiciones de crecientes, y de desarrollar un programa de inspeccion y mantenimiento que garantice la segura operacion del sistema Valdesia.

La clave para el mejoramiento apreciable en la ejecucion y seguridad reside en operar el sistema en una forma integrada que acompase totalmente con su condicion de sistema de propositos multiples. Enfocar la situacion de una forma totalmente integrada confronta a los operadores del sistema con un tarea dificultosa. Al expandir el alcance de trabajo del sistema con un analisis integrado, multiplica enormemente el numero potencial de alternativas de estrategias operacionales. Esto se complica por anadidura por los conflictos entre los objetivos, incertidumbre en la hidrologia, e incertidumbre en la demandas de agua para riego e hidroelectricidad. Una coordinacion optima de las muchas facetas de tal sistema requiere del uso de herramientas de modelaje con computadora para proveer la informacion que sirva de base a una racional toma de decisiones operacionales. Estas herramientas pueden ser empleadas ya sea en la planificacion operacional como en la operacion en tiempo real del sistema Valdesia. Ademas, dicha operacion integrada del manejo y operacion del embalse no puede ser hecha sin una apropiada organizacion que sea capaz de ejecutar los planes operativos en una forma equitativa y eficiente que acompase totalmente los multiples propositos del sistema.

2.2 Descripcion del Area en estudio

El sistema del Embalse Valdesia esta localizado en la cuenca del Rio Nizao, Republica Dominicana (ver Figura 1). Consiste de un subsistema embalse y presa, subsistema de conduccion, y subsistema de riego, como es mostrado en la Figura 2.

2.2.1 Subsistema del embalse y la presa.

El susbsistema del embalse y la presa incluye dos proyectos: el Embalse Valdesia y el Embalse Las Barias, inmediatamente aguas abajo. El Embalse Valdesia esta situado sobre el Rio Nizao, al noroeste de la Ciudad

de Santo Domingo, capital de la Republica Dominicana (Figura 1). El Embalse esta compuesto por una presa de concreto disenada para un almacenamiento maximo de 153 MMC a un nivel de 150 m.s.n.m. El aliviadero corre a todo lo largo de la cresta de la presa y esta controlado por cinco compuertas radiales. Un tunel descarga agua con un caudal maximo de 90 m^3/s a una planta de energia hidroelectrica con dos turbinas Francis de 30 MW cada una. El Embalse Las Barias, a unos 15 km aguas abajo de Valdesia, es mucho mas pequeno en tamano (3.0 MCM de capacidad maxima a un nivel de 77 m.s.n.m.). Tiene una presa de concreto y un aliviadero regulado con siete compuertas radiales. El proposito principal del Embalse Las Barias es regular los picos diarios de las descargas de potencia desde el Embalse Valdesia para proveer con descargas estables en los canales de riego. Una mayor descripcion fisica de los subsistemas de Embalses Valdesia y Las Barias se resume en la Tabla 1.

2.2.2 Subsistema de conduccion.

El abastecimiento de agua para riego desde los Embalses Valdesia y Las Barias se distribuye a traves de dos grandes canales de riego (ver Figura 2):

(1) Marcos A. Cabral —que deriva agua desde el Rio Nizao en el Embalse Las Barias, transportandola 47 km al oeste del rio, con un area total irrigada de 8707 Has. El canal tiene una capacidad maxima de alrededor de 12 m^3/s e incluye dos grandes laterales. Mediciones diarias del gasto, con algunas interrupciones, estan disponibles a lo largo de los nueve anos de la historia del sistema.

Tabla 1. Caracteristicas de los Subsistemas Valdesia y Las Barias

Presa y Aliviadero Valdesia		
Nivel superior de la Presa	156	m.s.n.m.
Nivel maximo extraordinario	154	m.s.n.m.
Borde libre	2	m
Nivel de operacion maximo	150	m.s.n.m.
Elevacion superior del aliviadero	145	m.s.n.m.
Nivel minimo de operacion	130.75	m.s.n.m.
Altura de la presa	76	m
Longitud del embalse	7	Km
Capacidad en el nivel 154	184	MMC
Capacidad en el nivel 150	153	MMC
Capacidad en el nivel 130.75	35	MMC
Capacidad de descarga max. del aliviadero	7200	m^3/seg
Dimension de las 5 compuertas radiales del aliviadero	24 x 5	m
Ancho de las columnas del aliviadero (aproximadamente)	40	cm
Planta Hidroelectrica		
Longitud del tunel	900	m
Diametro del tunel a presion	6	m
Diametro del tunel de descarga	6.75	m
Capacidad instalada	60	MW
Descarga a traves de la toma	90	m^3/seg
Presa y Aliviadero Las Barias		
Nivel maximo de la Presa	81.6	m.s.n.m.
Nivel extraordinario maximo	79.5	m.s.n.m.
Longitud total	664	m
7 compuertas radiales de	15 m de ancho x 8 m de alto	
1 compuerta radial de	13 m de ancho	
Elevacion superior del aliviadero	69	m.s.n.m.
Capacidad en la parte mas baja del aliviadero	0	
Capacidad en el tope de las compuertas (nivel 77)	3	MMC
Capacidad en el nivel 79.5	5.75	MMC
Altura de la Presa	22.6	m

(2) Nizao-Najayo — el cual deriva agua 34 km al este del rio y riega 1636 Has. La capacidad maxima es estimada en 2.8 m^3/s. Datos de caudales diarios estan disponibles para un periodo de cuatro anos, pero contienen muchos intervalos vacios e inconsistencias. Un canal adicional, Juan Caballero, esta actualmente separado del sistema Valdesia, pero podria conectarse en el futuro.

2.2.3 Subsistema de Irrigacion.

Cultivos tropicales y subtropicales tales como arroz, cana de azucar, pequenos vegetales, y frutas (especialmente se producen platanos), son sembrados a un temperatura anual promedio de 27 grados Celsius, y una precipitacion media anual de cerca de 800 mm. La precipitacion, en todo caso, es inadecuada para satisfacer los requerimientos del cultivo, y riego es necesario a lo largo de todo el ano, mas debido a la variedad de los cultivos que a multiples siembras del mismo cultivo a lo largo del ano. La eficiencia global de riego en el sistema es bastante baja. Frederiksen, et al. (1985) asumen las siguientes eficiencias: canales (85%), laterales (80%), y aplicacion (75%), con un eficiciencia global de 51 %. En base a entrevistas con el personal de operaciones del sistema Valdesia, esta estimacion de la eficiencia global parece excesiva. Los siguientes ajustes han sido asumidos para este estudio: canales (85%), laterales (85%), y aplicacion (50%), con una eficiencia global del 35 %. Al completarse el futuro revestimiento de los canales principales y posiblemente parte de los laterales mas importantes, se mejoraran las eficiencias, aun pensando que la eficiencias de aplicacion a nivel de granja pueden continuar siendo un problema. Otros problemas incluyen el hecho que los agricultores al final

de los canales mas importantes tienen que enfrentar deficits consistentemente, mientras aquellos en las cabeceras de los canales no utilizan toda el agua que tienen disponible (Frederiksen, et al., 1985). Planes futuros para instalar estructuras de control y sifones en los canales principales deberia mejorar grandemente la equidad en la distribucion del agua a lo largo de toda la longitud del canal.

2.3 Informacion disponible

2.3.1 Cuenca del Rio Nizao.

La Cuenca del Rio Nizao esta situada en la parte surcentral de la Republica Dominicana (Figura 1). La presa de Valdesia esta localizada aproximadamente a 50 kms aguas arriba de la confluencia del Rio Nizao con el Oceano Atlantico. El area de drenaje de la presa de Valdesia es alrededor de 850 km^2. La Cuenca tiene una forma elongada con una orientacion predominante en la direccion NW-SE (ver Figura 3). La mayoria de las areas en la cabecera tienen un fuerte relieve con pendientes en los canales principales alcanzando entre 8 a 10 %. La caida en elevacion desde el punto mas alto hasta el sitio de la presa Valdesia es de cerca de 2500 metros. No existe ninguna planicie de inundacion importante en toda la cuenca del Nizao. La cuenca esta cubierta principalmente con bosques y pastizales. Menos del 8% de la cuenca esta cubierto con tierras agricolas.

2.3.2 Informacion Hidrometeorologica

Los datos de precipitacion utilizados en este estudio incluyeron valores horarios, diarios y mensuales disponibles en 26 estaciones de medicion situadas en la cuenca del Nizao y cuatro de ellas tenian datos horarios disponibles en una cinta de computadora. La longitud de los datos

horarios de precipitacions disponibles en la cuenca del Nizao varian desde 4 a 20 y los datos diarios en una estacion tenian una longitud de 45 anos.

Datos climatologicos que incluyen evaporacion, temperatura, humedad, velocidad del viento, nubosidad, radiacion y presion estaban disponibles en cinco estaciones dentro y alrededor de la cuenca. Ademas, datos climatologicos fueron recolectados por intervalos limitados de tiempo en estaciones dentro o proximos a la zona de riego. Los datos mas completos fueron recogidos en una estacion en San Cristobal, aproximadamente a 10 km del area en estudio.

2.3.3 Informacion Hidrometrica.

Se disponia de datos de escorrentia diaria en veinte estaciones de medicion en el Nizao y otras cuencas adyacentes. Ocho de las estaciones estaban situadas en la cuenca del Nizao, con longitudes de registro que iban desde 3 a 25 anos. Ademas, se disponia de los hidrogramas de las tormentas seleccionadas en cuatro estaciones de medicion del Rio Nizao. Los datos originales correspondian a las alturas observadas en el rio durante las tormentas. La contraparte proporciono las relaciones altura-descarga (rating curves) de las estaciones que iban a ser utilizadas para transformar los datos horarios de alturas a descargas. De todas formas, debido a inconsistencias un nuevo conjunto de curvas fueron desarrolladas en este estudio.

Para complementar los datos medidos de los hidrogramas de las tormentas, se obtuvieron los niveles en la presa Valdesia para ciertos eventos importantes. Niveles horarios en el embalse fueron obtenidos para los siguientes periodos: Agosto 1-13, 1980; Mayo 6-20, 1981; Abril 10-20, 1983; Septiembre 13-14, 1985; y Octubre 23-26, 1985. Asimismo, para los dos eventos en 1985, se obtuvieron los datos sobre la operacion de las compuertas en el aliviadero y de las turbinas de la Presa Valdesia. Se

encontro que los dos hidrogramas de entrada reconstruidos utilizando esa informacion eran muy valiosos para la calibracion del modelo de lluvia-escorrentia.

Durante el curso del estudio, se detectaron varias inconsistencias obvias en los datos de precipitacion y escorrentia. La calidad de los datos era de la mayor importancia dado que la mayoria del trabajo de modelaje a realizarse dependia fuertemente de la confiabilidad de los datos. En general, se percibio que el registro entero de datos y los procedimientos de procesamiento de dichos datos necesitan de una revision cuidadosa. Cuando los datos de altura horaria se transformaron en descargas utilizando las curvas de altura-descarga provistas por el INDRHI, se encontraron problemas. Una vez que estos problemas fueron detectados, la informacion basica de los datos de altura-descarga utilizados para obtener las curvas fueron pedidos al INDRHI. Dicha informacion , fue analizada conjuntamente con datos de la seccion transversal para obtener nuevas relaciones de altura-descarga. Mientras se desarrollaban las nuevas curva de altura-descarga, mas inconsistencias se fueron encontrando en los datos. Todas ellas son explicadas en detalle en el Volumen I del informe Final.

De las 18 tormentas para las cuales se disponia de datos de caudales, solo cuatro de las tormentas se seleccionaron para la calibracion del modelo. En muchos otros casos, la escorrentia aparece antes de que las estaciones de precipitacion empiecen a registrar datos de lluvia. En otros casos, el volumen bajo el hidrograma en la estacion Palo de Caja es mayor que el La Penita, aun cuando precipitaciones significativas se observaron en las subcuencas mas bajas. Igualmente, cuando se compilaron los datos de precipitacion a ser usados en el desarrollo de las curvas profundidad-area-duracion, se detectaron varias discrepancias entre los datos horarios y los

datos diarios en la misma estacion. En muchos casos, al sumar los datos horarios, el resultado diferia de los datos diarios.

3. METODOLOGIAS

Las principales caracteristicas de los diferentes metodos y procedimientos utilizados en cada componente del estudio se resumen a continuacion. Esto incluye los analisis hidrologicos necesarios para apoyar los estudios de operacion y seguridad del sistema del Embalse Valdesia.

3.1 Estudios Hidrologicos

Los estudios hidrologicos son un prerequisito de cualquier proyecto de manejo de los recursos hidraulicos. Los estudios requeridos para este proyecto pueden ser categorizados bajo cinco topicos: 1) tormentas de diseno, 2) modelos lluvia-escorrentia, 3) pronosticos de los caudales a nivel diario y horario, 4) generacion estocastica de los datos, y 5) pronosticos de los caudales a nivel mensual y semanal.

Tormentas de diseno hipoteticas son necesarias para calcular crecientes hipoteticas, las cuales a su vez son necesarias para el desarrollo de los procedimientos operativos de emergencia. Dos tipos de tormentas hipoteticas fueron consideradas: a) Tormenta Estandard del Proyecto (TEP) y b) Precipitacion Maxima Probable (PMP). El razonamiento logico detras del uso de la TEP es discutido en varios documentos del U.S. Army Corps of Engineers (U.S. Army, 1971). Ambos tipos de tormentas hipoteticas requieren del uso de curvas profundidad-area-duracion. Estas curvas se desarrollaron usando cerca de 25 tormentas historicas observadas. Dado que, dos regimenes de tormentas, llameselas huracanes y no-huracanes, ocurren en la Republica Dominicana, dos tipos de TEP fueron elaboradas. La distribucion en el tiempo de las TEP fueron hechas tambien con tormentas observadas. La PMP estuvo basada en el modelo de Huracanes

del U.S. National Weather Service (U.S. Weather Bureau, 1961) modificado por la contraparte en la Republica Dominicana.

Un modelo de lluvia-escorrentia a nivel de eventos que sea aplicable a las condiciones presentes en la Cuenca del Nizao es necesario para el calculo de las crecientes hipoteticas a partir de las tormentas hipoteticas. El modelo HEC-1 del Cuerpo de Ingenieros de los E.U. fue utilizado con este proposito. Se calibro utilizando datos de las tormentas y crecientes historicas y de unos pocos datos de crecientes obtenidos de los niveles del Embalse Valdesia durante torrenciales. El modelo calibrado fue utilizado para calcular las crecientes hipoteticas para tres condiciones de humedad antecedente en la cuenca. El modelo fue tambien usado para reconstruir los posibles hidrogramas de las lluvias que ocurrieron durante el Huracan DAVID el cual paso por la isla en 1979.

Para la prediccion en tiempo real (diario y horario) de los caudales, se empleo una version modificada del modelo del U.S. National Weather Service River Forecast. La modificacion del modelo fue necesaria debido a: a)la necesidad de desarrollar una version que se ajuste a las facilidades de computadoras en el INDRHI/CDE; y b) que incorporase el transito de crecientes con el procedimiento de onda cinematica al modelo. El modelo fue entonces calibrado utilizando varios anos de datos de caudal diario y de precipitacion horaria.

Datos generados sinteticamente son necesarios para desarrollar y probar las reglas de operacion. Se emplearon modelos estocasticos multivariados para los caudales de las tres estaciones (Ermitano, Palo de Caja y Rancho Arriba) despues de extender los datos historicos existentes. Los datos generados en El Ermitano se utilizaron para generar otra serie sintetica del numero de horas de produccion de energia en la presa Valdesia.

Ambas series sinteticas fueron usadas para el desarrollo y prueba de las reglas de operacion del embalse considerando riego e hidroelectricidad, estas reglas seran descritas en la proxima seccion.

El pronostico de los caudales mensuales y semanales en la estacion de El Paso del Ermitano fue hecho utilizando un simple modelo autoregresivo de orden 1 y la tecnica de estimacion secuencial basada en el metodo del filtro Kalman. El modelo fue calibrado usando los datos de 1968-1971 y el comportamiento del modelo fue probada en base a los datos de 1973-1975. El programa de computadora PCKFA fue desarrollado con este proposito. Este modelo puede ser utilizado en conjunto con el modelo MODSIM (descrito mas abajo) para operaciones del embalse en tiempo real.

3.2 Estudios Normales de Operacion: Riego e Hidroelectricidad.

El enfoque global seguido en esta parte del estudio consiste de una combinacion de los modelos de optimizacion y simulacion para obtener un plan de operacion optima del sistema del Embalse Valdesia. Este tipo de enfoque incluyo las siguientes componentes:

(1) Desarrollo de curvas de guia optimas al final de cada mes para el sistema del Embalse Valdésia que maximizen la produccion de energia esperada sujeta al cumplimiento de las demandas de riego, y tomando en consideracion la incertidumbre hidrologica y todas las posibles condiciones de almacenamiento inicial para cada mes del calendario.

(2) Ejecutar un analisis estocastico que estime la confiabilidad de que estas reglas optimas satisfagan los requerimientos de energia y riego, y determinar los riesgos asociados con posibles incrementos en la produccion de energia y de las metas de riego.

(3) Desarrollar un modelo de simulacion de la cuenca para la microcomputadora, el cual puede servir como un herramienta operacional en tiempo real semanal para sincronizar optimamente los usos agricolas y de hidroelectricidad del sistema, incluyendo la distribucion entre los diferentes sectores de riego. Este modelo de simulacion se contempla que se correra haciendo uso de las curvas guias optimas del embalse obtenidas del analisis mensual.

(4) Proveer una estimacion de los beneficios economicos esperados al aplicar las guias operacionales optimas al sistema y comparar el comportamiento historico del sistema con el que podria haber ocurrido si las reglas de operacion optimas hubiesen sido aplicadas en una base semanal a lo largo del periodo historico. La produccion de energia, capacidad de la potencia y las entregas de agua para riego fueron los medios principales de comparacion.

El enfoque anterior es esquematicamente mostrado en la Figura 4. Un esquema de descomposicion temporal es seleccionado, comenzando con el desarrollo de politicas optimas de reajuste para cada mes del calendario en el Embalse Valdesia que maximizen la entrega de energia, sujeta a satisfacer los requerimientos de riego. El uso de programacion dinamica estocastica explicita requiere de la entrada de: (1) Probabilidades de transicion mes a mes, describiendo las caracteristicas estocasticas de los caudales de entrada del Rio Nizao el Embalse Valdesia; (2) la produccion de horas de hidroelectricidad, las cuales han sido altamente aleatorias en el pasado debido a: periodos variables de carga pico diaria y al uso del sistema para carga base cuando es necesitado como consecuencia de deficiencias o fallas en varias partes de la red de potencia Dominicana; (3) rasgos fisicos del

sistema tales como caracteristicas de la planta de hidroelectricidad, capacidades del embalse, tablas de superficie area-altura-capacidad, etc.; y (4) las demandas de riego estimadas utilizando un modelo Penman modificado.

La optimizacion con programacion dinamica necesita ser corrida solo si es evidente que los valores actuales de uno o mas de los datos de la informacion anterior han de dejado de ser validos o necesitan ajustes. Las normas de operacion generadas por la optimizacion dan niveles de almacenamiento optimos al final del mes, condicionados en los niveles de almacenamiento inicial y los caudales de entrada del periodo anterior para considerar la persistencia de los aportes mensualcs. Estas normas son esenciales ya que ellas representan guias optimas a una gran variedad de condiciones de almacenamientos y aportes del rio que pueden existir normalmente, en vez de una unica politica optima inflexible. Las normas de operacion fueron probadas a traves del uso de analisis Monte Carlo. Estas son ejecutadas utilizando varios cientos de anos de caudales, generados sinteticamente, para asi determinar las probabilidades de mantener varios niveles aceptables de descargas para riego y produccion de potencia, asi como para determinar la posibilidad de los niveles deseados, y a la larga mejorar el beneficio del sistema. El mismo modelo de simulacion de la red a ser utilizado en las operaciones en tiempo real semanal es empleado para la misma tarea a nivel mensual.

Curvas guias optimas del analisis mensual fueron utilizados para la operacion en tiempo real semanal del sistema. Un modelo de simulacion de la red mas detallado fue empleado para determinar la distribucion optima del agua en el sistema Valdesia para hidroelectricidad y los diferentes sectores de riego en el sistema, tratando de satisfacer las guias mensuales. A un nivel semanal es posible incluir informacion sobre los aportes haciendo uso

de pronosticos. Estos pronosticos pueden ser puestos al dia a un nivel semanal y el modelo puede correrse nuevamente para acomodar las condiciones cambiantes cada vez que el comportamiento del sistema es monitoreado. La meta del modelo de simulacion del sistema es convertirse en una herramienta operacional a tiempo real que sea tratable y facil de utilizar por los operadores del sistema. Se intenta que los modelos de computadora y las curvas guia sean solo mecanismos de apoyo para los operadores del sistema. El uso de metas semanales y mensuales permite una mayor flexibilidad en las operaciones diarias. Ellas son consideradas solo como metas y los operadores estan libres de desviarse de ellas si la necesidad asi lo requiere y su experiencia les recomienda hacerlo.

Para poder confirmar el valor del empleo de tales curvas guias, normas y modelos de computacion desarrollados para la normal operacion del sistema Valdesia, se intento determinar la mejora en el comportamiento del sistema que hubiera ocurrido historicamente si ellas hubiesen sido empleadas, versus el verdadero comportamiento historico del sistema. Ademas, se intento a nivel preliminar asignar un valor economico estimado a tales mejoras.

Dos modelos de computacion fueron utilizados para este estudio: (1) un modelo general de simulacion de rios llamado MODSIM, y (2) un modelo de programacion dinamica que puede utilizarse para cualquier proposito, llamado CSUDP, y que en este caso fue usado para desarrollar las reglas de operacion optimas a ser probadas con MODSIM. Estos dos programs trabajan juntos en el sentido que CSUDP da las reglas de operacion optimas que se convierten en entrada al MODSIM para decisiones de operacion basicas y estimacion de los riesgos. Nuevamente, la idea es que tanto la simulacion como la optimizacion deberian ser usadas en conjunto. La primera puede representar mas seguramente la operacion entera del sistema, mientras que la ultima

puede ser util al ayudar a encontrar reglas de operacion optima a ser usadas en la simulacion. Ademas, otros modelos fueron utilizados en apoyo a los dos modelos anteriores: (1) UMOSEl para determinar un modelo estocastico apropiado y los parametros correspondientes de cada serie de caudales semanales y mensuales, (2) GENSEA para generar los datos de caudales sinteticos basados en los modelos obtenidos por UMOSEl y (3) PCKFA para el pronostico semanal y mensual de los caudales, en base al metodo de filtro Kalman.

La tecnica de optimizacion llamada programacion dinamica (DP) es particularmente apropiada para resolver problemas de decision secuenciales que envuelven muchos periodos de tiempo o etapas. Como puede verse en la Figura 5, la operacion de embalses puede ser visualizada como un proceso de decision secuencial donde las decisiones sobre la descarga en cada etapa a su vez resultan en un retorno de beneficios. Volumenes mensuales de almacenamiento representan las transiciones de "estado" entre las etapas (meses). El programa CSUDP fue utilizado para representar este proceso de decision secuencial, para obtener reglas de operacion mensuales optimas en el Embalse Valdesia. Una version de este programa fue hecha para microcomputadoras y puede ser utilizada en IBM/PC o cualquier micro compatible.

El programa MODSIM fue utilizado para el desarrollo de las normas operaciones a nivel semanal para riego e hidroelectricidad. Una version del programa se implemento en una IBM/PC. El principio teorico de MODSIM es que la mayoria de los sistemas fisicos de recursos hidraulicos pueden ser representados como redes capacitadas de flujo las cuales pueden ser resueltas eficiente y rapidamente con modernos algoritmos computacionales de redes de flujo (ver Figura 6). Las componentes del sistema son representadas en la

red como nodos, ya sea de almacenamiento (p.e., embalses) o no-almacenamiento (p.e., confluencias de rios, puntos de derivacion, puntos de aportes, y puntos de demanda) y eslabones o arcos (p.e., canales, tuberias, y tramos naturales de rios). Para poder considerar las demandas, aportes, y las deseadas reglas de operacion de los embalses, varios nodos artificiales y eslabones deben ser construidos, de tal forma que el balance de masa se satisfaga a traves de la red. Estos nodos artificiales y eslabones son creados automaticamente por MODSIM, por lo tanto el usuario solo necesita preocuparse del verdadero enlace del sistema.

MODSIM permite el uso de "costos" que pueden ser costos o beneficios reales (p.e., costos negativos), o simplemente prioridades operacionales asignadas a ciertos nodos y eslabones que sirven para clasificar alternativas operacionales. MODSIM emplea el algoritmo "out-of-kilter" (OKM) para distribuir optimamente los flujos y el almacenamiento desde un periodo de tiempo a otro a traves del sistema tomando como base esos costos o prioridades. El problema del flujo en la red se resuelve iterativamente en forma secuencial a lo largo del tiempo. A diferencia de otros algoritmos para resolver problemas de redes, no es necesario tener una solucion inicial factible al usar el OKM. Es en esencia un algoritmo de programacion lineal primal-dual, especificamente disenado para dar soluciones eficientes de problemas de flujo en redes a un minimo costo.

La version actual del Programa MODSIM esta orientada principalmente a la obtencion de guias de manejo semanal o mensual de la cuenca entera de un rio o de una subcuenca dada. El modelo es capaz de generar planes operacionales que satisfacen metas especificas, prioridades, y restricciones. Tambien puede ser utilizado para evaluar acuerdos entre usos conflictivos durante periodos donde la disponibilidad del agua sea

deficiente. Esta informacion puede proveer un base racional, y documentable para tomar decisiones dificiles sobre la distribucion del agua. La entrada de informacion al modelo ha sido estructurada en un formato interactivo, y conversacional, el cual alienta al personal en manejo de aguas con poca experiencia en el uso de computadoras a utilizarlo. La version utilizada en este estudio fue disenada para una microcomputadora IBM/PC o cualquier micro compatible que opere con PC DOS 2.0 y un minimo de 320k de memoria. El programa fuente esta escrito en FORTRAN 77.

El modelo de simulacion de los requerimientos de agua para cultivos estuvo basado en: (a) el metodo Penman modificado para estimar la evapotranspiracion de los cultivos y (b) estimaciones de la lluvia efectiva diaria. El metodo Penman modificado ha recibido una aceptacion casi universal como el metodo preferido para obtener estimados de evapotranspiracion potencial diaria y semanal. La evapotranspiracion potencial es entonces multiplicada por los coeficientes calibrados del cultivo para determinar el agua requerida por cada tipo de cultivo para cada periodo. Aunque existen datos faltantes en los datos requeridos para este proyecto, se considero dicho metodo como el apropiado para la estimacion de la demanda diaria y semanal. Guias para los calculos con este metodo fueron tomados de una de las publicaciones de la FAO, por Doorenbos y Pruit (1975) titulada "Crop Water Requirements".

3.3 Estudios de Operacion de Crecientes

El trabajo requerido para el desarrollo de las reglas de operacion de crecientes puede ser listado bajo cuatro aspectos: (1) Elaboracion del modelo de transito de crecientes del sistema Valdesia, (2) estudios de transito de crecientes, (3) Desarrollo de las reglas de operacion de

crecientes, y (4) Prediccion de Huracanes. La metodologia global seguida en esta parte del estudio es esquematicamente mostrada en las Figuras 7 y 8.

Un modelo de computacion que simula las caracteristicas hidraulicas de los aliviaderos y las varias obras de regulacion de las descargas del sistema Valdesia-Las Barias fue desarrollado para hacer los estudios de transito a traves del sistema. Tres formas de operacion para el transito se incluyeron en el modelo: (a) operacion por el metodo de sobrecarga inducida; (b) un procedimiento modificando el existente actualmente; y (c) operacion de huracanes en el cual todas las compuertas se mantienen totalmente abiertas desde el comienzo de la creciente. El modelo puede ser utilizado en tiempo real para desarrollar itinerarios de la regulacion de las compuertas durante las crecientes.

El modelo de transito de crecientes fue utilizado para investigar la capacidad de las obras de descarga para permitir el paso seguro de crecientes hipoteticas sin sobrepasar la cresta de la presa o si este no es el caso hasta que punto estas descargas pueden ser utilizadas para prevenir el desborde de la presa. El hidrograma reconstruido del Huracan DAVID fue tambien utilizado en los estudios de transito. El transito de los hidrogramas de diseno debido ya sea a condiciones de huracanes o no huracanes se estudio tambien. Los resultados de esos estudios de transito se convirtieron en la base principal para el desarrollo de las reglas de operacion en condiciones de emergencia con y sin huracanes. Ademas, se estudio la influencia de un embalse aguas arriba para el control de las crecientes de diseno.

Se investigo la posibilidad de predecir la precipitacion y trayectoria de los huracanes. Una revision de los modelos existentes para la prediccion de trayectorias permitio la seleccion del modelo de regresion CLIPER para

realizar dichas predicciones de ciclones tropicales con periodos de anticipacion de 72 horas. Estas predicciones de las trayectorias son extremadamente utiles para operar el sistema en condiciones de emergencias por la presencia de huracanes. Desafortunadamente, una revision del estado del arte de la precipitacion revela que modelos portatiles para la prediccion de la precipitacion de los huracanes, y que puedan ser instalados facilmente en la Republica Dominicana no estan disponibles. Un procedimiento aproximado basado en la trayectoria pasada de la precipitacion del Huracan David fue empleado para la prediccion potencial de precipitacion de huracanes.

3.4 Estudios de Inspeccion, Mantenimiento y Seguridad

Desde el comienzo de la construccion de presas han ocurridos fallas. Sin embargo, los analisis de seguridad de presas solo se intensificaron despues de las recientes fallas de varias presas (especialmente la falla de la Presa Teton en Idaho, EUA). En la actualidad extensos programas de inspeccion y mantenimiento estan siendo desarrollados y enforzados en todos los paises desarrollados.

Durante el paso del Huracan DAVID en 1979, todas las compuertas del aliviadero en la Presa Valdesia no estaban abiertas totalmente y fueron arrastradas por la corriente. Las compuertas del aliviadero de la Presa Las Barias sufrieron danos. Por lo tanto, los programas de inspeccion y mantenimiento de presas son justicados y de gran importancia.

Para este proyecto, los programas de seguridad y mantenimiento de varias Agencias Federales y Estatales de los E.U. fueron analizados y resumidos. Un grupo de consultores de seguridad de presas de los E.U. (Junta de Consultores) fue empleado para conducir inpecciones visuales y recomendar medidas para solucionar los problemas. Este grupo incluyo:

Charles F. Corns, Jefe del grupo y especialista en ingenieria estructural; Jacob H. Douma , especialista en estructuras hidraulicas; Wesley Holtz, especialista en ingenieria de suelos; Alan O'Neill, especialista en geologia y Hsieh Wen Shen, especialista en hidraulica e hidrologia.

Los datos recolectados por los instrumentos que monitorean la seguridad de la presa fueron analizados. Los resultados del analisis anterior asi como del analisis de riesgo fueron presentados en seminarios realizados en el INDRHI. Un ingeniero nombrado por el INDRHI fue enviado a Colorado State University para revisar las practicas de seguridad de presas en los E.U. y asistio como oyente a los cursos academicos relacionados con analisis de seguridad de presas.

3.5 Organizacion y Funciones

Uno de los objetivos de este proyecto era investigar la organizacion actual encargada de operar el sistema del Embalse Valdesia y hacer las recomendaciones necesarias para que su operacion y mantenimiento sean optimizados, tomando en consideracion que debe satisfacer las demandas de riego e hidroelectricidad, asi como operar las presas en forma segura durante las crecientes y cumplir con las condiciones de seguridad de presas en general.

Para poder alcanzar este objetivo, la estructura institucional alrededor de la cual la Operacion y Manejo del Embalse Valdesia ha evolucionado a traves de los anos fue estudiada. Esto incluye las siguientes componentes: (1) las instituciones que estan involucradas en operacion de embalses en la Republica Dominicana, (2) la organizacion existente en la actualidad y la practica para operar sistemas de embalses en el pais, y (3) la organizacion existente y la forma de operar el sistema en el caso del Embalse Valdesia. Estos elementos fueron analizados con

relacion a la operacion y manejo de sistemas similares en otros paises. Tales analisis llevaron a proponer un esquema con una nueva organizacion para operar los embalses en la Republica Dominicana en general y el Embalse Valdesia en particular.

3.6 Transferencia de Tecnologia y Entrenamiento de Personal

Una parte esencial e inseparable del estudio fue la calificacion del personal de la Republica Dominicana en el uso de los metodos analiticos, asi como en los procedimientos administrativos desarrollados en las diferentes componentes de este proyecto. Esto fue logrado a traves de la participacion activa del personal que la contraparte asigno al proyecto en un programa de entrenamiento y, a traves de un proceso de transferencia eficiente de tecnologia desarrollado y dirigido para los especialistas de las agencias del gobierno de la contraparte que participaron en este proyecto. En la misma forma que el objetivo de un sistema fisico de recursos hidraulicos es proveer el agua y la energia planeada con un alto grado de seguridad, y con la calidad requerida, el objetivo de un programa de entrenamiento y transferencia de tecnologia es proveer los recursos humanos cuando y donde se necesiten con un alto grado de seguridad, para asegurar el alcance de las metas del proyecto. La falta de personal calificado en la cantidad suficiente, puede causar la falla de un proyecto en la misma forma que lo causaria una sequia, una inadecuada capacidad de almacenamiento o un evento catastrofico.

Para proveer al personal profesional de La Republica Dominicana con los conocimientos necesarios para alcanzar ese requerimiento a largo plazo, el entrenamiento y transferencia de tecnologia del proyecto consistio de las siguientes componentes: (1) entrenamiento en sitio del personal perteneciente al INDRHI, CDE y otras agencias claves, envueltas en la operacion

y manejo del sistema Valdesia en los conceptos generales de analisis de sistemas, modelaje con computadoras, hidrologia estocastica, analisis economico y seguridad de presas, para mejorar la ejecucion operacional; (2) un mas detallado y largo entrenamiento en Colorado State University de cierto personal considerado clave en la planificacion operacional, hidrologia y seguridad de presas; asi como incorporar su experiencia personal al proyecto para asegurar que los procedimientos operacionales sean realistas; (3) instruccion intensiva en la comprension de los modelos de computacion desarrollados para este estudio y su implementacion en las microcomputadoras disponibles, las cuales seran el medio computacional mas importante para la operacion del sistema; y (4) instruccion especifica en el empleo de toda la tecnologia desarrollada en este estudio para una verdadera operacion en tiempo real del sistema.

4. PRINCIPALES RESULTADOS Y PRODUCTOS

4.1 Resultados

4.1.1 Estudios Hidrologicos. Los principales resultados sobre esta parte del estudio se resumen a continuacion:

(1) Una cantidad significativa de errores e inconsistencia fueron encontrados en los datos de precipitacion y escorrentia.

(2) La Tormenta Estandard del Proyecto (TEP) para no-huracanes para 48 horas de duracion sobre el Rio Nizao es 260 mm. Esto dio como resultado una Creciente Estandard del Proyecto (CEP) que entraria al Embalse Valdesia de 3469 m^3/s para condiciones de humedad antecedentes secas y 7544 m^3/s para condiciones humedas.

(3) La TEP para huracanes y 48 horas de duracion sobre el Rio Nizao es de 493 mm. Esto dio como resultado una CEP de entrada al embalse de

10185 m^3/s para condiciones antecedentes secas y de 16548 m^3/s para condiciones humedas.

(4) La Precipitacion Maxima Probable (PMP) promedio en la cuenca del Rio Nizao obtenida por el grupo de la contraparte fue de 1338 mm en base al modelo de huracanes del U.S. Weather Bureau. La correspondiente Creciente Maxima Probable (CMP) de entrada al embalse es de 20000 m^3/s para condiciones antecedentes secas y de 23000 m^3/s para condiciones humedas.

(5) El pico simulado de la creciente al utilizarse el modelo HEC-1 (despues de calibrado) y la precipitacion observada durante el huracan DAVID, es de 5332 m^3/s para condiciones de humedad antecedentes secas y de 10358 m^3/s para condiciones humedas. Ademas, la calibracion del modelo de pronostico de crecientes (SACKW) para la Cuenca del Nizao fue ejecutada ano a ano, utilizando los datos desde 1972 hasta 1975. La mejor calibracion fue obtenida con los datos de 1972. El uso posterior de los parametros del modelo basados al ano 1972 para predecir el regimen de flujo durante el Huracan DAVID (Agosto, 1979) dio un caudal pico horario en Paso del Ermitano de 7074 m^3/s.

(6) Para el modelaje estocastico y la generacion de datos, se encontro que un proceso trivariado, contemporaneo y autoregresivo de primer orden con parametros estacionales describe adecuadamente los caudales en Rancho Arriba, Palo de Caja y Paso del Ermitano. Un modelo con una estructura similar fue utilizado para el modelaje y generacion de las series de tiempo de las horas de operacion de la turbina en el Embalse Valdesia con una dependencia bivariada en los caudales de Paso del Ermitano.

(7) El modelo autoregresivo fue utilizado, calibrado y probado para los pronosticos semanales y mensuales de los caudales. La calibracion y verificacion estuvo basada en los datos de los anos 1968-1971 y 1973-1975. Los resultados en ambos casos fueron bastante buenos. Las calibraciones y verificaciones deben continuarse a medida que se disponga de mas datos en el futuro.

4.1.2 Estudios de Operacion Normal: Riego e Hidroelectricidad.

Curvas guias para el almacenamiento mensual optimo fueron desarrolladas por el Programa CSUDP con consideraciones a la carga optima en las dos turbinas de la planta de potencia. Esto es, para varias combinaciones discretas de altura-descarga, un analisis de pre-optimizacion fue ejecutado y se determino como cada turbina deberia ser utilizada, para asi maximizar la eficiencia global, y por lo tanto, la produccion de energia. Esta tabla de cargas optimas debe ser muy util para las operaciones diarias del sistema. Despues de desarrolladas las curvas guias de almacenamiento optimo mensual usando el CSUDP, se intento probarlas al determinar los riesgos asociados a largo plazo cuando se satisfagan las demandas de riego para varios niveles de energia y produccion de potencia. Un analisis de riesgo fue realizado con 400 anos de datos sinteticos mensuales, con los aportes y las horas de generacion de las turbinas como datos de entrada al Programa MODSIM, y empleando las curvas guias de almacenamiento optimo.

Los resultados fueron extremadamente alentadores para el abastecimiento de agua para riego, con virtualmente cero riesgo de ocurrencia de deficits. Ademas, los resultados del MODSIM indican que las descargas para riego podrian probablemente se incrementadas en un 10% con un promedio de confianza mensual de cerca del 92 %. De todas formas, los niveles de

produccion de potencia y energia, aunque ligeramente mayores en promedio que aquellos ocurridos historicamente, fueron en cierta forma decepcionantes. Se decidio finalmente, que existia una cierta inconsistencia entre las reglas de operacion optima con PD y el uso de las horas de trabajo de las turbinas generadas sinteticamente en el analisis Monte Carlo, dado que el programa CSUDP habia usado simplemente valores promedios mensuales para las horas de generacion. Esta inconsistencia fue confirmada al realizarse pruebas adicionales de las reglas de operacion optimas en el periodo historico despues de la ocurrencia del Huracan DAVID. Un intervalo de tiempo semanal fue utilizado en este caso.

Se decidio que en lugar de utilizar las horas historicas de generacion como una reflexion de la demanda de energia, era mas razonable utilizar produccion de potencia como un medio de comparacion. La razon es que al examinar las operaciones historicas del sistema se revela una amplia variedad de niveles de horas de generacion de la turbina en contraste con los niveles relativamente estables de capacidad de potencia de alrededor de 30. MW. Esto indica que los operadores del sistema intentan estabilizar la capacidad de potencia tanto como sea posible al integrarse a la red de distribucion de potencia del pais, y esto a su vez, frecuentemente define el numero de horas de generacion, particularmente para periodos donde los caudales son altos y por lo tanto las descargas son tambien sustanciales.

Los resultados de esta comparacion fueron extremadamente prometedores, con las reglas optimas de operacion produciendo 23 % mas potencia y por encima del 8% mas energia, sin incurrir en deficiencias de riego. Un analisis de los excesos de agua en Las Barias como resultado de las reglas optimas revelo que al almacenar un exceso de agua por encima de las curvas guias y despues descargarla, al menos un incremento del 10 por ciento en el

abastecimiento para riego podria ser mantenido a un alto nivel de confiabilidad. Del analisis economico preliminar, el cual asume que el exceso de agua podria ser aplicado al riego de mas tierra por los regantes en las cabeceras y colas de los canales, se estima que un retorno adicional de RD $3.69 millones por ano podria haberse realizado a lo largo del periodo historico como un resultado de aplicar las curvas guias de almacenamiento optimo. Anadiendo a los beneficios estimados el incremento en la produccion de energia, los beneficios totales podrian haber sido de RD $ 7.40 millones por ano.

4.1.3 Estudios de Operacion de Crecientes

Los resultados principales de esta parte del estudio se resumen a continuacion:

(1) Un modelo computarizado de operacion del embalse Valdesia puede ser una herramienta util y eficiente en operaciones de emergencia en tiempo real. Un modelo practico ha sido desarrollado en base a los mejores datos y tecnologia disponible. El modelo puede ser y debera ser refinado en una etapa posterior a medida que mas datos esten disponibles y se gane una mejor experiencia en la operacion.

(2) El control del almacenamiento temporal de las crecientes por encima del nivel normal de 145 m es pequeno, siendo del orden de 40 millones de m^3. Bajar por adelantado el embalse a niveles por debajo de los 145 m. consume mucho tiempo debido a las restricciones de capacidad en las obras de descarga y por lo tanto es poco probable que sea practico intentarlo.

(3) Dentro de los limites practicos de operacion, una caudal pico del orden de los 11000 m^3/seg puede ser transitado a traves del embalse Valdesia

cuando el nivel inicial del embalse es de 145.0 m. (en base al hidrograma simulado del Huracan DAVID y la CEP).

(4) Para pequena crecientes, el metodo de sobrecarga inducida es mas eficiente en suprimir la descarga del pico, particularmente si el nivel inicial del embalse es bajo. Para grandes crecientes, el metodo de sobrecarga inducida puede dar como resultado picos de salida y elevaciones mas grandes en el embalse que los otros modos de operacion, y por lo tanto no se recomienda en estos casos.

(5) Entre creciente medianas y grandes crecientes, el metodo de sobrecarga inducida y el metodo basado en todo lo que sale es igual a todo lo que entra, dan resultados muy parecidos. Ambos metodos pueden ser utilizados pero el ultimo es computacionalmente mucho mas simple. Cuando una clara seleccion del modo de operacion no es posible, una simulacion en tiempo real utilizando las dos diferentes formas de operacion debera ser llevadas a cabo y la decision final debera basarse en el analisis del caudal de salida resultante y de los hidrogramas de tirantes de agua

(6) Para grandes crecientes causadas por huracanes, el metodo de operacion con huracanes (Modo 2) es ventajoso. Sin embargo, se debe ejercer precaucion para controlar la salida inicial brusca de caudal cuando las compuertas son subitamente abiertas en su totalidad,y particularmente cuando el nivel inicial del embalse es alto. Despues que el pico del hidrograma de entrada ha pasado, se recomienda regresar al Modo 0 o al 1, para que el almacenamiento del embalse no sea mermado innecesariamente.

(7) El aliviadero en Valdesia no tiene suficiente capacidad para pasar la CEP con huracan (condiciones de humedad antecedente II y III) y la CMP (para todas las condiciones de humedad antecedente). Si un embalse aguas arriba es construido en El Jiguey con parte de su almacenamiento para

el control de crecientes (cerca de 56 millones de m^3 de almacenamiento para crecientes), los picos de la CEP en Valdesia para todas las condiciones de humedad antecedente pueden ser controladas efectivamente. De todas formas, no sera capaz de proveer suficiente control sobre la CMP.

(8) La trayectoria "oficial" de los huracanes pronosticados por el Centro Nacional de Huracanes de los E.U. en Miami deberia ser utilizada en las operaciones de embalses siempre que sea posible. En todo caso, el modelo CLIPER es mucho mas simple y produce pronosticos en regiones por debajo de los 24.5 grados de latitud, que son tan seguros como los pronosticos calculados por los otros modelos disponibles, y pueden usarse cuando los pronosticos oficiales no esten disponibles.

(9) Los modelos para pronosticar precipitacion de tormentas intensas, como aquellas originadas por huracanes aun estan siendo desarrollados. Los procedimientos actuales utilizados en los E.U. combinan los metodos subjetivos basados en la experiencia pasada de los pronosticadores con algunos analisis objetivos y, por lo tanto, ellos no pueden se facilmente transportados a la Republica Dominicana. Esta es un area que requiere mucha atencion en el futuro dado que la precipitacion potencial de un huracan determina en gran medida la naturaleza del potencial de la creciente.

4.1.4 Estudios de Inspeccion, Mantenimiento y Seguridad

(1) Programas de Inspeccion.

Un informe titulado, "Review and Analysis of Dam Safety Inspection Guidelines from U.S. Governmental Agencies," preparado por J. Regenstreif y H.W. Shen fue remitido a la contraparte del proyecto en Abril de 1986. Algunas de sus conclusiones son dadas a continuacion.

Inspecciones de seguridad de presas son necesarias para ayudar a mantener la seguridad y vidas de aquellos viviendo cerca a una estructura. La historia de fallas y accidentes de presas ha dado ejemplos repetidos de incidentes que pudieron haber sido prevenidos. No es que todos los problemas que conllevaron a accidentes pudiesen ser detectados por adelantado con inspecciones, pero hay suficientes situaciones que pueden ser detectadas como para hacer las inspecciones muy valiosas.

Los programas del gobierno sobre seguridad de presas pueden ayudar a proteger al publico al requerir que las inspecciones sean hechas y en general promoviendo manejos responsables en lo concerniente a presas. El propietario de la presa es al final responsable por su estructura, pero normas para asegurar que el propietario sea hecho responsable son una medida prudente. El Cuerpo de Ingenieros (CDE) clasifico los estados en los E.U.A. en base a sus programas de seguridad de presas. Treinta estados fueron contactados y se les pidio enviasen informacion y documentos con respecto a sus programas. Los formatos utilizados por varios estados indicaron una metodologia individual que satisfacia las necesidades del estado y los requerimientos legislativos como la via a aceptar los programas. La mayoria de las organizaciones de los estados estaban centralizadas, trabajando para un departamento. Como siempre, programas descentralizados fueron tambien encontrados. Programas para la seguridad de presas cubren varios aspectos de la presa; ellos son interesantes al proyecto desde la inauguracion pasando por la operacion y mantenimiento hasta finalmente, en algunos casos, su demolicion. Inspecciones periodicas de la presa son un parte importante de este programa.

Un programa que ejerza el mayor control directo sobre las presas es un programa directo de vigilancia. En este caso, el estado es responsable por

la inspeccion de las presas. Un programa alternativo usa el enfoque de seguridad en la calidad, donde el propietario es responsable por las inspecciones, y asegura a las autoridades del estado que las inspecciones estan siendo realizadas. La seleccion del tipo de programa es una decision de cada estado basandose en sus recursos.

Ademas a las caracteristicas individuales de un proyecto de presa que sirven como guias en la seleccion de las partes a inspeccionar, puede utilizarse un nivel de inspeccion. Aunque se realicen revisiones frecuentes, pueden utilizarse niveles multiples de inspeccion y asi minimizar el costo de garantizar la seguridad de la presa. Un programa con cuatro niveles de inspecion, utilizados por la Autoridad del Valle de Tennessee (TVA), describe esta metodologia. Los cuatro niveles de inspeccion son formal, intermedio, informal, y especial. Los primeros tres niveles son conducidos a escogidos intervalos periodicos. Las inspecciones formales son las mas detalladas, conducidas por especialistas en seguridad de presas, a intervalos de tres a cinco anos. Inspecciones intermedias son conducidas regularmente a una base anual. Inspecciones informales son frecuentemente conducidas por los vigilantes de las presas a un nivel diario o semanal. Las inspecciones especiales son conducidas cuando un evento anormal ocurre, y pueden ser tan detalladas como una inspeccion formal.

(2) Programas de Mantenimiento Regular.

Un informe titulado, "Review of Valdesia and Las Barias Dams, Nizao River", elaborado por Corns, Douma, Holtz, O'Neill y Shen fue remitido a la contraparte del proyecto en Mayo de 1985. Algunas de sus conclusiones se resumen a continuacion.

A. Sistemas de Comunicacion. El sistema de comunicacion disponible entre la Presa Valdesia y la CDE en Santo Domingo consiste de un sistema de

radio transmision UHF y sistema telefonico con microondas. Ninguno de estos sistemas provo estar libre de fallas durante el Huracan DAVID. Se necesita de la construccion de un sistema redundante adicional debido a que las comunicaciones de emergencia entre las localidades son de extrema importancia para el pronostico de eventos, comenzando por los procedimientos operativos de emergencia, y la puesta en practica de los planes de evacuacion. La torre de microondas fue derrumbada por el Huracan DAVID. Esta torre debe ser reforzada para resistir las tormentas mas severas. Debe considerarse, si es posible la construccion de una segunda torre auxiliar, localizada cerca pero en un lugar mas protegido. La estacion de radio tampoco estuvo operable durante la tormenta. Aparentemente, el equipo de esta estacion esta en pobres condiciones y deberia ser reemplazado.

B. Sistema de Operacion de las Compuertas. El peor de todos los defectos en el sistema operativo de emergencia de la presa, fue vividamente demonstrado durante el Huracan DAVID, cuando las compuertas no pudieron ser operadas. Esto dio como resultado la destruccion de todas las cinco compuertas en Valdesia y dos de las compuertas en la Presa Las Barias, junto con otros danos a las presas y al canal del rio aguas abajo. La principal razon para la falla en la apertura de las compuertas se debio a la falta de energia electrica en la fuente primaria de potencia de la casa de maquinas asi como de la fuente de reserva. Aunque se ha hecho un mejoramiento sustancial, se sugiere que modificaciones adicionales sean hechas para proporcionar una mayor proteccion a los sistemas de potencia primarios y de reserva.

La fuente primaria de energia electrica para operar las compuertas durante operaciones normales viene de la red electrica del CDE, que incluye los generadores en Valdesia, los cuales funcionan satisfactoriamente en

condiciones normales. A pesar de esto, durante el Huracan DAVID, la red de energia no funciono, y segun los informes, los generadores en Valdesia estaban apagados porque no habia operadores, y/o un gran flujo de agua proveniente de las colinas entro al cuarto del generador, y/o debido a vibraciones del equipo. La linea de potencia de un generador diesel de emergencia de 450 KW, localizado en la colina adyacente, fue danado o destruido por la tormenta. Asi que no habia energia disponible para operar las compuertas. La operacion manual no es factible durante una emergencia y no se deberia confiar en ellas ciegamente. El sistema principal de reserva deberia ser hecho mas confiable.

(3) Instrumentacion del Monitoreo de Seguridad de la Presa

Varios tipos de instrumentos se instalaron en la Presa Valdesia y en las fundaciones durante y despues de 1980. Entre estos se incluian piezometros electricos del tipo de resorte vibratorio, dispositivos de pendulo para el movimiento , extensometros y acelerometros. Los datos recogidos por estos instrumentos son graficados en el Volumen 4 del informe final del proyecto. Varios de los piezometros parecen no estar trabajando apropiadamente y algunos datos indican un ascenso en la presion en cantidades excesivas y peligrosas. Deberia contratarse asesores inmediatamente para investigar estos piezometros. La lectura de los pendulos, extensometros y acelerometros indican movimientos normales y tolerables en la presa debido a tensiones termales.

(4) Planes de Operacion de Emergencia

El plan actual de operacion en emergencias es inadecuado. No existe un plan eficiente para la operacion de la presa durante emergencias y no hay planes de advertencia y evacuacion.

(5) Problemas Especiales

Algunos problemas fueron observados por la Junta de Consultores durante su viaje de inspeccion a la presu en Mayo de 1985, y estos problemas especiales deben ser resueltos inmediatamente. Ellos se resumen a continuacion.

A. Toma de Agua para la Central. Un bloqueo sustancial de la rejilla para atrapar basura en la toma pudo haber producido suficientes fluctuaciones en la presion de la tuberia de presion como para causar que el generador operase en una forma irregular. Cuando se opera el embalse a niveles bajos pueden ocurrir vortices, y estos vortices pueden tambien causar grandes fluctuaciones en la presion.

B. Sedimentacion del embalse. Los depositos de sedimentos en el embalse reducen el volumen de agua almacenada y pueden pasar a traves de la toma de energia y danar la maquinaria hidraulica. Grandes cantidades de sedimento pueden haber pasado a traves del Embalse Las Barias y causar danos a la superficie de concreto de las presas.

C. Estabilidad de la Presa y Resistencia de las Fundaciones. Estudios anteriores sobre la resistencia de las fundaciones y la estabilidad de la presa no fueron concluyentes. Los analisis previos parecen haber utilizado suposiciones conservativas y obtuvieron un factor de seguridad bajo -poco satisfactorio. La Junta de Asesores no tuvo acceso a ningun analisis de diseno original como para hacer una revision detallada.

D. Drenes en las Fundaciones. La Junta de Asesores noto que, en las fundaciones algunos drenes situados en el espacio adyacente al contrafuerte numero 15 estaban tapados con madera o lodo. Tembien, los planos suministrados a la Junta no mostraban la ubicacion de todos los drenes en la vista de planta. Tan pronto como sea posible, la ubicacion de todos los drenes en las fundaciones deberia ser determinada y los drenes registrados

por numero y ubicacion. Todos los drenes deben ser inspeccionados y limpiados. El apropiado funcionamiento de los drenes es esencial a la estabilidad de la presa y su eficiencia deberia ser monitoreada continuamente. El sistema de monitoreo de los drenes deberia correlacionarse con las mediciones de aumento de presion para ayudar a determinar la eficiencia del sistema de drenaje.

E. Analisis Dinamico y Sismico. La Republica Dominicana esta sujeta a fuertes terremotos en una forma recurrente. La Junta de Consultores no tuvo acceso a los datos indicando la magnitud del factor sismico seleccionado para el diseno original, o a la forma en que se realizo el analisis de estabilidad.

F. Pozo de disipacion de energia del aliviadero. El pozo de disipacion del Embalse Valdesia nunca ha sido drenado para ser inspeccionado. Esto deberia hacerse y la superficie de concreto inspeccionada para determinar si ha ocurrido erosion en forma excesiva.

G. Erosion aguas abajo del pozo de disipacion. Inspecciones en este sitio indicaron que una considerable cantidad de erosion ha ocurrido en el lecho del rio aguas abajo del pozo de disipacion del vertedero de Las Barias. Se deben tomar madidas para remediar la situacion.

H. Galeria y Drenaje de las fundaciones en la Presa Las Barias. Los miembros de la Junta de Asesores no pudieron inspeccionar la galeria del vertedero en la Presa Las Barias debido a que estaba inundada y no pudo ser drenada ya que las bombas de succion estaban inoperables. Por lo tanto, las fuentes de posibles fugas de agua y la descarga en los drenes de la fundacion dentro de la galeria no pudieron ser determinadas.

4.1.5 Organizaciones y Funciones

La Republica Dominicana tiene siete instituciones publicas involucradas en la planificacion, operacion y manejo de los proyectos de recursos hidricos. Pero las dos grandes organizaciones directamente responsables en la operacion y manejo de los sistemas de embalses son el INDRHI y la CDE. Los problemas se originan entre el INDRHI y la CDE cuando hay que decidir quien tiene el derecho de operar los grandes embalses. Este problema tiene un desarrollo historico ya que, por un lado el INDRHI fue creado para planear, desarrollar y operar los sistemas de recursos hidraulicos incluyendo proyectos de riego e hidroelectricidad, y de hecho, por ley, el INDRHI posee todos los proyectods de riego e hidroelectricidad excepto los proyectos hidroelectricos de Las Damas y Jimenoa. Por el otro lado, tambien por ley, a la CDE se le ha asignado la construccion y administracion del sistema Tavera-Bao. Esto le ha dado a la CDE una gran influencia en cuanto a la operacion de sistemas de embalses hasta el punto que actualmente, la CDE opera los grandes sistemas que estan en funcionamiento en la Republica Dominicana. El decidir quien tiene el derecho a operar este o aquel embalse cae fuera del alcance de este estudio. Esto debe ser decidido bajo la estructura del sistema politico y legal del pais.

Otro problema entre el INDRHI y la CDE se ha creado como un resultado de la operacion y manejo de los embalses en el pais en general y del Embalse Valdesia en particular. El sistema del Embalse Valdesia ha sido operado directamente por la CDE desde que la construccion de la presa y las obras relacionadas a ella fueron finalizadas. A pesar de ello, el INDRHI, como la institucion lider en recursos hidricos en el pais, y responsable por la administracion global y el manejo de los recursos hidraulicos en la Cuenca del Nizao, juega un rol importante en el manejo del Embalse Valdesia. Por

ejemplo, la Division de Operaciones del Departamento de Distritos de Riego del INDRHI tiene la responsabilidad de establecer las demandas de agua para el sistema de riego. Esta informacion es abastecida directamente a la CDE o es utilizada por el "Grupo de Operacion de Presas", para acordar en los itinerarios de entregas de agua para el periodo siguiente (usualmente el siguiente mes). Las "reglas de operacion" (para conservacion) del sistema son establecidas por el "Grupo de Operacion de Presas", el cual consiste de representantes de la Division de Operaciones y de la Division de Hidrologia del INDRHI, y por representantes de la Gerencia de Operaciones y del Despacho y Division de Hidrologia del CDE. Este grupo fue establecido mas o menos hace cinco anos. Originalmente, el grupo se reunia cada 15 dias, pero debido a una aparente falta de satisfaccion en cuanto al fiel cumplimiento de los itinerarios de operacion acordados entre los miembros, se interrumpieron las reuniones entre 1982-1984. Los contactos entre los miembros fueron reestablecidos en Agosto de 1984. En la practica, las reuniones ya no tienen lugar, en lugar de ello, los acuerdos son hechos a traves del telefono.

El mecanismo para establecer la distribucion del agua para riego e hidroelectricidad se resume como sigue. Considerando que la primera parte del ano es el periodo de mayor demanda de agua para riego, la Division de Operaciones del INDRHI comienza, a mediados de Noviembre de cada ano, a planear la distribucion del agua para riego a ser entregada el proximo ano. Esto es hecho en base a los patrones esperados de cultivo proyectados el ano siguiente, con la informacion obtenida a traves del SEA y el IAD. Se informo que este es uno de los primeros problemas que se aparecen al planificar las entregas de agua para riego dado que aparentemente, existe una coordinacion muy pobre entre el INDRHI, el SEA y el IAD. Esta falta de

coordinacion se hace tambien visible a traves del ano, durante las actuales operaciones de las entregas de agua para riego. En todo caso, la Division de Operaciones del INDRHI prepara los necesarios niveles mensuales del embalse en Valdesia para el abastecimiento de las demandas de agua para riego, los cuales son entonces presentados durante los encuentros de fin de ano del "Grupo de Operacion de Presas". Normalmente, estos requerimientos son aprobados y firmados por los miembros del Grupo. Este acuerdo es revisado y puesto al dia cada mes, tan pronto nueva informacion sobre el estado actual de las fuentes de agua es recibida.

Desafortunadamente, el personal del INDRHI informa que la CDE no respeta en forma consistente los acuerdos. Un escenario tipico es el siguiente. Cuando no hay carga en Valdesia, el operador de la presa restringe las descargas del embalse con la meta de incrementar el nivel de agua en Valdesia. Pero esto frecuentemente causa que el nivel en Las Barias caiga por debajo del nivel 76, como consecuencia, la derivacion no es capaz de abastecer las demandas de agua para riego. Por otro lado, cuando hay suficiente carga en Valdesia, el operador de la presa genera potencia aun durante la noche (cuando la derivacion en Las Barias no se necesita). Por lo tanto, parte del agua es vertida en exceso en Las Barias, cuando pudo haberse ahorrado para su uso posterior. De modo que, parece existir una seria y persistente falta de coordinacion durante la operacion normal del sistema del Embalse Valdesia, aunque el personal de la Division de Operaciones del INDRHI reconoce que hay una coordinacion mucho mejor cuando hay deficiencias y periodos de sequia.

Se menciono anteriormente que las "reglas de operacion" para proveer agua para el proyecto de riego del Nizao y para generar potencia hidroelectrica en Valdesia son acordadas por el Grupo de Operacion de

Presas. Esto es hecho a una base mensual tan pronto como nueva informacion sobre el estado del sistema es obtenida. De todas formas, tales reglas o guias no han sido desarrolladas bajo ningun criterio de optimalidad. Ellas son esencialmente acuerdos basados en proyecciones a corto plazo de los requerimientos del INDRHI y aparentemente hechos para obtener la potencia maxima generada de hidroelectricidad que suplemente la potencia generada por la CDE en otros sistemas, tales como el sistema Tavera-Bao, o para solucionar cualquier perdida de potencia debido a fallas en otros sistemas. Considerando esta situacion, y dado que los acuerdos operativos no se cumplen frecuentemente de todas formas, la operacion del sistema es ineficiente y solo anade mas incertidumbres al proyecto Valdesia que las normales, inherentes a la hidrologia y economia.

Durante condiciones de crecientes, la Division de Hidrologia de la CDE toma el liderazgo en cuanto a la operacion del Embalse Valdesia. Cuando una situacion de emergencia ocurre o se espera que ocurra, como en el caso de crecientes debido a huracanes, un grupo ad-hoc es formado, usualmente compuesto del Administrador General del CDE, y los directivos de la Gerencia de Operaciones de Plantas, la Division de Operaciones y la Division de Hidrologia. En presencia de huracanes, la informacion sobre los pronosticos es obtenida de la Gulf Coast Weather Service de Tampa. La Division de Hidrologia tambien recive fotos de satelite asi como informacion adicional relacionada con el desarrollo y progreso de las tormentas tropicales. La coordinacion con ONAMET (Oficina Nacional de Meteorologia) para el pronostico de tormentas, es pobre en general, excepto en condiciones de huracan, en estos casos ONAMET funciona como un centro de informacion y coordinacion entre diferentes organizaciones del gobierno. Aparentemente, las decisiones

de operacion durante crecientes y condiciones de emergencia son hechas empiricamente en base a la experiencia del personal de la Division de Hidrologia de la CDE y en base a la experiencia de los miembros del anteriormente mencionado grupo ad-hoc. No hay reglas de operacion adecuadas desarrolladas en base a estudios de operaciones de embalse durante condiciones de crecientes. Un ejemplo de esta insuficiencia ha sido la operacion del embalse durante el Huracan DAVID. Como un producto de los estudios de operacion de crecientes hechos para el sistema Tavera-Bao, algunas reglas simplificadas se escribieron para Valdesia. Fue informado que, de todas formas, en los casos de verdaderas crecientes, dichas reglas no son puestas en uso.

En el pasado se han hecho intentos para eliminar o mejorar algunos de los mencionados problemas institucionales y operacionales. Por ejemplo, un acuerdo bilateral de cooperacion entre el INDRHI y la CDE (INDRHI/CDE, 1980), ha sido hecho, con la intencion de suavizar algunas de las diferencias y desarrollar algunos programas conjuntos para la operacion y manejo de los sistemas de embalses con intereses comunes. Recientemente, el gobierno de la Republica Dominicana ha creado la "Comision Nacional de Aguas Publicas" (por Decreto Presidencial, 1984) constituido por los Directores o Administradores del INDRHI, CDE, INAPA, CASSD y CORAASAN, los cuales entre otros tienen la responsabilidad de buscar un criterio unificado con respecto al manejo y control de los recursos hidraulicos en el pais y suavizar las diferencias que pueden crearse entre las instituciones en relacion al uso de los recursos de agua del pais. Se espera que eventualmente este comite sera capaz de guiar hacia un desarrollo racional y justo, y de operar y manejar los recursos hidricos del pais.

4.1.6 Entrenamiento y Transferencia de Tecnologia.

Una deficiencia comun en los planes y sistemas de entrenamiento de personal es la preocupacion de entrenar una persona especifica para una especifica posicion. Estos programas pueden fallar debido a que esas mismas personas, como seres "individuales" que son, no son "confiables" en el sentido de estar siempre disponibles para ejecutar la tarea asignada a lo largo de toda la vida del sistema. Para evitar este problema en lo posible, sesiones formales de entrenamiento de grupos fueron conducidas en la Republica Dominicana en varias etapas del proyecto. Estas sesiones usualmente consistieron de cursos cortos intensivos, generalmente de dos semanas de duracion, e incluian tanto clases teoricas como sesiones de trabajo para demostrar el uso de varias tecnicas y modelos en topicos especificos. Estos cursos fueron complementados por entrenamiento informal a traves de la correspondencia. Ademas, entrenamiento formal fue provisto en Colorado State University (CSU) a cuatro ingenieros de la contraparte, quienes participaron en el trabajo del proyecto y/o atendieron cursos academicos en CSU durante el periodo de entrenamiento.

Los modelos para computadoras han sido empleados en casi todas las fases de los estudios hidrologicos, en los estudios de operacion normal, y en los estudios de operacion de crecientes. Aunque varios de los modelos empleados en estos estudios estaban disponibles en el computador principal de CSU, ellos no podian ser implementados directamente en las instituciones de la contraparte en la Republica Dominicana debido a lo limitado de las facilidades de las computadoras existentes. En consecuencia, un gran esfuerzo fue iniciado y exitosamente completado al convertir y/o modificar los modelos de computacion existentes y desarrollar nuevos modelos los cuales podrian se implementados en los microcomputadores actualmente disponibles en

el INDRHI y la CDE. Este software ha sido implementado en los microcomputadores en el INDRHI y la intencion es utilizarlos en la operacion real del sistema del Embalse Valdesia. De hecho, muchas de las sesiones de los seminarios de trabajo llevados a cabo durante los periodos de entrenamiento fueron conducidos en las microcomputadoras. Ademas del software implementado en estos pequenos computadores, muchos otros programas fueron implementados y utilizados en el Sistema/34 de la IBM en el INDRHI.

4.2 Productos

4.2.1 Programas de Computadora

Como producto final del proyecto, todo el software desarrollado para los estudios de operacion de crecientes se combinaron e incluyeron en un paquete de software, facil de utilizar y titulado Colorado State University Hydrologic Modeling System (CSU-HMS). Un manual de usuarios separado (CSU-HMS, 1986), el cual incluye instrucciones paso a paso de como utilizar el paquete, con listados de los programas de computadora y ejemplos de aplicacion ilustrativos fue preparado. Este paquete fue instalado en la microcomputadora IBM-PC/AT en las oficinas del INDRHI y del IICA. El software desarrollado incluye lo siguiente:

Programa PCMAPS: Es un versatil programa para el analisis de datos de precipitacion, incluyendo el mapeo, promedios areales, e interpolacion, con la capacidad de elaborar curvas profundidad-area-duracion (PAD) para una tormenta dada.

Programa OPTIM: Es un programa interactivo que asigna los pasos optimos de las estaciones de medicion dentro y en los alrededores de la cuenca del Nizao.

Programa HEC-1: El modelo de simulacion de crecientes desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los E.U. y adaptado a microcomputadoras.

Programa SACKW: Es un software para el pronostico de crecientes que combina el modelo de balance de humedad en el suelo del U.S. National Weather Service River Forecast System (NWSRFS) y el metodo de la onda cinematica para el transito de crecientes empleado por el programa HEC-1. Tambien incluye un software de graficos para exhibir los hidrogramas observados y/o calculados y los promedios de precipitacion de cada subcuenca.

Programa PCKFA: Para la prediccion de caudales (mensuales y semanales) a traves de un esquema autoregresivo que emplea el Algoritmo del Filtro Kalman.

Programa ROUTS: Este programa simula el comportamiento hidraulico de los vertederos, turbinas, y compuertas del sistema Valdesia-Las Barias para una creciente dada. Es un programa interactivo cuya entrada principal de datos es el hidrograma de entrada al Embalse Valdesia y los niveles iniciales de los dos embalses. La salida del programa consiste de los itinerarios en tiempo real de regulacion de las compuertas de Valdesia y Las Barias. El programa dispone, en forma muy conveniente, de la capacidad de desplegar graficamente los resultados del transito. Este software esta incluido como una de las opciones del Sistema de Modelaje Hidrologico de Colorado State University (CSU-HMS, 1986), el paquete mencionado anteriormente y que fue preparado para la operacion del sistema Valdesia.

Programa MCLIPER: Un programa para el pronostico de las trayectorias de los huracanes, basado en el modelo de regresion CLIPER, y desarrollado por el Centro Nacional de Huracanes de Miami. En la presencia de huracanes, este programa interactivo puede ser usado para operaciones de emergencia en tiempo real. Provee predicciones de la trayectoria con hasta 72 horas de anticipacion, y tiene la capacidad de archivar y actualizar la informacion que se va recibiendo sobre la trayectoria de los huracanes, asi como el

despliegue grafico de las trayectorias reales y predichas para la Republica Dominicana y la region del Caribe.

El software desarrollado para los estudios de operacion normal consistio de dos grandes modelos:

(1) Un codigo de programacion dinamica general para la optimizacion de sistemas de recursos hidricos (Programa CSUDP).

(2) Un modelo de simulacion de la cuenca de un rio (Programa MODSIM).

Ambos modelos fueron implementados en las microcomputadoras del INDRHI. El Programa CSUDP fue utilizado para el desarrollo de las reglas mensuales optimas de operacion. El programa MODSIM fue desarrollado para la operacion semanal en tiempo real. Dos manuales de usuarios (en espanol) fueron preparados para el uso del software antes mencionado y entregado al INDRHI.

Ademas del software para las microcomputadoras, los siguientes programas para computadoras fueron hechos accesibles a la contraparte:

DCHAN1 :Deteccion de cambios en series de tiempo anuales.

EXTE1 :Para la extension de datos utilizando una simple regression linear.

UMOSE1 :Modelaje univariado de series de tiempo estacionales.

GENSEA :Generacion de datos estacionales.

DCSO4 :Deteccion de cambios en series de tiempo estacionales.

DISPE :Estimacion de parametros para modelos de desagregacion.

DISGEN :Generacion de datos para el modelo de desagregacion.

EXTEN3 :Extension de datos utilizando un modelo autoregresivo multivariado.

HEC1 :Paquete para el calculo de Hidrogramas de Crecientes - Cuerpo de Ingenieros de los E.U.

BASIC :Calculo de los estadisticos basicos, distribuciones empiricas de frecuencia, ajuste de distribuciones normales y lognormales.

MISA4 :Relleno de datos faltantes en series de tiempo anuales utilizando regresiones multiples.

MISS6 :Relleno de datos faltantes en series de tiempo estacionales utilizando regresiones multiples.

EXTE2 :Extension de datos utilizando una regresion linear multiple.

SAUTO :Funcion de autocorrelacion de las muestras.

SWM :Modelo de Simulacion de Cuencas de Stanford en la version modificada por NWS .

ROSEN :Programa de optimizacion no lineal con minimos cuadrados.

MAPELEV :Version para computadoras del PCMAPS, considerando los efectos de la altura.

4.2.2 Planes y Manuales

Los siguientes planes y manuales fueron desarrollados en este estudio:

(1) "Normal Operating Plan for the Valdesia Reservoir System 1. Irrigation and Hydropower", (Plan de Operacion normal del sistema del Embalse Valdesia, 1. Riego e Hidroelectricidad), por J.W. Labadie, V. Floris, N.F. Chou y J.D. Salas.

(2) "Normal Operating Plan for the Valdesia Reservoir System 2. Flood Control", (Plan de Operacion Normal del sistema del Embalse Valdesia, 2. Control de Crecientes), por J. Obeysekera, J.D. Salas y H.W. Shen.

(3) "Emergency Operating Plan for the Valdesia Reservoir System", (Plan Operativo de Emergencia para el sistema del Embalse Valdesia), por H.W. Shen, J. Obeysekera y J.D. Salas.

(4) "Manuales de Operacion de Modelos Computarizados para la Operacion Normal de Sistemas de Embalses", por J. Labadie, D. Fontane, V. Floris, y N.F. Chou.

(5) "Hydrologic Modeling System (CSU-HMS): Users Manual", (Sistema de Modelaje Hidrologico (CSU-HMS): Manual de Usuarios), por J. Obeysekera, G. Tabios, J.D. Salas y H.W. Shen.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones Especificas y Recomendaciones

5.1.1 Estudios de Operacion Normal: Riego e Hidroelectricidad

(1) Es esencial para la eficiente operacion del sistema Valdesia disponer de una base de datos hidrologica, meteorologica y agronomica que sea confiable, para los futuros desarrollos aguas arriba, y el mejoramiento del sistema. Debido a las deficiencias de datos encontrados en este estudio, se sugiere que la estacion Bani, ubicada en el centro de la zona de riego, sea equipada con modernos intrumentos para una mejor estimacion de los requerimientos de agua de los cultivos, y que estos datos sean recibidos y procesados por un computador en una forma rapida. Otra estacion ubicada en un lado del Nizao-Najayo, podria ser una valiosa adicion a la red de recoleccion de datos del pais.

(2) Se recomienda que a medida que MODSIM se convierta consistentemente en una herramienta de operacion en tiempo real, que un sistema de adquisicion de datos en tiempo real sea instalada a fin de actualizar continuamente la informacion y que sea directamente utilizada en el Programa MODSIM para las evaluaciones de operacion semanales. En este caso, la base

de datos ya desarrollada en CSU para este proyecto puede ser de utilidad para el sistema computacional del INDRHI, CDE y cualquier otra agencia relacionada, y puede ser facilmente accesible a todo el personal interesado.

(3) De importancia clave para la realizacion de una eficiente operacion en tiempo real usando MODSIM es el desarrollo de una capacidad de prediccion global que contenga caudales, demandas de energia, y requerimientos de los cultivos. Estudios futuros deberian enfocar el combinar la adquisicion automatica de datos y la capacidad procesadora del software de los modernos computadores para eficientemente generar y actualizar las predicciones en tiempo real.

(4) Se propone que para la futura planificacion de las nuevas construcciones en la cuenca del rio Nizao se empleen programas como el CSUDP y el MODSIM, para el diseno y la integracion optima de la operacion de todos los proyectos de la cuenca. La extension de las estrategias jerarquicas del CSUDP-MODSIM a otros sistemas tales como el Tavera-Bao podrian ser de gran valor, con la meta eventual de una planificacion operacional integrada en toda la nacion. Esto deberia incluir el analisis de la distribucion de la red de energia y las facilidades hidroelectricas y termicas existentes, ya que las operaciones a nivel individual de los proyectos se ven grandemente afectadas por contingencias en la red de energia.

(5) Es esencial que si MODSIM es empleado en el futuro, la base de datos desarrollada en este estudio para ser utilizada por el programa, sea examinada criticamente, y actualizada cuando sea preciso, ya que estos datos son validos solo hasta el periodo de tiempo actual. Eventualmente, quizas despues que se disponga de un ano de experiencia operacional , podrian desarrollarse nuevas curvas guias de almacenamiento operativo con el CSUDP, incluyendo en ellas las matrices de transicion de probabilidades.

5.1.2 Estudios de Operacion de Crecientes

(1) Considerando la significativa cantidad de errores e inconsistencias encontrados en los datos de precipitacion y escorrentia, una cuidadosa revision de la recoleccion de los datos, procesaje y el informe de todos los datos hidrologicos es recomendado. Esto es crucial para la implementacion de los resultados de este estudio y para futuros estudios hidrologicos en el Nizao o en otras cuencas.

(2) La PMP promedio de 1338 mm provista por la contraparte es mas del doble de la TEP en condiciones de presencia de huracanes, calculada por el analisis de PAD. Se recomienda, una revision cuidadosa del modelo de huracanes TP42 utilizado para el calculo de la PMP. Esta PMP promedio cuando fue utilizada con modelo HEC-1 calibrado, produce una CMP de mas de 20000 m^3/seg. Cuando la PMP es utilizada con el modelo SACKW la CMP calculada va desde 19300 m^3/s a 22600 m^3/s para condiciones iniciales de humedad del suelo desde completamente seco a completamente humedo, respectivamente.

(3) Varios de los estudios sobre el Huracan DAVID, sugieren que la creciente pico de alrededor de 3800 m^3/s que aparece en algunos documentes provistos por la contraparte es muy baja. La creciente pico simulada por el HEC-1 esta entre 5332 m^3/s y 10358 m^3/s para diferentes condiciones de humedad antecedentes, mientras el mismo valor simulado por el modelo SACKW es de 7074 m^3/s.

(4) Aunque el Modelo de Pronostico de Crecientes (SACKW) esta calibrado con varios anos de datos, se recomienda que sea actualizado despues de compilar y revisar cuidadosamente los datos de precipitacion y escorrentia por al menos un periodo de seis meses. Se recomienda el uso de

este modelo en otras cuencas de la Republica Dominicana. Esta recomendacion es aplicable al modelo HEC-1.

(5) La pequena capacidad (cerca de 40 MCM) del volumen para control de crecientes entre las elevaciones 145 m.s.n.m. (cresta del aliviadero) y 154 m.s.n.m. del embalse Valdesia y su aliviadero son inadecuados para dejar pasar grandes crecientes como la producida por la CMP y la CEP en presencia de huracanes (CHA II y CHA III). Aunque hay almacenamiento disponible adicional bajo los 145 m.s.n.m., su uso para operacion en tiempo real es poco practico debido al gran tiempo de anticipacion necesario para bajar el nivel del embalse debido a la pequena capacidad de las descargas.

(6) Con el uso de una apropiada operacion como la definida en este informe, las crecientes comparables a la CEP para no huracanes pueden ser controladas por el embalse Valdesia sin exceder la elevacion maxima de diseno de 154 m.s.n.m. El pico de la mayor CEP en condiciones de no huracanes es de cerca de 8000 m^3/s, es cerca de cuatro veces la mayor creciente historica registrada, y parece cubrir la mayoria de las crecientes resultantes de cualesquiera condiciones climaticas excepto ciclones tropicales.

(7) El embalse propuesto aguas arriba en el Jiguey, con una capacidad de control en volumen de cerca de 56 millones de m^3, junto con el embalse Valdesia puede eficientemente controlar la CEP de huracanes correspondiente a todas las CHA. El Embalse Jiguey, de todas formas, no tiene capacidad para controlar la demasiado grande CMP calculada al utilizar la PMP provista por la contraparte. Se recomienda una revision exhaustiva del calculo de la PMP . Se recomienda asimismo, un programa para la recoleccion

de datos de precipitacion y escorrentia adecuados y confiables en las estaciones de medicion del Nizao durante eventos de magnitud significativa para mejorar la calibracion de los modelos lluvia-escorrentia utilizados en este estudio, de esta forma una CMP mas confiable puede ser calculada.

(8) Debe iniciarse un programa de estudio para mejorar el esquema propuesto de pronostico de la precipitacion debida a huracanes o desarrollar un nuevo esquema basado en actual estado del arte en los Estados Unidos y en el resto del mundo. Esta es un area que requiere mucha atencion no solo para la operacion del Sistema Valdesia, sino tambien para otros sistemas, dado que el potencial de precipitacion de un huracan determina la naturaleza potencial de la creciente a una extension muy grande, y para sistemas tales como Valdesia, con pequeno tiempo de concentracion, los pronosticos con suficiente tiempo de anticipacion son necesarios para la apropiada operacion por anticipado

5.1.3 Inspeccion, Mantenimiento y Estudios de Seguridad.

(1) La Junta de Consultores realizo una serie de recomendaciones. Ellas deben ser implementadas inmediatamente. Estas recomendaciones especificas son resumidas y mostradas en el Apendice A. Los lectores son referidos al informe "Review of Valdesia and Las Barias Dams, Nizao River", (Revision de las Presas Valdesia y Las Barias, Rio Nizao) por Corns et al. (1985), para obtener discusiones mas detalladas.

(2) El plan de operacion de emergencia como se define en el Volumen 5 deberia ser implementado inmediatamente. Las pasos necesarios para estos planes de emergecia deberian ser conducidos antes de que estos eventos de emergencia ocurran y las modificaciones a estos planes deben ser hechos al final de cada paso y despues del evento de emergencia si asi se amerita.

(3) Las recomendaciones para los programas de inspeccion normal deben ser implementados tan pronto como sea factible. Estos programas de inspeccion seran resumidos mas especificamente a continuacion.

Cuatro niveles de inspecciones deben ser puestos en practica inmediatamente para las presas Valdesia y Las Barias. Estos cuatro niveles de inspeccion son informal, intermedio, formal y especial. La inspeccion informal (o rutinaria) consiste en que personal apropiado en las presas haga inspecciones rutinarias de todos los aspectos de la presa. Al personal designado (en la presa) se le requerira inspeccionar las presas al menos una vez al mes. El proposito principal es detectar cualquier evidencia visual de problemas o debilidades. La lista de los puntos debiles seran dados mas tarde en esta seccion. La inspeccion intermedia a intervalos anuales deberia ser conducida conjuntamente por el personal responsable del CDE y del INDRHI. Una inspeccion formal cada 5 anos deberia ser conducida por especialistas en estructuras, geotecnia, maquinaria hidraulica, hidraulica y otros. Las inspecciones especiales serian conducidas despues de la ocurrencia de eventos anormales, como huracanes, grandes inundaciones, terremotos, etc. Si ciertos puntos debiles fuesen descubiertos en cualquiera de estos cuatro niveles de inspeccion, deberian contratarse asesores para realizar analisis detallados especificos.

Las condiciones de debilidad puede ser descritas de la siguiente forma:

(a) Filtraciones en la superficie de cualquier estructura, como por ejemplo, en el dique, aguas abajo del dique, en las obras de descarga, o en el vertedero.

(b) Deslizamientos o desprendimientos en las pendientes del terraplen, vertedero, pozo de disipacion, canal de descarga, o en el contrafuerte.

(c) Incrementos en las filtraciones a traves o bajo el terraplen, contrafuerte, superficie del aliviadero, o en el pozo de disipacion.

(d) Incrementos o decrementos del flujo proveniente de las juntas estructurales, la presencia de goteras o drenes en las obras de salida, en el pozo de disipacion o en el aliviadero.

(e) Movimientos verticales no usuales, movimientos horizontales, o agrietamientos del terraplen o el contrafuerte.

(f) Grietas significativamente grandes en las obras de descarga, conductos, pozo de disipacion de energia o en el vertedero.

(g) Aparicion de hundimientos en la superficie o localizada subsidencia dentro de un area de 500 pies del terraplen, obras de descarga o del aliviadero.

(h) Desviacion excesiva, desplazamiento, o vibraciones de la torre de las obras de descarga, en las columnas del puente de servicio, paredes de contencion del pozo de disipacion, y en el monolito del aliviadero, o una elongacion/asentamiento abrupto del conducto.

(i) Movimiento erratico, vibracion excesiva, o falla repetida de las compuertas de las obras de descarga.

(j) Desplazamiento excesivo, formacion de terrazas, o degradacion del material de recubrimiento, y/o exposicion del material del terraplen o los materiales de las fundaciones.

(k) Incremento o decremento inesperado de las lecturas de los piezometros en el terraplen o en las fundaciones.

(l) La ocurrencia de un terremoto.

(m) Cualquier otra evidencia de problemas o fallas potenciales que podrian inhibir la operacion del proyecto o poner en peligro vidas humanas o propiedades.

(4) Las recomendaciones para los programas de mantenimiento deben ser implementados tan pronto como sea factible. Estos programas son mas especificamente resumidos en los siguientes parrafos.

Todos los instrumentos (piezometros, pendulos, extensometros y acelerometros) deben ser chequeados por firmas consultoras especializadas. La tolerancia en el aumento de las presiones debera ser chequeado con el diseno de estabilidad original de la presa (no se pudo obtener tal informacion). La informacion previamente recogida para los extensometros, pendulos y acelerometros indican que los movimientos de la presa estaban dentro de limites tolerables. En el futuro, si los movimientos excedieran el rango, debera contratarse la asesoria necesaria para realizar una investigacion especial.

A continuacion se presenta un resumen de los programas de mantenimiento:

a. Cada dos semanas: Recoger y plotear los datos obtenidos de todos los piezometros, pendulos, extensometros, y acelerometros. Los datos deberan ser ploteados de acuerdo a las figuras mostradas en el Volumen 4 y deberan ser entregados a los miembros del Comite de Operacion de Emergencias encargados de la seguridad de la presa.

b. Cada cuatro meses: (por los primeros dos anos estos intervalos seran reducidos a una vez cada ano si no se detectan movimientos en la

presa). Realizar una medicion de los movimientos de la cresta de las presas Valdesia y Las Barias.

c. Comunicacion de Sistemas y de Operacion de las compuertas: Todos los sistemas de comunicacion y de operacion deben ser probados y estar operables mas o menos un mes antes del comienzo de la estacion de los huracanes y cada mes durante la estacion de los huracanes.

d. Cada seis meses: Revisar la operacion de todos los dispositivos de seguridad de la presa, tales como piezometros, pendulos, extensometros y acelerometros. El sistema de drenaje debe ser limpiado dos veces al ano.

5.1.4 Organizacion y Funciones

El analisis de esta parte del estudio produjo las siguientes conclusiones y recomendaciones:

(1) Un gran problema en relacion a la operacion de la presa Valdesia para los propositos de conservacion de agua es la falta de una regla de operacion formal a largo plazo que optimice el uso del agua para riego e hidroelectricidad.

(2) Se nota la falta de una apropiada metodologia para operar el sistema basado en demandas reales de potencia y demandas de agua para riego y en pronosticos de abastecimiento de agua, de manera que el sistema Valdesia pueda responder a tiempo para satisfacer las metas a largo plazo.

(3) Existe una falta de coordinacion apropiada entre el INDRHI, SEA y el IAD para la determinacion de las demandas de agua para riego actuales y proyectadas.

(4) El Grupo de Operacion de Presas no ha funcionado exitosamente en el pasado. Dos grandes razones para esta falta de exito han sido

identificadas: primero, la naturaleza informal del grupo, sin responsabilidades o funciones especificas definidas por escrito, y segundo, el consistente desvio de la Gerencia de Operaciones y Despacho de la CDE de los acuerdos operativos, establecidos por el Grupo de Operacion de Presas.

(5) La operacion del Embalse Valdesia en condiciones de crecientes es hecha empiricamente. Un manual simple de operacion de crecientes fue elaborado por CDE, pero no ha sido usado nunca durante las crecientes.

(6) No existe un manual adecuado para la operacion del sistema Valdesia en condiciones de emergencia, como las que serian causadas por crecientes, terremotos, deslizamientos, y cualquier otra situacion relacionada a la operacion segura de la presa.

(7) No existen programas escritos adecuados para el mantenimiento e inspeccion del sistema de la presa Valdesia. Igualmente, no existen programas formales adecuados referentes al monitoreo y analisis de la seguridad de la presa y obras relacionadas.

(8) Es notoria la diferencia en prioridad e importancia que la CDE le da a la operacion y mantenimiento del sistema Tavera-Bao comparado a otros sistemas como el Valdesia. Mientras que la CDE ha desarrollado manuales bien detallados para la operacion del sistema Tavera-Bao, no ha hecho lo mismo con el sistema Valdesia. La unica conclusion para explicar esa diferencia es la falta de recursos (humanos y materiales) para manejar de una forma eficiente varios sistemas al mismo tiempo. Dado que esta situacion no puede continuar sin poner en peligro la operacion y manejo seguro y optimo del sistema Valdesia, ambos, la CDE y el INDRHI deben unir esfuerzos y recursos para mejorar la operacion de los sistemas de embalses en general y el sistema Valdesia en particular.

(9) En todos los aspectos de la operacion y manejo del embalse Valdesia, existe una falta de informes escritos documentando y analizando el estado y la respuesta del sistema despues de grandes eventos tales como crecientes yterremotos.

(10) Se recomienda implementar la organizacion propuesta en la Seccion 5.4 del Volumen V del Reporte Final. Esta organizacion incluye los elementos descritos a continuacion.

Se propone que dos comites sean establecidos, el Comite de Operacion Normal y el Comite de Operacion de Emergencias. Aunque la puesta en practica de la organizacion propuesta esta directamente relacionada al sistema del Embalse Valdesia, eventualmente debe incluir todos los grandes embalses del pais.

El Comite de Operacion Normal servira como guia y supervision para una justa y eficiente operacion del sistema del Embalse Valdesia bajo condiciones normales. Esto incluira condiciones donde haya crecientes ordinarias, deficiencias de aguas y sequias. Los miembros del Comite de Operacion Normal seran representantes de las siguientes instituciones:

INDRHI:	Dos miembros: -Division de Operaciones -Division de Hidrologia
CDE:	Dos miembros: -Gerencia de Operaciones y Despacho -Division de Hidrologia
Asociacion de Usuarios	

de Riego	Un miembro: -Representante de Usuarios de Agua del Distrito de Riego Ozama-Nizao
Poder Ejecutivo	Un miembro: -Representante del Poder Ejecutivo (excluye INDRHI/CDE)

El Comite de Operacion de Emergencias tendra la responsabilidad principarl de ejecutar la operacion de sistemas de embalses durante condiciones de emergencia debido a crecientes extremas (causadas o no por huracanes), deslizamientos, terremotos, sabotajes, y cualquier otra situacion relacionada con la segura operacion de la presa que requiera atencion y acciones especiales. El Comite consistira de representantes de las siguientes instituciones:

INDRHI:	Dos miembros: -Division de Hidrologia -Division de Seguridad de Presas
CDE:	Dos miembros: -Division de Hidrologia -Grupo de Seguridad de Presas

DEFENSA CIVIL: Un miembro

ONAMET: Un miembro

FUERZAS ARMADAS: Un miembro

Las funciones especificas, responsabilidades, normas, mecanismos y demas elementos de la organizacion propuesta son presentados en el ya mencionado Volumen V.

5.1.5 Entrenamiento y Transferencia de Tecnologia

Puede remarcarse que considerando los productos y actividades asociados con el entrenamiento y la transferencia de tecnologia, los objetivos originales de esta componente fueron exitosamente alcanzados por el personal de CSU. El software desarrollado fue disenado especialmente para trabajar con el equipo de computacion disponible en la Republica Dominicana y su implementacion dio resultados exitosos. Para que la contraparte pudiese seguir el proceso de entrenamiento y la transferencia de tecnologia se les proveyo con documentos de entrenamiento y material tecnico adecuado. Varios de los tecnicos han sido entrenados en los diferentes aspectos del proyecto y su deber ahora es entrenar otros miembros de la contraparte con el nuevo conocimiento adquirido. El logro de los objetivos globales, de todas formas, no estara completo a menos que la contraparte continue con las actividades iniciadas en esta componente del proyecto. Algunas de las recomendaciones especificas a este respecto son:

(1) Deberia asignarse personal entrenado para el mantenimiento y actualizacion de los diferentes modelos de computacion instalados en las microcomputadoras del INDRHI.

(2) La contraparte deberia aplicar los modelos de computacion en otros sistemas de embalses del pais y de esta forma ganar mas experiencia en su uso.

(3) La contraparte deberia hacer disponibles los modelos y el resto del material del estudio, a otras agencias involucradas en actividades relacionadas con manejo de agua.

(4) Las publicaciones tecnicas y los documentos de entrenamientos deberian ser compilados y catalogados en un sitio especifico, asi el personal de la contraparte tendria facil acceso a ellos en el futuro.

(5) Aquellas personas que fueron entrenadas en este proyecto en el uso de las diferentes tecnicas y de los modelos de computacion podrina conducir, en el futuro, cursos de entrenamiento formales para el resto del personal de la contraparte.

5.2 Recomendaciones globales finales

El estudio del sistema del Embalse Valdesia produjo las siguientes recomendaciones globales:

(1) Las reglas de operacion optimas del embalse para el abastecimiento de agua para riego e hidroelectricidad, desarrolladas a traves del modelo CSUDP, asi como el esquema operacional en tiempo real obtenido con el modelo MRSIM, deben ser implementados tan pronto como sea posible, para que los beneficios a largo plazo sean alcanzados en funcion de una justa y equitativa distribucion del agua entre los usuarios.

(2) Igualmente, las reglas de operacion del embalse durante las condiciones de crecientes y el paquete de software CSU-Sistema de Modelaje Hidrologico, desarrollado para las operaciones de crecientes en tiempo real, debe ser implementado a la mayor

brevedad, de manera que en caso de eventos como grandes crecientes, el sistema sea mas seguro y confiable.

(3) Los programas de inspeccion y mantenimiento sugeridos en el Volumen IV del Reporte Final deben ser aplicados tan pronto como sea posible. Igualmente, las recomendaciones especiales proporcionadas por la Junta de Consultores en lo referente a inspeccion, mantenimiento y condiciones de seguridad del sistema de la presa, asi como el Plan Operativo de Emergencia deben ser implementados inmediatamente.

(4) Los procedimientos, planes, reglas de operacion del embalse y programas de manejo globales originados en este estudio, para sistemas de embalses en general, y del Embalse Valdesia en particular, podrian ser implementaods mas eficientemente si los Comites de Operacion Normal y de Emergencia se establecen. Por lo tanto, se recomienda que el gobierno de la Republica Dominicana tome los pasos necesarios para crear tales organizaciones.

(5) Se sugieren y recomiendan los siguientes estudios adicionales:

A. Probar e implementar el Sistema de Modelaje Hidrologico de CSU en la operacion actual de crecientes en el Embalse Valdesia, una vez que la red de DCP's en la cuenca del Rio Nizao este completamente instalada y en operacion. Esto dara la oportunidad de usar y ajustar los modelos tan pronto como la informacion este disponible en tiempo real. Igualmente, el programa MODSIM, para decisiones operacionales del embalse a nivel semanal, debe ser implementado y probado en verdaderas situaciones donde se requiera de la toma de

decisiones. Asistencia debe ser provista para implementar el nuevo esquema funcional y organizacional en aspectos tales como: las reuniones para tomar las decisiones de los itinerarios de entrega de agua a nivel mensual y semanal para el mes siguiente y la semana siguiente, respectivamente; la toma de decisiones durante situaciones de emergencia en general y situaciones de crecientes en particular; y asistencia sobre los acuerdos de servicios tecnicos que deberan proporcionar organizaciones publicas y privadas.

B. Se propone y recomienda que la futura planificacion de las construcciones en la cuenca del Nizao, como por ejemplo los embalses Jiguey y Aguacate, empleen tecnicas apropiadas para el diseno del tamano optimo de las obras y la integracion optima de la operacion de todos los proyectos en la cuenca. Los diferentes modelos de pronosticos, generacion, simulacion, y optimizacion utilizados en el estudio del Embalse Valdesia pueden ser extendidos y modificados para satisfacer este proposito.

C. Ademas, se propone y recomienda extender los estudios de Valdesia para incluir otros sistemas en el pais, tales como Tavera-Bao, con la meta eventual de disponer de una planificacion operacional integrada en toda la nacion. Esto incluiria el analisis de la red de distribucion de potencia, considerando tanto plantas de potencia termicas como hidricas, yaque los proyectos individuales se ven afectados en gran medida por contingencias en la red de potencia.

A P E N D I C E A

Recomendaciones de la Junta Consultora sobre las Presas Valdesia-Las Barias

1. Una inspeccion bajo el agua debe ser realizada en la boca de entrada de la toma, para revisar la rejilla de atrape de basura, la cual debera ser limpiada si es necesario. Inspecciones similares deberan ser hechas periodicamente cuando el nivel de agua del embalse es bajo.
2. Debera darsele consideracion a la necesidad de proveer un supresor de vortices con una rejilla de atrape de basura mas grande en la Presa Valdesia, para poder reducir las fluctuaciones en la presion de las tuberias de presion cuando la boca de entrada esta parcialmente bloqueada con desechos.
3. El desague de fondo izquierdo en Valdesia debera ser puesto en operacion, en la misma forma como se hizo para el desague derecho. Deben instalarse rejillas mas grandes y resistentes para prevenir la entrada de material de desechos a las tomas.
4. El pozo de disipacion de Valdesia debera ser drenado y limpiado, para inspeccionar la superficie de concreto. Cualquier dano debera ser reparado antes de que el pozo sea puesto en funcionamiento nuevamente. Inspecciones similares deberian ser hechas periodicamente.

5. Los depositos de sedimentos en Valdesia deberian monitorearse cuidadosamente y removerse cuando sea necesario para asegurar que las gravas y arenas gruesas no pasan a traves de la toma y de los desagues de fondo.

6. Para poder tener una mayor seguridad de disponer de la energia necesaria para operar las compuertas del aliviadero en Valdesia, la estacion generadora deberia protegerse de la entrada de lluvia y los cables de energia del generador de emergencia de 450 KW deberan estar adecuadamente protegidos de los elementos.

7. Todos los datos de diseno y construccion para la Presa Valdesia deberan ser revisados para estimar una fuerza de traccion conservadora pero razonable, de la roca de las fundaciones y deberia ejecutarse un analisis que determine la resistencia de la presa contra deslizamientos. Si no se obtiene un factor de seguridad adecuado cuando se utilice la estimada resistencia de corte de la fundacion, el material de la fundacion debera ser probado en un laboratorio y/o en sitio para determinar la resistencia al corte apropiada.

8. Un estudio de terremotos en el area de la Presa Valdesia deberia ser realizado para proveer la informacion necesaria para la realizacion de un analisis dinamico. El analisis dinamico de la presa debera ser hecho utilizando los movimientos del suelo de la Evaluacion de Seguridad de Terremotos.

9. Todos los drenes tanto en la presa Valdesia como en Las Barias deberan ser ubicados e identificados. Cada dren debera ser inspeccionado para revisar su apertura y limpiado si es necesario. Las observaciones de flujo provenientes de cada dren

seran registradas y asimismo, se mantendra un registro del volumen de descarga de las bombas de succion.

10. Debera realizarse un estudio para determinar cuan adecuado es el sistema de drenaje en Valdesia.

11. Debera investigarse el sistema de piezometros para determinar si las mediciones que estan siendo tomadas son seguras. Todos los piezometros y otros dispositivos de medicion deberan ser revisados a intervalos de tres y cuatro meses para asegurarse que esten funcionando apropiadamente.

12. Se considera apropiado, que los datos obtenidos con los instrumentos sean graficados en funcion del tiempo, mostrando en los mismos graficos los datos asociados con estas mediciones como el nivel y las temperaturas del embalse.

13. Debe instalarse entre las Presas Valdesia y Las Barias una linea de monumentos de registro para medir movimientos horizontales y verticales.

14. Debera instalarse un generador de emergencia en el aliviadero Las Barias para que la capacidad de operar las compuertas sea garantizada.

15. Las bombas de succion en la galeria del aliviadero de Las Barias deberan ser mantenidas en condiciones operables, de modo que la galeria pueda ser drenada para la inspeccion y mantenimiento de los drenes.

16. En la Presa Las Barias, la sedimentacion del embalse deberia ser monitoreada para asegurar que grandes cantidades de sedimento grueso no pasen sobre el aliviadero y causen excesivos danos a

las superficies de concreto. La remocion de los depositos de sedimentos puede ser requerida en el futuro.

17. El pozo de disipacion de Las Barias debera ser drenado, limpiado, e inspeccionado por la posible existencia de erosion en el concreto y reparado, si es necesario. Inspecciones similares deberan ser hechas periodicamente.

18. Las compuertas en la cresta del aliviadero en Las Barias deberan ser operadas tan uniformemente como sea practico, para reducir la erosion en el canal aguas abajo y minimizar la cantidad de sedimento grueso que pueda quedar atrapado en el pozo de disipacion.

19. Un estudio debera ser hecho de la socavacion aguas abajo del pozo de disipacion de Las Barias, para determinar la estabilidad al final del pozo, de las paredes laterales y de la estructura de salida para los drenes de pie del terraplen. Si existe amenaza para el estabilidad, debera considerarse la colocacion de grandes piedras en la parte socavada adyacente a las estructuras.

20. Un itinerario formal de inspecciones de las Presas Valdesia y Las Barias debera ser adoptado, de la siguiente manera:

    a) El personal encargado de la operacion debera hacer inspecciones frecuentes de todas las estructuras.

    b) Una inspeccion estructural y un mantenimiento anual deberan ser realizados por los ingenieros y/o los supervisores que no esten directamente envueltos en la operacion dia a dia y en el mantenimiento normal de la presa. Debera documentarse la inspeccion con un informe interno.

c) Una inspeccion tecnica formal hecha por un grupo multidisciplinario que este especializado en el diseno y construccion de presa debera ser realizado a intervalos no mayores que 4 anos.

d) Deberan realizarse inspecciones tecnicas especiales despues de la ocurrencia de grandes problemas o eventos inusuales, como terremotos, huracanes, inundaciones, y mantener un monitoreo de los datos que indiquen un comportamiento peligroso.

21. Un procedimiento para el pronostico de emergencias debera ser desarrollado en base al equipo y tecnicas modernas.

22. Un plan operativo de emergencia debera ser desarrollado para asignar responsabilidades e incluir instrucciones especificas, asi como alternativas a diferentes situaciones como haya sido acordado por la CDE y el INDRHI.

23. Un sistema de advertencia debera ser ideado para advertir al personal que cuida las presas y al publico en las areas aguas abajo de un emergencia inminente.

24. Un plan de evacuacion debera ser desarrollado para movilizar a las personas de las areas aguas abajo que se espera sean inundadas por las descargas de las presas o por una falla potencial de la presa.

25. El sistema de comunicaciones de emergencia debera ser mejorado anadiendo una mayor redundancia al sistema, reforzando la torre de microondas existente, y posiblemente, reemplazando el equipo de radio actualmente en uso.

Referencias

1. "Operational and Safety Studies of the Valdesia Reservoir, Vol. I - Hydrologic Studies," Final Report by J. Obeysekera, G. Tabios, F. Pons, J. D. Salas, and H. W. Shen, July 1986.

2. "Operational and Safety Studies of the Valdesia Reservoir, Vol. II - Normal Operation," Final Report by J. Labadie, V. Floris, N. F. Chou, D. Fontane and W. Shaner, July 1986.

3. "Operational and Safety Studies of the Valdesia Reservoir, Vol. III - Flood Operation Studies," Final Report by J. Obeysekera, K. Hiew, G. Tabios, J. D. salas, and H. W. Shen, July 1986.

4. "Operational and Safety Studies of the Valdesia Reservoir, Vol. IV - Inspection, Maintenance and Safety Studies, Final Report by H. W. Shen, Consulting Board (C. Corns, J. Douma, H. Holtz, A. O'Neill and W. Shen), J. D. Salas, J. Regenstreif and C. Mendoza, July 1986.

5. "Operational and Safety Studies of the Valdesia Reservoir, Vol. V - Organization and Functions for Operating the Valdesia Reservoir System," Final Report by J. D. Salas, H. W. Shen and J. Obeysekera, July 1986.

6. "Operational and Safety Studies of the Valdesia Reservoir, Vol. VI - Transfer of Technology and Training," Final Report by J. Obeysekera, J. D. Salas, H. W. Shen, J. Labadie, and G. Tabios, July 1986.

7. "Normal Operating Plan for the Valdesia Reservoir System, 1. Irrigation and Hydropower," by J. Labadie, V. Floris, N. F. Chou and J. D. Salas, July 1986.

8. "Normal Operating Plan for the Valdesia Reservoir System, 2. Flood Control," by J. Obeysekera, J. D. Salas and H. W. Shen, July 1986.

9. "Emergency Operating Plan for the Valdesia Reservoir System," by H. W. Shen, J. Obeysekera, and J. D. Salas, July 1986.

10. "Manuales de Operacion de Modelos Computarizados para la Operacion Normal de Sistemes de Embalses," by J. Labadie, D. Fontane, V. Floris and N. F. Chou, July 1986.

11. "Hydrologic Modeling System CSU-HMS: Users Manual," by J. Obeysekera, G. Tabios, J. D. Salas, and H. W. Shen, July 1986.

FECHA DE DEVOLUCION			

IICA
PM-AIDO
B6-001

Autor

Título Informe final
Resumen

Fecha Devolución	Nombre del solicitante