

La Universidad Brigham Young

Análisis Hidrológico Chavón

Scott Christensen
Nathanael Whipple
Tracey Brimhall

04 2012

Tabla de Contenidos

Resumen Ejecutivo.....	3
Introducción.....	4
Descripción del proyecto	4
Resumen de la alternativa recomendada	4
Restricciones del proyecto.....	4
Las Limitaciones Físicas	4
Partes Interesadas.....	6
Análisis Hidrológico.....	6
Volumen del Embalse	6
Análisis de Ripple	7
Modelos de HMS.....	8
Falla de Presa	9
Duración de Flujo	10
Visita al Sitio.....	10
Evaluación de Alternativas.....	11
Ninguna Acción	11
Construir una Presa para Suministrar una Demanda Reducida.....	11
Beneficios.....	11
Análisis de Costo	11
Costo del Medio Ambiente	13
Recomendaciones.....	14
Referencias.....	15

Resumen Ejecutivo

En Octubre de 2010, la empresa de consultoría ingeniería que se llama Hanson Rodríguez produjo un informe sobre la factibilidad de construir una presa sobre el río Chavón. Este informe fue contratado por la oficina de INAPA para analizar la cantidad de flujo de agua que sería proporcionada por una presa sobre el río Chavón, y que sería disponible para producir electricidad y para ser vendido a hoteles en zonas turísticas. El informe también analiza diferentes diseños para la construcción de una presa y los beneficios y precios de los diferentes diseños. Otro grupo que está interesado en asegurar que este proyecto sería beneficioso es la oficina de hidrología de INDRHI. La oficina de hidrología de INDRHI estaba preocupada de que el río Chavón no tiene flujos suficientes para que una presa construida sobre el río pudiera proporcionar la cantidad de agua que el informe de Hanson Rodríguez indica que pudiera proporcionar. INDRHI nos pidió a analizar el informe de Hanson Rodríguez y datos del flujo del río y de lluvia para analizar si realmente sería factible construir una presa sobre este río. Para cumplir con esta solicitud, nosotros visitamos el sitio propuesto de la presa, hicimos un análisis de Ripple, un análisis de volumen del embalse, un análisis de volumen de presa, una curva de duración de flujo, un modelo para mostrar los flujos máximos en el río durante tormentas cuando hay presa y cuando no hay presa, y un análisis de rompería de presa.

Los resultados de nuestros análisis indican que no sería recomendable a construir una presa por tres razones. Primeramente, el flujo en el río Chavón no es suficiente para llenar la presa desinado y suministrar la cantidad de agua indicada en el informe de Hanson Rodríguez para la producción de electricidad y para vender a las zonas hoteleras. A causa de que la súplica de agua es menos que indicada en el informe de Hanson Rodríguez significa que no habrá tantos ingresos de vender agua y de producir electricidad. En segundo lugar, la presa solo durará 25 años, después de lo cual estaría llena de sedimentación. En tercer lugar, la presa no es muy grande en comparación a la cantidad de agua que vendrá en una tormenta grande, o que sería requerida en tiempos de sequía. En otras palabras, cuando hay sequías, la presa no es suficiente grande para suministrar el agua requerida (la presa se secaría), y cuando hay tormentas, hay tanto agua que la presa no sería capaz de captar todo el agua que fluiría en el río.

El análisis de inundaciones hecho por HMS indica que la presa significativamente atenuaría el flujo máximo del río en evento de inundación, y si los niveles del embalse son bajados, que una gran parte de la inundación puede ser almacenada. El análisis de rotura de presas muestra que no hay centros de alta densidad de población que serían afectados en caso de rotura de la presa. El análisis con la curva de Ripple indica que, dado al almacenamiento disponible, la demanda proyectada de $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ no sería sostenible. Un análisis de los costos e ingresos del proyecto dice que, con una vida útil de 25 años, la presa, en condiciones ideales, producirá beneficios de USD \$55.31 millones. La estimación de estos beneficios es basada en la asunción de que no hay sequías, que agua en la presa no se evapora ni se infiltra en el suelo, y que la estimación del informe de Hanson Rodríguez de la capacidad de la presa de producir electricidad es correcta.

Introducción

Descripción del proyecto

El informe de Hanson Rodríguez es un informe de la factibilidad de la construcción y operación de una presa sobre el río Chavón en 2067139 N 5087941 E. El área de la cuenca se determinó previamente a ser 217 km². La altura de la presa propuesta es 42.5 m, resultando en una superficie de embalse de 4 km² y una capacidad de almacenamiento de 80 millones m³ cuando llena. El informe de Hanson Rodríguez dice que la presa podría suplir un flujo de agua de 4.0 m³/s. INDRHI nos pidió que revisáramos el documento de Hanson Rodríguez para determinar si hay suficiente flujo en el río Chavón para realmente suplir un flujo de agua de 4.0 m³/s. Específicamente, fuimos invitados a verificar la viabilidad del proyecto de acuerdo con la disponibilidad de agua en la cuenca y la demanda que se requiere para flujo ambiental en el lecho del río debajo de la presa, las demandas de la zona hotelera, municipios locales, y zonas agrícolas.

Resumen de la alternativa recomendada

Nuestra recomendación es que no se construirá la presa porque el costo no se justifica por los beneficios. Según las necesidades de la región no habría suficiente agua en el sistema para satisfacer el flujo ambiental, ofrecer 4.0 m³/s para los centros turísticos, suplir agua para la agricultura, y llenar la presa.

Restricciones del proyecto

Las Limitaciones Físicas

El río Chavón presenta una serie de limitaciones físicas para la construcción de una presa. La ubicación propuesta, 2067139N 5087941 E, fue elegida para la construcción de una presa porque es la mejor ubicación después de considerar la topología, el flujo de agua, y la geología por debajo del río. Si la presa se construye más abajo en el río, la topología de la zona circundante es demasiado plana para ser capaz de construir un muro de la presa y bloquear un área suficientemente grande para almacenar agua. Si se construye la presa más arriba en el río, el río tendría aún menos flujo para tratar de satisfacer las necesidades de agua. La ubicación propuesta para la presa también es bueno porque hace una carga hidráulica para la producción de energía hidroeléctrica. La figura 1 muestra la localización del sitio propuesto, y la cuenca contribuyente.

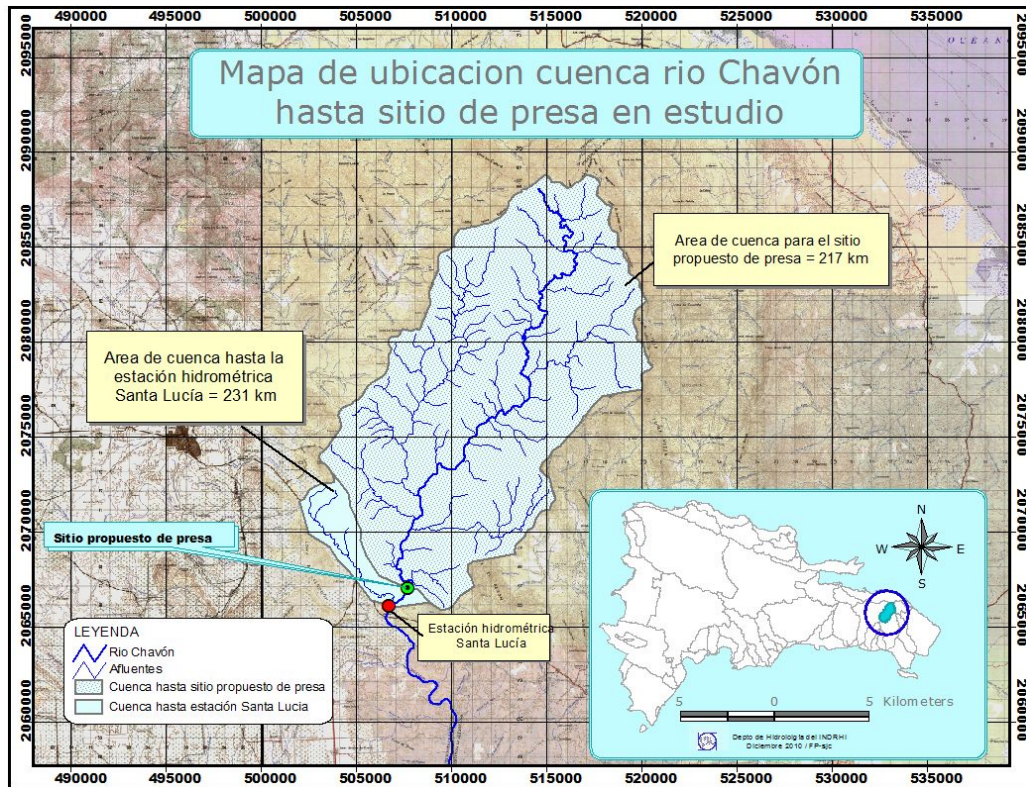


Figura 1: Mapa que muestra las cuencas hidrográficas y la localización de las cuencas hidrográficas, donde la presa se ubicará.

La topografía limita el tamaño de la presa a una capacidad de 80 millones de metros cúbicos. Figura 2 en la página siguiente muestra el tamaño máximo del depósito. El área de superficie del depósito lleno es de 4 km^2 , en comparación con el área de la cuenca, lo cual es 217 km^2 .

La vida útil del embalse es otra limitación física. La duración aproximada del embalse será de 25 años, este es el resultado de la gran sedimentación que el río Chavón tiene como consecuencia de las tormentas tropicales.



Figura 2: Mapa que muestra la superficie del depósito cuando la presa Chavón está lleno.

Partes Interesadas

INAPA es el principal interesado en la propuesta de la presa. INAPA quiere un suministro confiable de agua para el desarrollo turístico y la producción de energía hidroeléctrica. INAPA quiere una demanda de agua de $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ que se desvían a los acueductos para el uso turístico.

INDRHI está interesado en proveer control de inundaciones para el área justo debajo del sitio propuesto para la presa durante huracanes. También están interesados en proveer flujo de agua adecuado a la zona de agricultura que se rodea, y han solicitado que el caudal de base en el cauce debajo del embalse se mantiene al nivel del flujo que está presente a lo menos 80 por ciento del tiempo.

Análisis Hidrológico

Volumen del Embalse

En el estudio de viabilidad de Hanson Rodríguez, el volumen máximo del embalse se calculó a ser 80 millones de metros cúbicos. Este volumen se verifica por medio de ArcGIS. Usando ArcGIS y un modelo de elevación global, hemos sido capaces de calcular el volumen de agua retenida para diferentes niveles de agua. Desafortunadamente, el modelo de elevación digital es inexacto, ya que hizo la parte inferior

del valle del río significativamente más superficial de lo que realmente era, lo que hace el valle del río parecer a tener menos agua de lo que realmente tiene. El volumen máximo del embalse se calculó en 66.7 millones de metros cúbicos. Los volúmenes que se podría llenar en varias elevaciones se calcularon a partir de 107 metros sobre el nivel del mar en incrementos de cada cinco metros para abajo. Estos valores se indican a continuación como "Original Calculation." Con el fin de corregir algunas de las imprecisiones de los cálculos de volumen, la curva de elevación y volumen se ajustó a la derecha por la multiplicación de los volúmenes en cada elevación por (80 millones de metros cúbicos / 66.7 millones cúbicos metros).

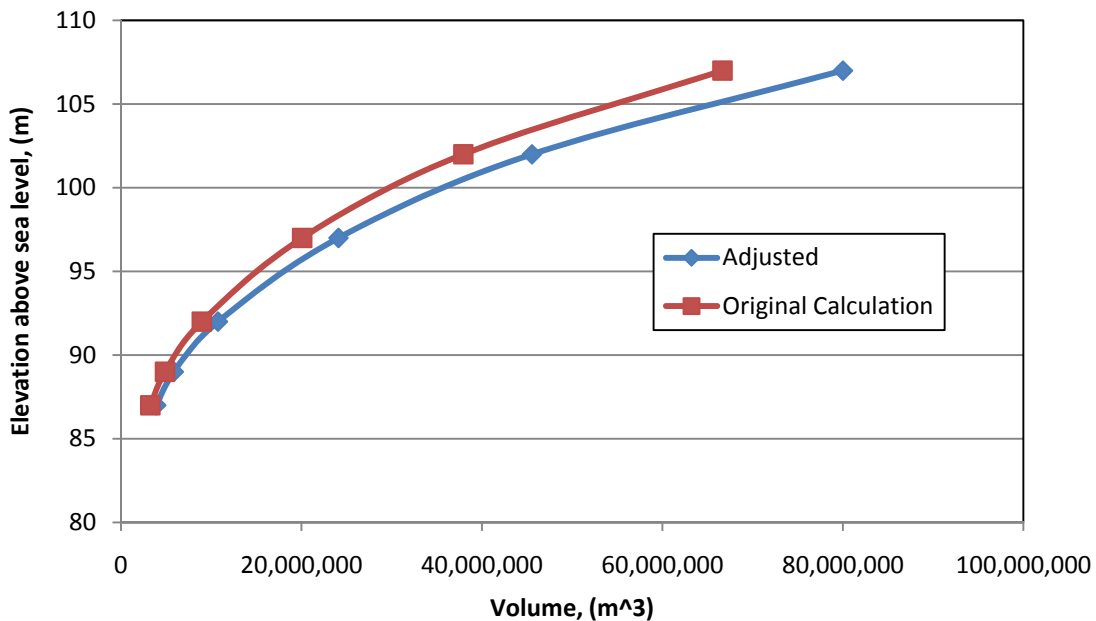


Figura 3: Curva de elevación y volumen. Se muestra el cálculo original de modelo de elevación digital y los valores de ajustadas.

Análisis de Ripple

Una curva de masa acumulada se construyó utilizando datos históricos de 1956 a 2003. Los flujos históricos muestran que la demanda requerida de 4.5 m³/s por lo general no puede ser sostenida por períodos superiores que un año con el almacenamiento disponible. La figura 4 muestra el déficit entre el almacenamiento disponible y la demanda de 4.5 m³/s por un período típico. Históricamente, aun un flujo de 2.7 m³/s no podía sostenerse con un almacenamiento de 80 millones de metros cúbicos, porque los periodos de sequía vaciarían el embalse por completo, y los períodos de lluvia producen más agua que se podría almacenar. Desgraciadamente, 2.7 m³/s no proporciona suficientes beneficios económicos para justificar el gasto de la construcción de la presa, sobre todo porque un periodo de sequía podría hacer que la presa sea inútil durante una parte significativa de su tiempo de utilidad.

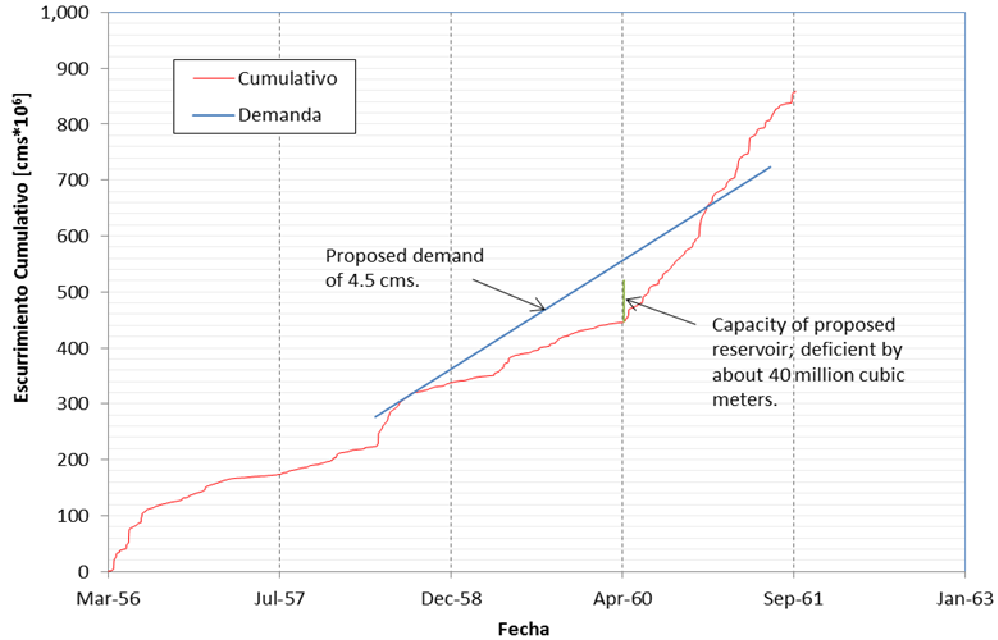


Figura 4: Curva acumulativa en masa (análisis de fluctuación) de los flujos de Chavón históricos que muestran deficiencia de almacenamiento.

Modelos de HMS

Modelos de HMS fueron desarrollados para determinar los caudales máximos de la cuenca, y para evaluar el efecto de enrutamiento a través del embalse propuesta. El método del número de curva de SMS se utilizó para desarrollar los modelos, y un número de curva compuesta de 70 se calculó para la cuenca según el tipo de suelo y el uso de la tierra. El evento de tormenta de 100 años se determinó de ser 230 mm a partir de mapas de la tormenta de frecuencia. Una tormenta de SCS tipo II 24-horas fue utilizado para la simulación.

El caudal máximo para el evento de tormenta que ocurriría cada 100 años es 620 m³/s. Encaminamiento a través del embalse cuando está lleno atenúa el máximo caudal hacia abajo a 225 m³/s. Con el fin de contener por completo la inundación, el nivel del agua en el embalse tendría que ser bajado 2.5 metros para contener por completo la inundación de la tormenta con frecuencia de una vez cada 10 años, pro medio. Para contener la inundación de la tormenta con frecuencia de una vez cada 100 años, el embalse tendría que ser retirados en 8 metros a una altura de 90 metros.

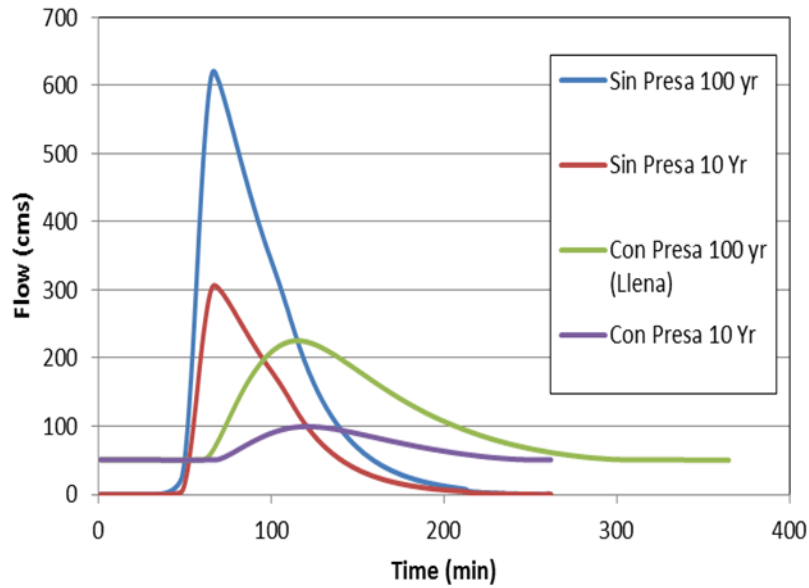


Figura 5: Hidrogramas que muestran atenuación del flujo, si la presa se construye.

Falla de Presa

Un análisis de falla completa de la presa se llevó a cabo para delimitar la llanura de inundación. Debido a la profundidad de las riberas la llanura de inundación no se extiende significativamente lejos del río (una distancia máxima de 2 km). Aun si hay algunas viviendas diseminadas a lo largo de las orillas del río que se vería afectado por una falla de la presa, la llanura de inundación no afecta a las zonas de alta densidad de población.

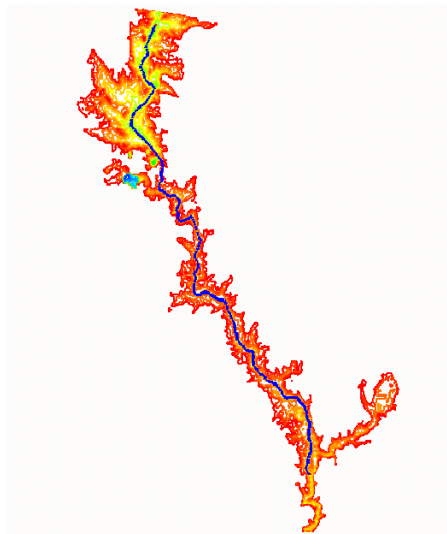


Figura 6: Llanura de inundación en caso de falla completa de la presa.

Duración de Flujo

Dos curvas de duración (FDC) se calcularon para este proyecto. Una de las curvas de duración de flujo (CDF) se realizó con los datos reales, y otra curva de caudales se realizó a partir de una herramienta de GIS desarrollado en la Universidad Brigham Young. El CDF hecho con la herramienta de GIS es mucho menor que el CDF hecho con los datos reales. Esto es principalmente porque el modelo de elevación digital que se utilizó en GIS era muy inexacto e hizo que el valle del río se veía mucho menos profundo de lo que realmente era.

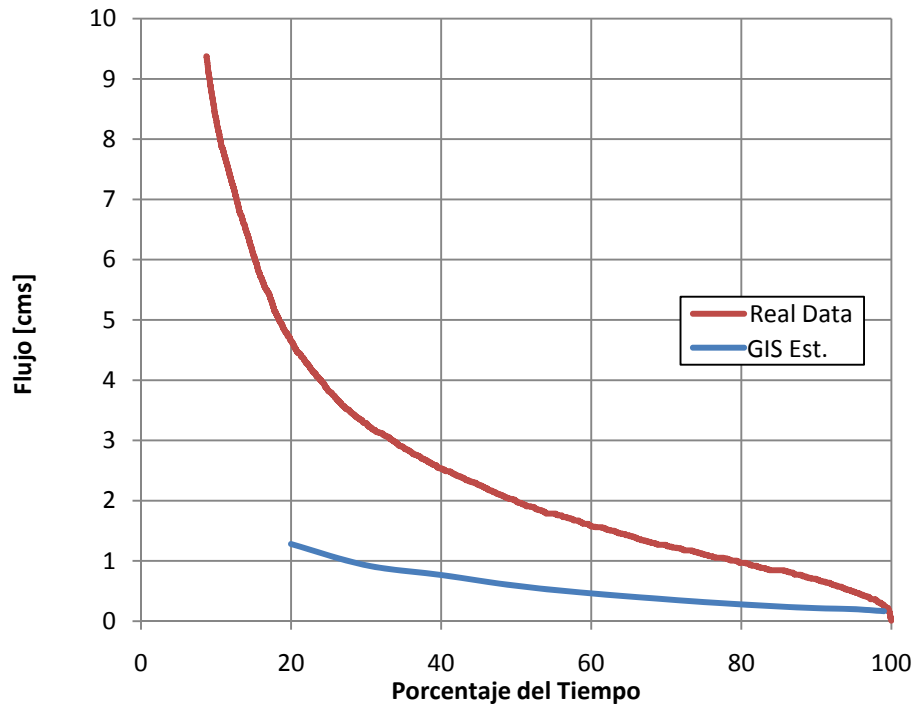


Figura 6: Curva de duración que representa los datos reales y de la herramienta de GIS.

Visita al Sitio

Una visita al sitio de la presa propuesta se comprobó varias hipótesis y los resultados del análisis. Varios puntos fueron registrados con un GPS para verificar la ubicación y elevación del río. Las elevaciones de los cerros circundantes fueron inspeccionadas visualmente y eran determinados ser suficiente para permitir que la presa propuesta de 42.5 metros de altura que se construye. El canal era barrancoso con riberas profundas, lo cual verificó que los resultados del análisis de la falla de presa eran razonables. Se estima que el caudal era de aproximadamente 2 a 5 m³/s, que es un poco alto para la temporada del año, de acuerdo con los datos históricos, pero es razonable especialmente si había precipitación recientemente.

Evaluación de Alternativas

Ninguna Acción

El no construir la presa no ofrece almacenamiento de agua, por lo que la demanda de agua debe seguir siendo objeto de los flujos estacionales. Esto no proporcionaría un flujo permanente necesario para abastecer los municipios de cultivo y lugares de interés turístico. Las inundaciones seguirán siendo sujetas a las variaciones estacionales, lo que podría causar daño a las propiedades agrícolas y se estima que causa la pérdida ocasional de la vida. No hay costo financiero asociado con no construir la presa.

Construir una Presa para Suministrar una Demanda Reducida

Según el informe de Hanson y Rodríguez, la construcción de una presa que permitiría un flujo de 2.7 m³/s durante los primeros diez años de funcionamiento. Los segundos diez años tendrían flujos de 3.6 m³/s. Los próximos cinco años (que son los últimos años de funcionamiento) tendrían 4 m³/s. El costo del proyecto, dependiendo de cuál de las alternativas del informe de Hanson Rodríguez que se elija, será de entre USD \$150 millones y USD \$225 millones. Sin embargo, según el análisis en este reporte, parece que no se podría suministrar un caudal constante de más que 2.7 m³/s, y esto solo con la asunción de que no hay sequías significativas.

Beneficios

La construcción de la presa, una vez completa, proporcionaría un caudal de base fiable en el río en la mayoría del tiempo. Esto sería beneficioso para la agricultura cercana, que dependen del riego durante los períodos secos durante el año.

La construcción de la presa se traduciría en el control de inundaciones durante las lluvias fuertes. Esto puede reducir los daños materiales infligidos a los pueblos cercanos y en los cultivos. Se aproximó que una vida se pierde cada año a causa de las inundaciones y las velocidades peligrosas del agua. El almacenamiento disponible en el embalse capturaría gran parte de la alta escorrentía que es responsable por la creación de estas condiciones peligrosas, lo que reduciría la pérdida de vida debido a la alta escorrentía.

La construcción de la presa se traduciría en la creación de empleo. Se requeriría obreros, contratistas, ingenieros y técnicos para diseñar, construir, proveer obra de mano, y operar la presa. Esto daría lugar a la creación de muchos puestos de trabajo para los tres años de construcción y varios puestos para técnicos de mantenimiento y operación.

La construcción de la presa y la aplicación de una turbina de agua se traduciría en la electricidad que luego podrían ser vendido a las empresas eléctricas y de particulares. No obstante, el beneficio no compensará el costo de la construcción de la presa.

Análisis de Costo

Se suponía que un préstamo de 50 millones de dólares se puede obtener según información sobre un préstamo similar obtenido previamente por el Banco Mundial por un proyecto diferente (Goliath, 2007).

La tierra y la construcción de la presa se estimaron sobre la base de la primera alternativa en el informe de Hanson Rodríguez, que dice que el proyecto (incluyendo presas, amenidades, instalaciones hidroeléctricas y sistemas de tuberías a las ciudades vecinas de La Romana, Central Romana, Costasur, Bayahibe y Dominicus) costaría un poco menos de USD \$150 millones (Hanson y Rodríguez, 2010). Hemos añadido a este USD \$150 millones otra USD \$200 millones para el costo de comprar toda la tierra que el embalse cubriría. Según los documentos proporcionados por el INDRHI, y verificado con los cálculos, la represa cubrirá alrededor de 4 km², lo que, a un costo de USD \$48/m² (Hobley 2008), que costaría un poco menos de USD \$200 millones. Por razones de simplicidad, este fue redondeado y se decidió que el costo de comprar la tierra para la presa sería de USD \$ 200 millones. Por lo tanto, el costo de la presa y el terreno necesario sería de USD \$350 millones.

El ingreso que se genera a partir del agua se estimó mediante el cálculo del caudal medio anual de agua que se produciría de esta presa a las ciudades antes mencionadas. El promedio de flujo de agua se multiplicó por USD \$0.25/m³ (Wikipedia, 2012) y el valor del agua para el caudal durante todo un año fue calculado.

El valor del aumento de los recursos turísticos se calculó con base en el supuesto de que cada turista gasta 200 dólares por día (según las experiencias de los viajes de los autores a la República Dominicana), y que cada turista requiere 550 litros de agua cada día (Singh y Clouden 1999). El informe de Hanson Rodríguez reporta las estimaciones que figuran de la cantidad de agua que se proporciona a las industrias del hotel (ver columnas tituladas "destino Villa-Hotel Consumo de Agua" y "Hoteles de Bayahibe-Dominicus Consumo de Agua" en la Tabla 1). La demanda medio anual se incrementó en cada uno de años de acuerdo con la Tabla 1 en ese informe, hasta una demanda de 2.7 m³/s fue alcanzado. En ese momento, la demanda se supone que es constante durante el resto de la vida de la presa. Basándose en estas demandas anuales, una demanda anual promedio fue encontrado por la vida de la presa. Esta demanda medio anual se dividió en 550 litros por persona, y se multiplica por los USD \$200 dólares que cada turista gasta cada día. El resultado fue el valor del turismo, debido en el proyecto de la presa.

Los ingresos de electricidad fue elegida basándose en el informe de Hanson Rodríguez, que indicó que la represa produciría 6.761 MWh / año (Hanson Rodríguez 2010), y la asunción (segun una fuente del internet) que la electricidad en la República Dominicana tiene un valor de \$ 0.20 USD / kWh ("República Dominicana", 2009). En realidad, el valor de la electricidad generada sería menos porque la estimación de energía generada es basada en un flujo más grande que la presa tendría en realidad.

Los beneficios de las vidas salvadas se basan en la asunción de que sin la presa, en promedio, una persona cada año moriría a causa de las graves inundaciones causadas por huracanes y otras tormentas tropicales. Fue supuesto que si una presa fue construida, estas muertes no se pasarían. También asumimos que el valor de una vida humana vale a USD \$5.8 millones, lo cual es el valor que el Departamento de Transporte de los EE.UU. pone en una vida humana cuando están haciendo cálculos de economía (Duval, Gribbin).

Se estima que la represa propuesta producirá alrededor de 125 puestos de trabajo durante los tres años que habrá de tener para construir. Se encontró que un trabajador promedio en la República Dominicana hace alrededor de USD \$174 por mes (Shepard, 2012), por lo que los beneficios sociales promedio de cada año de este proyecto es igual a la cantidad del número de puestos de trabajo producida multiplicada por el costo por mes de trabajo, multiplicado por el número de meses que la presa estará bajo construcción.

Basada en información encontrada en los proyectos de construcción de otras represas en la República Dominicana, asumimos que USD \$50 millones (Banco Mundial, 2005) puede ser prestado para financiar el proyecto, y que este préstamo tendría que ser pagado a través de pagos mensuales con once por ciento de interés para quince años, lo cual, según una calculadora de préstamo (Hazell, 2012), sería igual a USD \$570,000 cada mes o USD \$6.82 millones cada año.

El mantenimiento de la presa se determinó subjetivamente a costar un millón de dólares cada año e incluye el costo de pagar un ingeniero, dos técnicos, el pago de sus oficinas y viviendas, y el mantenimiento de la estructura del sistema de represas y tuberías.

Cash Flow Diagram (all numbers are in millions of USD)									
		Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6-16	Year 17-28	Totals
Revenues	Loan	50.0							531.31
	Value of water (\$0.21/m ³)				12.1	12.1	12.1	12.1	
	Electricity Revenue				1.4	1.4	1.4	1.4	
	Lives saved				5.8	5.8	5.8	5.8	
	Job creation	0.3	0.3	0.3					
Costs	Loan Payments		6.8	6.8	6.8	6.8	6.8		476.00
	Land/construction cost	350.0							
	Maintenance				1.0	1.0	1.0	1.0	
								Profit	55.31

Figura 7. Diagrama de flujo de efectivo (todas las cifras son en millones de dólares).

El beneficio total para el proyecto, suponiendo que la presa podría proveer un flujo constante de 2.7 m³/s, es USD \$55.31 millones (ver Figura). Por otra parte, debido a la sedimentación, la capacidad del embalse disminuirá durante su vida de 25 años, lo que significa que el flujo sostenible también se reducirá. Por lo tanto, el aumento de los flujos suministrados por el informe de Hanson Rodríguez no será posible. En consecuencia, los ingresos de flujos se disminuirán.

Costo del Medio Ambiente

El flujo de la salida y los aliviaderos destruirá un poco de la vida acuática directamente debajo del depósito, como resultado de los cambios de temperatura y velocidad. Esto no se prevé que sea perjudicial para la supervivencia de cualquier especie, sin embargo.

Se aproximó a 3,200,000 de metros cúbicos de sedimentos que se depositan en el embalse cada año. Este número es tan grande debido a la alta erosión que se produce durante las tormentas tropicales y de la suave pendiente del lecho del río, que se traduce en una velocidad de flujo más lento y más tiempo para que el sedimento se asiente antes de agua en la presa alcanza el vertedero. La sedimentación

limita la vida de la presa a 25 años. Esto sólo se dejaría a cinco años después de la presa estaba lleno para la producción de energía hidráulica óptima.

Recomendaciones

Se recomienda que la presa no sea construida. Los inconvenientes de la construcción de una presa es que la presa es cara y sólo tendrá una duración de veinticinco años, después de lo cual, la presa dejará de ser operativa, dejando la estructura de la presa y aproximadamente 4 km² de tierra llena de sedimentación. Además, el flujo que se proporcionaría de la presa es mucho menos que anticipado, y en condiciones ideales, solo permitiría un flujo de 2.7 m³/s, de lo cual, 1 m³/s tendría que ser permitido a volver al cauce del río en vez de ser vendido a los hoteles turísticos. Además, si habrá una sequía, el flujo bajaría hasta aun no proveer agua para suministrar a los hoteles turísticos por algunos años, lo cual haría que los ingresos de la presa bajaría hasta causar una pérdida de dinero en este proyecto. Si la presa se construye, no sería capaz de proporcionar el cumplimiento anticipado, y por lo tanto, la rentabilidad financiera y social de sus inversiones no se materializará. Finalmente, incluso si se construye una presa, que seguramente no será suficiente agua para proporcionar a los usos agrícolas, porque aun las demandas de las zonas turísticas no pueden ser satisfechas con el agua disponible.

Referencias

- "Dominican Republic's Electricity Rates up Again in Less than one Month" (2009). *Bajan Reporter*. <<http://www.bajanreporter.com/2009/07/dominican-republics-electricity-rates-up-again-in-less-than-one-month/>> (Jul 1, 2009).
- Duval, T., Gribbin, D.. "Memorandum to: Secretarial Officers, Modal Administrators," US Department of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Transportation Policy, <<http://ostpxweb.dot.gov/policy/reports/080205.htm>> (Apr. 3, 2012).
- Goliath Business Knowledge. (2007). US\$ 81.3 million loan for dam.(DOMINICAN REPUBLIC). Caribbean Update, 14. <<http://goliath.ecnext.com>>
- Hazell, Alastair. (2012). Loan Repayment Calculator. The Calculator Site, <http://www.thecalculatorsite.com/finance/calculators/loancalculator.php>
- Hanson Rodriquez. (2010). Informe Sobre Regulacion Del Rio Chavon: studio de diferentes alternativas para la conduccion de los caudales regulados del rio chavon. INDRHI
- Hoobley. (2008). Lot in Higüey, Dominican Republic 300 square meters. Hoobley, <<http://www.hoobly.com/0/0/542092.html>>.
- INDRHI. (2008). "Presa de Chavon en la Javilla, Provincia Del Seybo," PowerPoint presentation.
- O Banco Nacional do Desenvolvimento. (2012). Lucro do BNDES foi de R\$ 9 bilhoes em 2011. <<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes>>
- Shepard, Wade. (2012). Average Wage in Dominican Republic. Vagabond Journey, <<http://www.vagabondjourney.com/travelogue/average-wage-in-dominican-republic/>>
- Singh, J., and Clouden, F. (1999). A Review of Water Conservation Practices and Potential for Tourist Facilities in Barbados and St. Lucia, Activity Report No. 67, Caribbean Environmental Health Institute, Washington D.C.
- Soler-Lopez, L.R., 2001, "Sedimentation survey results of the principal water supply reservoirs of Puerto Rico"; in W.F. Sylva (ed.), Proceedings of the Sixth Caribbean Islands Water Resources Congress, Mayaguez, Puerto Rico. <<http://pr.water.usgs.gov/public/reports/soler.html>>
- Superintendencia de Electricidad. (2006). Energia Generada Neta (GWh). <<http://www.sie.gov.do/estadisticas.php>>
- Wikipedia (2012) "Water supply and sanitation in the Dominican Republic." *Wikipedia*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_the_Dominican_Republic> (Apr. 3, 2012).
- World Bank. (2005). Implementation Completion Report (CPL-38750 SCL-3875A SCPD-3875S): on a loan/credit/grant in the amount of US\$ 28 million to the Dominican Republic for a irrigated land and watershed management project. Report No: 32527, 48.