

## PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

ISSN: 2683-1597



### Cómo citar este artículo:

Mazzetto, M. A. & Ramírez López, A. M. (2022). Gestión de herramientas de inteligencia de negocios para el diagnóstico de la categoría comercial de inocuidad en un entorno empresarial ecuatoriano. *Project, Design and Management*, 4(2), 255-280. doi: 10.35992/pdm.4vi2.1030.

## ANÁLISIS Y MEJORES PRÁCTICAS PROYECTUALES DE UNA OBRA CIVIL HIDROELÉCTRICA DE HONDURAS

**Matías Ariel Mazzetto**

Universidad Internacional Iberoamericana (Argentina)

[matias.mazzetto@unini.org](mailto:matias.mazzetto@unini.org) · <https://orcid.org/0000-0001-9953-8545>

**Ana Mellissa Ramirez López**

Universidad Europea del Atlántico / Universidad Internacional Iberoamericana (Honduras)

[amrl\\_hn@hotmail.com](mailto:amrl_hn@hotmail.com) · <http://orcid.org/0000-0002-3038-6448>

**Resumen.** Actualmente la gestión de proyectos cuenta con muchas herramientas y metodologías que buscan desarrollar proyectos exitosos, no siempre es posible cumplir con los objetivos fijados desde su concepción. Una gran parte de los proyectos de construcción son ejecutados sin ser evaluados y documentados adecuadamente a lo largo de su ciclo de vida, aumentando las probabilidades de ser un proyecto fallido y de no cumplir con la rentabilidad o uso esperado. El caso de estudio es sobre un proyecto hidroeléctrico que fue iniciado con personal propio de una empresa privada hondureña (EPH)<sup>1</sup>, que al poco tiempo empezó a presentar una serie de inconvenientes que generaron desfases en costos y en tiempo. Cuando se había utilizado el 85% del presupuesto original estimado y se observa un avance de obra menor al 50%, la EPH decidió contratar a una empresa supervisora externa (ESE) para darle seguimiento al proyecto, revisar el diseño del mismo y que se asegurara que el proyecto fuera culminado. El proyecto fue culminado con un año y ocho meses adicionales de construcción y el costo del total final superó en 7.5 millones de dólares americanos del presupuesto original. El objetivo principal de esta investigación es la de analizar la eficiencia y sostenibilidad del proyecto para obtener lecciones que posibiliten la identificación de las fallas y aciertos en los desvíos alcanzados a lo largo del mismo y, a partir de ellos, generar recomendaciones que le permitan a la organización corregir y mejorar su actual metodología para sus futuros proyectos.

**Palabras clave:** Lecciones aprendidas de proyectos civiles, evaluación proyectual ex post, éxito de proyectos, planificación del proyecto, eficiencia del proyecto.

---

<sup>1</sup> Por pedido expreso de la empresa y debido al tipo de información sensible, se decidió mantener el anonimato de la misma.

## ANALYSIS AND BEST PROJECT PRACTICES OF A HYDROELECTRIC CIVIL WORK IN HONDURAS

**Abstract.** Currently project management has many tools and methodologies that seek to develop successful projects, it is not always possible to meet the objectives set from its conception. A large part of construction projects are executed without being properly evaluated and documented throughout their life cycle, increasing the chances of being a failed project and not meeting the profitability or expected use. The case study is about a hydroelectric project that was started with the personnel of a private Honduran company (EPH) \*, which soon began to present a series of inconveniences that generated lags in costs and time. When 85% of the original estimated budget had been used and a work progress of less than 50% was observed, the EPH decided to hire an external supervisory company (ESE) to monitor the project, review its design and make sure that the project was completed. The project was completed with an additional year and eight months of construction and the final total cost exceeded US \$ 7.5 million from the original budget. The main objective of this research is to analyze the efficiency and sustainability of the project to obtain lessons that make it possible to identify the failures and successes in the deviations achieved throughout the project and, based on them, generate recommendations that allow it to the organization correct and improve its current methodology for its future projects.

**Keywords:** Lessons learned from civil projects, ex post project evaluation, project success, project planning, project efficiency

### Introducción

El desarrollo de la presente investigación surge de la necesidad e importancia de implementar un procedimiento de evaluación formal al culminar cada obra de la EPH para validar la consecución del logro de los productos del proyecto y detectar las causas de los desvíos en los costos, alcance y tiempo de ejecución de obra que se pudieron haber presentado y proponer criterios de evaluación a ser aplicados en futuros proyectos.

Mediante este trabajo se pondrá en evidencia que las evaluaciones son una fuente valiosa de información y que, a partir de los datos recopilados a lo largo de las evaluaciones, demuestran la precisión de la proyección y formulación de proyectos de la empresa, la conveniencia de utilizar los mismos proveedores o materiales para futuros proyectos y permitiría efectuar correcciones o ajustes a los procedimientos internos de ser necesarios, entre otros.

Esta investigación no posee como meta el análisis comparativo entre diversas empresas del sector, sino generar para sí misma un aprendizaje proyectual a partir de las lecciones aprendidas obtenidas en el caso de estudio. Es por esto que se enfoca el análisis puertas adentro de la organización para que ésta pueda conocer sus fortalezas y debilidades en el diseño y dirección de proyectos.

La evaluación de la eficiencia se define como “un análisis comparativo entre los componentes que fueron previstos ejecutar según el estudio de preinversión que dio pie a declarar el proyecto como viable y los componentes realmente ejecutados” (JICA y MEF, 2012, p.195) se analizan diversos factores como el logro de los productos obtenidos, tiempo de ejecución, costes, eficiencia global y sostenibilidad ex post al proyecto.

## **Método**

El trabajo se desarrolló mediante el uso de un diseño de investigación no experimental del tipo proyectivo con un enfoque mixto a partir de la recopilación de la información cuyos instrumentos de recolección de información constaron de entrevistas a profundidad efectuada al personal clave del proyecto junto con revisión documental.

Dichos instrumentos se validaron a partir de un juicio de expertos para garantizar la idoneidad de los mismos.

Para poder efectuar la valoración del proyecto, se hizo uso de la evaluación de culminación incluida en la metodología de evaluación ex post, propuesta por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón y el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (JICA y MEF, 2012, p.196), en la cual se analizan la eficiencia y la sostenibilidad del proyecto. Además, permite la obtención de las lecciones aprendidas para posteriormente generar planes de acción para correcciones o mejoras y se sugieren seguimientos y mediciones posteriores para analizar el comportamiento del proyecto a mediano plazo y confirmar el alcance de los objetivos del proyecto establecidos en las primeras etapas del mismo.

## **Resultados**

A continuación, se expondrán los resultados y justificaciones obtenidos para el concepto de Evaluación de la eficiencia:

El PH en estudio, ha sido dividido en seis componentes principales, dichos componentes fueron evaluados de forma individual para corroborar si los mismos habían sido culminados en su totalidad o no, y ratificar si éstos proveen el servicio para el cual fueron construidos.

**Análisis de los productos del proyecto**

Tabla 1

*Comparación cuantitativa de los principales productos del proyecto*

Principales componentes del proyecto	Unidad del componente	Cantidad (Número, dimensión física, etc.)		
		Prevista	Actual	% de Ejecución (Real/Planificado)
<b>PRESA Y OBRA DE TOMA</b>				
<b>Presa y obra de toma</b>	global	1	1	100%
<b>Concreto 3000 PSI y Concreto Ciclópeo de 15 kg/cm2</b>	m3	907	1,452.09	160%
<b>TUBERÍA DE CONDUCCIÓN</b>				
<b>Tubería de conducción</b>	global	1	1	100%
<b>Longitud total</b>	m	2,872.00	3,215.90	112%
<b>TANQUE DE PRESIÓN O CÁMARA DE CARGA</b>				
<b>Tanque de presión o cámara de carga</b>	global	1	1	100%
<b>Concreto 280 kg/cm2</b>	m3	515.64	514.98	100%
<b>TUBERÍA DE PRESIÓN</b>				
<b>Tubería de presión</b>	global	1	1	100%
<b>Longitud total</b>	m	654	654	100%
<b>CASA DE MÁQUINAS</b>				
<b>Casa de máquinas</b>	global	1	1	100%
<b>Área de construcción</b>	m2	330.91	455.88	138%
<b>SUBESTACIÓN ELEVADORA</b>				
<b>Subestación elevadora</b>	global	1	1	100%

$$\text{Nivel de ejecución de componentes} = \frac{\text{Componentes Ejecutados (indicador)}}{\text{Componentes Previstos (indicador)}}$$

$$\text{Nivel de ejecución de componentes} = \frac{1+1+1+1+1+1}{1+1+1+1+1+1}$$

$$\text{Nivel de ejecución de componentes} = \mathbf{1.00}$$

Nota. Adaptado de JICA y Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. ( 2012)

Tabla 1

*Análisis de los componentes ejecutados del proyecto*

Principales componentes del proyecto	% de Ejecución	Información extraída de las entrevistas
<b>Presa y obra de toma</b>	160%	Desplante adicional de la presa, requiriendo aumentar el volumen de concreto ciclópeo y concreto 3000 PSI en aproximadamente 550m3.
<b>Tubería de conducción</b>	112%	Durante la ejecución de los trabajos, fue requerido rodear obstáculos que condujo al aumento de metraje en la línea de conducción. Adicionalmente, se requirió el uso una cantidad de voladuras considerablemente superior a las estimadas debido a que el suelo encontrado en sitio resultó de diferentes características a las previstas. Se aprecia carencia de un estudio geológico adecuado.
<b>Tanque de presión o Cámara de carga</b>	100%	Se modificó ligeramente el diseño.
<b>Tubería de presión</b>	100%	Se efectuó según lo planificado.
<b>Casa de máquinas</b>	138%	Se efectuó rediseño de la casa de máquinas para albergar una turbina adicional, requiriendo un aumento de área y adicionalmente se modificó el método constructivo de parte de la misma para minimizar el impacto en el presupuesto.
<b>Subestación elevadora</b>	100%	Se requirió el uso de un banco de transformadores reducir el desbalance entre las fases del circuito del Sistema Interconectado Nacional que dificultaba la sincronización de la planta y ponía en riesgo los equipos de la misma.

*Análisis de la eficiencia temporal del proyecto*

JICA y MEF (2012), indican que la eficiencia del tiempo del proyecto se obtiene al efectuar un análisis comparativo entre el tiempo de ejecución de obra previsto en el estudio de preinversión con el cual fue aprobado el proyecto y el tiempo que realmente tomó el proyecto en ser culminado. Para este apartado, el proyecto fue dividido en siete componentes principales. Los datos se obtuvieron del cronograma presentado en el estudio de factibilidad y el cronograma final de obra proporcionado por la empresa supervisora del PH.

Tabla 2

*Comparación del tiempo de ejecución Previsto y Real*

	Previsto			Actual			Relación Previsto/ Actual	Grado de eficiencia
	Inicio	Fin	Período (meses)	Inicio	Fin	Período (meses)		
<b>Tiempo global de ejecución</b>	01/11/2017	31/03/2019	17.00	10/12/2017	15/01/2021	37.00	<b>0.46</b>	<b>Ineficiente</b>
Tiempo de ejecución por principales actividades								
<b>Actividades preliminares</b>	01/11/2017	30/04/2018	6.00	10/12/2017	09/04/2018	4.00	<b>1.50</b>	Muy Eficiente
<b>Presa y obra de toma</b>	01/02/2018	30/09/2018	8.00	01/02/2018	30/03/2020	25.00	<b>0.32</b>	Ineficiente
<b>Tubería de conducción</b>	15/01/2018	31/01/2019	12.50	10/12/2017	20/05/2020	29.33	<b>0.43</b>	Ineficiente
<b>Tanque de presión o Cámara de carga</b>	01/05/2018	31/07/2018	3.00	09/11/2018	30/03/2020	16.70	<b>0.18</b>	Ineficiente
<b>Tubería de presión</b>	01/06/2018	28/02/2019	9.00	09/04/2018	13/06/2020	26.00	<b>0.35</b>	Ineficiente
<b>Casa de máquinas, Grúa puente, Turbinas y generadores</b>	01/03/2018	31/03/2019	13.00	07/07/2018	23/09/2020	26.50	<b>0.49</b>	Ineficiente
<b>Línea de transmisión, Subestación elevadora y Sistema eléctrico y control</b>	01/07/2018	31/10/2018	4.00	10/02/2020	15/01/2021	11.00	<b>0.36</b>	Ineficiente

$$\text{Eficiencia en el tiempo} = \text{Nivel de Ejecución de Componentes} \times \frac{\text{Tiempo Previsto}}{\text{Tiempo Actual}}$$

$$\text{Eficiencia en el tiempo} = 1.00 \times \frac{17.00}{37.00}$$

$$\text{Eficiencia en el tiempo} = \mathbf{0.46}$$

Nota. Adaptado de JICA y Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2012)

*Análisis de la eficiencia en el costo del proyecto*

Según JICA y MEF (2012), la eficiencia en el costo del proyecto es el:

Análisis comparativo entre el costo total de la inversión del proyecto previsto en el estudio de preinversión con el cual fue declarado viable y el costo total del proyecto

en su ejecución, a nivel de cada producto, componente o paquete de contratos.  
(p.73)

Tabla 0

*Comparación del costo Previsto y Real*

	Estudio de Preinversión (Miles de USD)	Monto Ejecutado (Miles de USD)	Relación Previsto/ Actual	Grado de eficiencia
<b>Costo Global de Ejecución</b>	10,944	18,481	<b>0.59</b>	<b>Ineficiente</b>
<i>Costo por productos (Componentes)</i>				
<b>Preinversión, compra de tierras y administración durante la construcción</b>	515	1,349	0.38	Ineficiente
<b>Costos indirectos (Fondo rotatorio, gastos financieros y legales)</b>	877	3,265	0.27	Ineficiente
<b>Gastos de desarrollo, actividades preliminares, temporales, accesos y obras varias</b>	534	988	0.54	Ineficiente
<b>Presa y obra de toma</b>	1,129	1,509	0.75	Ineficiente
<b>Tubería de conducción</b>	4,326	5,515	0.78	Ineficiente
<b>Tanque de presión o Cámara de carga</b>	204	623	0.33	Ineficiente
<b>Tubería de presión</b>	866	1,296	0.67	Ineficiente
<b>Casa de máquinas, Grúa puente, Turbinas y generadores</b>	1,999	3,426	0.58	Ineficiente
<b>Línea de transmisión, Subestación</b>	495	511	0.97	Ineficiente

<b>elevadora y Sistema eléctrico y control</b>			
<b>Eficiencia en el costo =</b>	<b>Nivel de Ejecución de Componentes</b>	<b>x</b>	<b>Costo Previsto</b> <b>Costo Actual</b>
<b>Eficiencia en el costo =</b>	1.00	x	$\frac{10,944}{18,481}$
<b>Eficiencia en el costo =</b>	<b>0.59</b>		

Nota. Adaptado de JICA y Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2012)

### **Análisis de la eficiencia global del proyecto**

Este análisis de la eficiencia en términos generales del proyecto basándose es el nivel de logro de los productos, en los tiempos necesarios para ejecutarlo y en los costos de inversión necesarios para culminarlo.

<b>Eficiencia global =</b>	Nivel de Ejecución de	x	$\frac{\text{Período previsto}}{\text{Período actual}}$	x	$\frac{\text{Costo previsto}}{\text{Costo actual}}$
<b>Eficiencia global =</b>	1.00	x	$\frac{17.00}{37.00}$	x	$\frac{10,944}{18,481}$
<b>Eficiencia global =</b>	<b>0.27</b>				

Figura 1. Cálculo de la Eficiencia Global del PH

### **Análisis de la sostenibilidad**

Según lo expuesto por JICA y MEF (2012) se define la acción como:

Evaluar los factores señalados en el estudio de preinversión con el que se declaró la viabilidad que garantizan que el proyecto generará los beneficios y resultados esperados a lo largo de su vida útil, y analizar si los mismos se mantienen o presentan variaciones y en qué medida. Especial interés es la identificación de problemas ocurridos en el período de ejecución, así como los riesgos posibles en la operación y mantenimiento. (p. 76)

*Esta evaluación se atomizó en 3 grandes dimensiones, a saber:*

#### **Sostenibilidad Financiera**

Este apartado, tiene como objetivo evaluar, en primer lugar, la precisión de los costos y gastos de O&M, de administración y financieros previstos en el estudio de factibilidad contra los realmente presentados durante el período de operación hasta la realización de este informe.



Tabla 3

Comparación de costos de O&M, Administrativos y Financieros previstos y reales entre diciembre 2020 y agosto 2021

	Previsto (USD)	Real (USD)	Relación Previsto/Real	Grado de eficiencia
<b>Costos y Gastos de Operación &amp; Mantenimiento y Financieros proyectados para dic - 2020 y ene a ago - 2021</b>	1,034,333.33	775,490.12	<b>1.33</b>	De forma global, los costos y gastos <b>SI</b> se encuentran dentro del presupuesto estimado en el estudio de factibilidad.
<i>Desglose de costos y gastos</i>				
<b>Costos y gastos de operación, mantenimiento y administración proyectados para dic - 2020 y ene a ago - 2021</b>	635,000.00	203,512.34	3.12	Estos costos y gastos <b>SI</b> están dentro del presupuesto estimado para este fin en el estudio de factibilidad.
<b>Gastos financieros proyectados para dic - 2020 y ene a ago - 2021</b>	399,333.33	571,977.78	0.70	Estos costos y gastos <b>NO</b> están dentro del presupuesto estimado para este fin en el estudio de factibilidad.

En segundo lugar, efectuar una primera valoración que confirme si los costos de todas las operaciones, mantenimientos y administración, están siendo cubiertos por los ingresos percibidos por la operación de la planta.

Tabla 4

Verificación de la cobertura de costos y gastos por la producción a ser facturada\*

Monto a ser Facturado* (USD)	Costos y Gastos de O&M, Admon. y Financieros (USD)	Relación Facturación/ Costos & Gastos	Observaciones
794,488.19	775,490.12	<b>1.02</b>	Los costos y gastos para producir y cubrir los compromisos financieros, son cubiertos con un reducido margen de holgura.

Nota. \*En esta columna se presenta la sumatoria de los montos a ser facturados entre los meses de diciembre 2020 y agosto 2021. Cabe mencionar que dicho monto no necesariamente coincide con la facturación real, ni con los pagos recibidos por parte del cliente.

**Sostenibilidad Operativa**

Esta dimensión pretende confirmar si los componentes son capaces de brindar el servicio o función para el cual fueron construidos y de esta forma, aseverar la sostenibilidad operativa del proyecto ejecutado. Los datos fueron adquiridos mediante las entrevistas estructuradas realizadas y el análisis documental.

Tabla 5

**Operatividad de los componentes entregados**

Componente	Función o servicio esperado	% de cumplimiento del objetivo (0% a 100%)	¿Es posible mejorar la función o los servicios proporcionados actualmente por los componentes entregados?		Propuestas de mejora	Observaciones o comentarios adicionales por parte del Jefe de operaciones de Planta
			Si	No		
<b>Presa y obra de toma</b>	Acumular agua en el cauce fluvial y desviar parte del agua hacia la línea de conducción.	<b>80%</b>	X		<b>Construcción de un desarenador. Elevar la altura de la presa para aumentar la presión a la entrada de la tubería de conducción.</b>	<b>Falta el desarenador en la presa. No se está aprovechando el caudal del río.</b>
<b>Línea de conducción</b>	Transporte del agua, por gravedad, desde la presa y obra de toma hasta la cámara de carga.	<b>80%</b>	X		<b>Mejorar los soportes de la tubería. Pintura interna de tubería.</b>	<b>Asentamientos de hasta 25 cm en tramos de la línea de conducción. Pequeños tramos de pendiente inversa. Se aprecia más fricción de la estimada. Recomienda la pintura interior de la tubería para protegerla de la corrosión, mejorar la fricción interna y evitar desprendimiento de partículas de óxido que a largo plazo pueda afectar las turbinas.</b>
<b>Tanque de presión o Cámara de carga</b>	Estabilizar el nivel del agua antes del ingreso a la tubería de	<b>100%</b>	X		<b>Verificar si hay forma de mejorar el funcionamiento del desarenador.</b>	<b>El desarenador no está funcionando de forma satisfactoria.</b>

	presión. Permite manejar las oscilaciones de carga durante la operación y el rebalse controlado del agua durante las paradas o rechazos de carga por medio del rebalse controlado por un vertedor lateral.				
<b>Tubería de presión</b>	Transportar el caudal de operación a la presión requerida para la operación de las unidades turbogeneradoras de casa de máquinas.	<b>100%</b>	X	<b>Acceso para inspección necesaria (Manhole)</b>	<b>Funciona de forma satisfactoria.</b>
<b>Casa de Máquinas</b>	Resguardar las turbinas, generadores y elementos de regulación y control de la central.	<b>100%</b>	X		<b>Funciona de forma satisfactoria.</b>
<b>Turbinas y generadores</b>	Transformar la energía cinética de una corriente de agua en energía mecánica y posteriormente transformar la energía mecánica en energía eléctrica.	<b>100%</b>	X	<b>Modificación de la Unidad 1, se efectuó la liberación de presión de la parte trasera del caracol de la turbina para normalizar la presión que el agua ejercía sobre los cojinetes. (Defecto de fábrica)</b>	<b>Desgaste de cojinetes propició que la turbina se utilizara únicamente al 60% de su capacidad desaprovechando el recurso hídrico de los meses lluviosos y por ende la producción se vio afectada. No está recibida aún.</b>
<b>Subestación elevadora</b>	Elevar el nivel de tensión requerido antes de entregar la energía a la red de transporte.	<b>100%</b>	X		<b>Funciona de forma satisfactoria.</b>

En la tabla 9 se muestra el detalle de la energía neta prevista a producir según las modelaciones del estudio hidrológico utilizado como referencia en el estudio de factibilidad y la energía neta que la planta realmente está produciendo y su respectiva relación.

Tabla 6

*Producción de energía neta (kWh) actual versus prevista*

Mes - Año	Producción - Energía neta (kWh)		Relación Actual/Previsto	Grado de eficiencia
	Previsto	Real		
<b>Producción desde Dic -2020 hasta Ago -2021</b>	<b>10,088,657.00</b>	<b>7,107,263.53</b>	<b>0.70</b>	Ineficiente
Desglose de producción				
<b>Diciembre -2020</b>	993,657.00	653,400.86	0.66	Ineficiente
<b>Enero - 2021</b>	791,000.00	805,133.87	1.02	Muy Eficiente
<b>Febrero - 2021</b>	515,000.00	491,089.04	0.95	Ineficiente
<b>Marzo - 2021</b>	437,000.00	387,696.57	0.89	Ineficiente
<b>Abril - 2021</b>	302,000.00	451,171.42	1.49	Muy Eficiente
<b>Mayo - 2021</b>	195,000.00	614,664.00	3.15	Muy Eficiente
<b>Junio - 2021</b>	2,302,000.00	1,255,254.42	0.55	Ineficiente
<b>Julio - 2021</b>	2,498,000.00	1,006,072.83	0.40	Ineficiente
<b>Agosto - 2021</b>	2,055,000.00	1,442,780.52	0.70	Ineficiente

*Nota:* Elaborado por los autores.

La tabla 10 busca confirmar la existencia de un plan de mantenimiento general y verificar si éste es adecuado para que se logre prolongar la vida útil de los componentes de la presa y de esta forma asegurar su sostenibilidad operativa.

Tabla 7

*Análisis de los planes de mantenimientos existentes*

Área/Componente	¿Existe un plan de mantenimiento de ésta área o componente?		De existir un plan de mantenimiento, ¿es dicho plan efectivo?			De NO existir un plan de mantenimiento ¿Se está trabajando actualmente en la elaboración de un Plan y mantenimiento?		Mencione los retos enfrentados al no poseer un plan de mantenimiento
	SI	NO	SI	NO	Explique	SI	NO	
<b>Equipo Electromecánico (Turbinas, generadores, grúa viajera, etc.)</b>	X		X		Si tienen detalle de las inspecciones rutinarias a efectuar y la periodicidad de revisión de los componentes.			
<b>Obras civiles de la presa hidroeléctrica (Presa, líneas de conducción y presión, Cámara de carga, Casa de máquinas)</b>		X				X		Mediante recorridos diarios se toman medidas. Se está trabajando bajo una modalidad de mantenimiento correctivo más que preventivo.

En la tabla 11 y que a continuación se presenta, se analiza la calidad de la transferencia del proyecto hacia el operador mediante el análisis de los productos entregados y la capacitación efectuada a los usuarios finales. Lo anterior permite verificar si los operadores fueron provistos de la información requerida para familiarizarse con el producto final y si se les fue proporcionada una capacitación adecuada para asegurar que cuenten con los conocimientos requeridos para operar de forma correcta la planta hidroeléctrica para cerciorar que se logre su sostenibilidad operativa.

Tabla 8

*Análisis de transferencia del proyecto y capacitación del personal operativo*

Productos entregados	SI	NO	Califique los productos entregados al momento de efectuar la transferencia y/o la capacitación recibida			Comentarios adicionales u observaciones
			BUENO	REGULAR	MALO	
¿Se hizo entrega de un inventario de equipo?	X		X			Se proporcionó un inventario de repuestos y de lo instalado.
¿Se hizo entrega de las garantías de los diferentes equipos o componentes y las fechas de finalización de las mismas?	X					Al jefe inmediato se le fue proporcionado.
¿Se hizo entrega de los planos como construido (as built), controles y pruebas de calidad durante la ejecución?	X		X			El jefe de operaciones no cuenta con los estudios hidrológicos para efectuar comparaciones de producción de energía.
¿Se hizo entrega de las actividades y responsabilidades de cada miembro del equipo que manejaría la planta hidroeléctrica?	X		X			En el contrato de trabajo están estipuladas las obligaciones.
Califique la transferencia del proyecto al usuario final .			X			
Califique las capacitaciones recibidas al momento de la transferencia del proyecto			X			Parte del personal que opera la planta se encargó del montaje electromecánico y éste ya contaba con experiencia previa en proyectos

			similares, la capacitación se realizó durante el comisionamiento.	
¿Cómo considera que fue el seguimiento y acompañamiento posterior a las capacitaciones fue adecuado ?		X	Se cuenta con asesoría por parte de los proveedores 24/7.	
¿Se hizo entrega de un manual de operación de los componentes de la planta? (Presa, líneas de conducción y presión, cámara de carga, casa de máquinas). Califique dicho manual.	X		X	Sólo les fue proveído un manual general, el detallado está siendo elaborado por el personal que opera la presa actualmente.
¿Se hizo entrega de un manual de operación del equipo electromecánico? (Turbinas, generadores, grúa viajera, software para manejo de planta, etc.) Califique dicho manual.	X		X	Desde el punto de vista técnico es adecuado, sería recomendable que esté en español con términos más amigables.

### **Riesgos**

A partir de la tabla 12 se dan a conocer los posibles riesgos socioambientales que pueden comprometer la operación de la planta y que deben ser tomados en consideración para no perder la continuidad de operación a raíz de conflictos de ésta índole.

Tabla 9

*Análisis de riesgos socioambientales*

Posibles riesgos socioambientales	Si	No	Comentarios adicionales
¿Se efectuó un proceso de consulta previa, libre e informada a la comunidad aledaña del proyecto a previo a su aprobación y sometimiento a la aprobación estatal?	X		Existe documentación que respalda el acercamiento con la población desde los inicios del proyecto mediante cabildos abiertos.
¿Se han cumplido los compromisos por parte de la empresa hacia la población? por ejemplo, proyectos de ayuda de algún tipo, como reforestación, sistemas de riego, mejoramiento de vías de acceso, etc.	X		Poco a poco se están cumpliendo los acuerdos.
¿Existe aceptación de la operación de la planta por parte de la comunidad aledaña al proyecto?	X		De forma general si, independientemente siempre existe leve inconformidad por parte de la población ya que buscan sacar provecho de la planta hidroeléctrica para beneficios personales.
¿Se ha efectuado el monitoreo de calidad del agua en el río en época de invierno y verano y realización de inventario de fauna acuática del río, por especialista en el tema, una vez al año sugerido por el Informe de cumplimiento de Medidas Ambientales (ICMA) ( 2018, p.52)?		X	No tiene conocimiento que se deba efectuar dicha medida.
¿Se monitorea el caudal de río después de la presa y aguas debajo de la descarga final? (El valor de la guía deberá ser el del caudal ecológico del río, ICMA, 2018, p.53)?	X		Monitoreo de caudal ecológico se desarrolla diariamente.
¿Existe población indígena que pueda ser afectada por el funcionamiento de la represa?	X		Si, ya se han presentado acercamientos con la etnia Maya - Chortí. Se tienen empleados de dicha etnia.
¿Poseen estrategias de solución de conflictos y manejo preventivo del mismo?		X	Es conveniente definir planes de acción ante manifestaciones o acercamientos conflictivos para no ser sorprendidos.
¿Se ha afectado de forma no prevista el ambiente aledaño a la planta hidroeléctrica?		X	
¿La planta cuenta con un Plan de salud y seguridad ocupacional?	X		
Mencione algún riesgo adicional que se pueda estar presentado actualmente.			Por falta de conocimiento del funcionamiento de la planta hidroeléctrica por parte de la población, se pueden generar conflictos. El jefe de operaciones sugiere invitar a la población a conocer el proceso de generación de energía para que validen que es una forma limpia y amigable con el ambiente de generación de electricidad.



## Discusión y conclusiones

En este inciso se plasma la interpretación de los resultados expuestos previamente, mencionando las posibles causas que suscitaron a dichos resultados y se realiza una comparación con los hallazgos de publicaciones de evaluaciones de temas relacionados. Asimismo, se enlistan las lecciones aprendidas compuestas tanto por los aciertos como las fallas identificadas. Por último, se proveen propuestas para solucionar los problemas que ocasionaron los desfases.

**Eficiencia:** Este criterio fue evaluado en cuatro dimensiones que fueron: logro de los productos, eficiencia en tiempo de ejecución del proyecto, eficiencia en costo del proyecto y eficiencia global.

Con respecto al *logro de productos*, se aprecia que todos los componentes previstos a ser construidos fueron elaborados en un 100%, alcanzando un nivel de ejecución de componentes igual a 1 según los cálculos indicados en la tabla 1. Sin embargo, a pesar de que se lograron completar todos los componentes, se aprecia que en tres de ellos se presentaron desviaciones considerables en sus dimensiones previstas, según lo expuesto en la Tabla 2. La presa, la tubería de conducción y la casa de máquinas, fueron los componentes que sufrieron las diferencias en mención. Dichas diferencias repercutieron de forma negativa en el proyecto ya que fueron fuente de los desfases tanto en costo como en tiempo de ejecución del proyecto.

Al analizar la *eficiencia del tiempo del proyecto* (ver tabla 3), se observó que el estudio de factibilidad aprobado se consideró que el tiempo de ejecución previsto del proyecto sería de 17 meses, sin embargo, el proyecto se ejecutó en 37 meses en total, por tanto, se aprecia una eficiencia igual a 0.46, lo que lo califica como Ineficiente. Remitiéndonos a la tabla en cuestión, se observa que casi todas las actividades principales del proyecto requirieron más tiempo del programado para ser ejecutado.

Para el cálculo de la *eficiencia en costos*, el estudio de prefactibilidad señalaba que se requerían 10,944,000 dólares para ejecutar el proyecto, no obstante, fue requerida la suma de 18,481,134.69 dólares, lo cual arroja una eficiencia en costos igual a 0.59 que es catalogado como un grado de eficiencia Ineficiente. En la tabla 4 se observa que todos los componentes sufrieron sobrecostos y se especifica la fórmula utilizada para obtener la eficiencia de costos. A su vez se aprecia que los componentes que sufrieron cambios, fueron los que presentaron mayor incidencia en el costo final de la obra.

La eficiencia global, fue calculada arrojando un valor igual a 0.27, la cual es catalogada por Montero et al. (2013) como ineficiente concluyendo que la eficiencia global no fue la adecuada.

Los problemas de ejecución identificados mediante el análisis de la documentación entregada y las entrevistas realizadas al personal clave se resumen a continuación:

- Estudio de factibilidad impreciso. El presupuesto presentado en el estudio de factibilidad, con el cual se basó la decisión de ejecutar el proyecto, prácticamente era una estimación de orden de magnitud, ya que aparenta haberse calculado sin datos precisos de ingeniería. Adicionalmente no se basó de un estudio geológico y geotécnico confiable.
- Diseños de componentes inadecuados para las condiciones reales. El hecho de no contar con información técnica adecuada (información que es utilizada como base para el diseño de las estructuras), conllevó a asumir escenarios diferentes a los enfrentados en campo, ocasionando cambios considerables en los primeros componentes ejecutados.
- Planificación deficiente. No se contaba con un programa de ejecución detallado desde un inicio. Durante la ejecución se suscitaron muchas actividades no previstas que

prolongaron la duración del proyecto a raíz de tener diseños basados en estudios y asunciones incorrectas.

- Seguimiento y control de obra pasivo. Al inicio de la obra, a pesar de estar conscientes de que la obra estaba presentando retrasos y cambios considerables, no se efectuaron planes de acción determinantes o efectivos que contribuyeran a mermar los desfases. Se aprecia que se ejerció una dirección reactiva no proactiva.
- Ausencia de un expediente técnico o estudio definitivo al inicio del proyecto. El proyecto fue iniciado sin poseer: especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra precisos, cuantificaciones de cantidades precisas, presupuesto base detallado, cronograma de ejecución detallado y estudios geológicos y geotécnicos exactos.
- Gestión de riesgos inadecuados. Cada riesgo conlleva un costo, el estudio de riesgos permite identificar aquellos que tienen mayor probabilidad de materializarse y se establece un plan de respuesta hacia los riesgos para reducir las sus oportunidades de ocurrencia. Se aprecia una inadecuada identificación de riesgos quedando esto evidenciado al emprender un proyecto, de esta magnitud, con información general y con personal con competencias insuficientes para planificarlo y liderarlo.
- Gestión de costos inadecuado. El presupuesto carecía de: la adecuada determinación de las actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto, la apropiada definición de precios unitarios de las actividades, la precisión en la cuantificación de las cantidades de obras en actividades clave y por último, pero no menos importante, el inadecuado monitoreo y control de los costos, ya que no se aprecia que en el primer año de ejecución del proyecto se hayan efectuado acciones correctivas adecuadas al momento de presentarse desfases en el presupuesto.
- Gestión de adquisiciones deficiente. En primer lugar, el no contar con un cronograma preciso, afecta directamente la planificación de adquisiciones ya que se incurren en errores de saber qué y cuándo aprovisionar. En segundo lugar, el no efectuar un proceso de selección de proveedores, tanto de servicios como de suministros, no permite seleccionar necesariamente la oferta más favorable del mercado, y limita el poder de negociación de precios que el cliente posee y no le permite efectuar una comparación de servicios con empresas que realicen actividades similares.
- Competencia de personal clave involucrado en la planificación y diseño insuficiente. La experiencia que puede poseer el personal para dirigir la obra es un punto muy importante, ya que una persona competente sabe los procedimientos a seguir para obtener resultados adecuados y aumenta las probabilidades de cumplimiento de los objetivos. Con lo anterior no se quiere indicar que no se debe contratar a personal novel, lo que se indica es que es imperante que las personas que van a liderar un proyecto posean las competencias mínimas requeridas para asegurar el cumplimiento de las metras preestablecidas.
- Gestión de calidad inicial inadecuada. La UE, no contaba con un plan de calidad adecuado hasta que la empresa supervisora inició sus controles de calidad paralelos a los de los contratistas para validar resultados.
- Gestión de comunicaciones ineficaz. Personal entrevistado, indicó que al inicio no se contaba con una coordinación y comunicación eficiente que lograra una sinergia entre los diferentes contratistas. La comunicación eficaz, es un factor clave para la adecuada realización de los trabajos.

La investigación de Ruíz (2005), titulada *Determinación del éxito del proyecto. Estudio de caso práctico*, indica que entre los problemas más comunes que surgen en los proyectos y que afectan el alcance de sus objetivos se pueden apreciar: la mala planificación, mala

comunicación, el seguimiento incorrecto del progreso, jefe de proyectos incompetente, entre otros.

Cruz (2003), en su investigación titulada *Metodología a seguir para la planificación de un proyecto hidroeléctrico antes de su implementación en Guatemala* indica que:

El alcance y los detalles de los estudios de ingeniería, las exploraciones geológicas, los diseños y las evaluaciones de los costos en relación con las investigaciones de factibilidad tendrían que ser suficientes para asegurar la confiabilidad del plan del proyecto y para garantizar que el proyecto puede ser llevado a cabo con el costo previsto. (p. 90)

ILPES (1997), indica que en el estudio de factibilidad debe proveer de la forma más precisa posible los beneficios y costos del proyecto y profundizar en el análisis de aquellas variables que inciden en el proyecto.

Ríos y Medina (2020), que es necesario atender adecuadamente la gestión de riesgos, ya que la materialización de uno o más riesgos que no sean previstos puede causar impactos considerables en las demás áreas del proyecto, siendo usualmente las más afectadas la de gestión de costos, programación de obra, recursos y las adquisiciones.

**Sostenibilidad:** Como se ha mencionado la sostenibilidad se puede valorar bajo la probabilidad que tienen los componentes de ser operados y utilizados y lograr su objetivo final durante su vida útil. Bajo este enunciado, se procedió a validar la existencia o ausencia de la misma en el proyecto investigado. La valoración se hizo mediante el análisis de la sostenibilidad financiera, operativa y los riesgos bajo el contexto socioambiental presentes.

Con respecto a la *sostenibilidad financiera*, en la tabla 6, se aprecia que los costos y gastos de mantenimiento proyectados en el estudio de factibilidad para el período en el que la planta ha operado son mayores a los que realmente se han utilizado una vez puesta en funcionamiento. Esto nos indica que la proyección original fue adecuada y que bajo este punto no pone en riesgo la sostenibilidad del proyecto. Únicamente es importante mencionar que, como era de esperarse, los gastos financieros superaron a los gastos financieros proyectados debido a que los préstamos para la ejecución de obra fueron mayores a los estimados. Lo anterior fue contrarrestado con el hecho de que los costos y gastos de operación, mantenimiento y administración previstos, han resultado mucho menor a los previstos, y dicho ahorro ha funcionado como “colchón financiero”. Otro parámetro evaluado en lo que respecta a la sostenibilidad financiera, fue la cobertura de los costos y gastos por la producción que se ha facturado reflejado en la tabla 7, en este parámetro se aprecia una pequeña brecha entre ambos elementos, lo que nos indica que la empresa puede tener dificultades para cubrir sus costos fijos y financieros si la producción declina lo que la coloca en un latente riesgo financiero. En la actualidad, existe una divergencia entre la producción facturada y los pagos recibidos por parte del cliente, lo que hace que el proyecto no sea sostenible financieramente.

Al evaluar la *sostenibilidad operativa*, en primera instancia se abordó la capacidad de los componentes de proveer el servicio previsto. Se constató que todos los componentes funcionan, pero que hay algunos de éstos que no están brindando completamente el servicio que deberían e impidiendo el aprovechamiento al máximo de los recursos hídricos disponibles. Lo antes expuesto se refleja en la tabla 8. Adicionalmente, se pone en duda el adecuado diseño de la planta hidroeléctrica ya que se aprecian deficiencias en el funcionamiento global. Otro factor analizado en el contexto de la sostenibilidad operativa fue la comparación entre la operación prevista y la realmente producida. Para evaluar este parámetro se utilizó como referencia la producción de energía neta, los valores obtenidos están reflejados en la tabla 9, en dicha tabla se . una eficiencia igual a 0.70, lo que resulta con un grado de eficiencia catalogado

como ineficiente según Montero et al. (2013), ya que únicamente se ha producido el 70% de lo previsto. Este porcentaje de producción se vio afectado tanto por deficiencias en el diseño de la planta, que como se ha mencionado, no permiten el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, como por problemas de fábrica de una de las turbinas instaladas. Otro punto considerado pertinente valorar para confirmar la sostenibilidad operativa del proyecto, fue el análisis de los planes de mantenimiento existentes. En la tabla 10 se ve reflejado que existe y se considera efectivo el plan de mantenimiento proporcionado para el equipo electromecánico instalado, como ser las turbinas, generadores y grúa viajera. Sin embargo, se carece de un plan de mantenimiento de obras civiles y actualmente el personal operativo está trabajando en la elaboración de uno y por ahora se está efectuando un mantenimiento correctivo más que preventivo en ciertas situaciones. Para terminar la evaluación de la sostenibilidad operativa, se analizó la calidad del proceso de transferencia del proyecto hacia el usuario final y la capacitación proporcionada al personal operativo. Bajo este criterio, según la tabla 11, se visualiza de forma general una buena transferencia y capacitación del personal, quedando únicamente calificado como forma regular el manual de operación de los componentes que no son electromecánicos. En base a todo lo anterior, se puede concluir que la PH es actualmente sostenible operativamente hablando, sin embargo, es necesario ajustar unos de sus componentes y elaborar formalmente el manual de mantenimiento de las obras civiles para garantizar su operatividad a largo plazo.

El último aspecto evaluado en el criterio de sostenibilidad, fue el de riesgos orientado hacia conflictos socioambientales. Este aspecto es de suma importancia porque un mal manejo del mismo, puede conllevar al cierre temporal o permanente de un proyecto de ésta índole. Según lo plasmado en la tabla 12 en la parte social, se aprecia de forma general que ha existido acercamiento con la población y que ésta ha demostrado la aceptación del proyecto, sin embargo, siempre existen situaciones puntuales de inconformidad. Es importante que la empresa cumpla con los compromisos contraídos con la población para evitar confrontaciones. En el aspecto ambiental, se está cumpliendo con la cuota de caudal ecológico y demás labores exigidas por la entidad reguladora del ambiente y únicamente es necesario que la empresa valide la necesidad de la realización del monitoreo de la calidad del agua y del inventario de fauna acuática del río, lo cual parece sensato realizar para confirmar que no se esté efectuando un impacto negativo en el afluente. En base a lo anterior, se puede concluir que actualmente no existen riesgos socioambientales que comprometan la operación de la planta.

Los problemas de sostenibilidad identificados mediante el análisis de la documentación entregada y las entrevistas realizadas al personal clave se enlistan a continuación:

- Desfase de facturación. La realización de la facturación hacia el cliente se ve diferenciada con respecto a la producción. Es recomendable minimizar la brecha entre la lectura de los instrumentos de medición y la emisión de la factura para reducir el impacto financiero. Intentar cumplir la cláusula décima séptima de registro, facturación y pago del contrato.
- Ausencia de manual de mantenimiento de obras civiles. Con el propósito de prolongar la vida útil del proyecto y asegurar la recuperación la inversión, es necesario contar un manual que indique las acciones que deben ejecutarse de forma ordenada, planificada y de forma permanente y que además indique la periodicidad en que dichas tareas deban ejecutarse.
- Deficiencias en el diseño global de planta hidroeléctrica. De forma general, se aprecia que la planta cuenta con deficiencias que no permiten el pleno aprovechamiento de los recursos hídricos de la zona y se ve la necesidad de realizar ajustes a los componentes construidos para maximizar el uso de caudal identificado en la zona.
- En el aspecto socioambiental se aprecia una carencia de estrategias de solución de conflictos.

Con respecto a los conflictos sociales, Gamboa y Cueto (2012), identifican en su Policy Paper titulado “Hidroeléctricas y conflictos sociales: recomendaciones para una mejor gestión ambiental”, las siguientes causas directas para la generación de conflictos sociales: el no comunicar previa y oportunamente la realización del proyecto hidroeléctrico, baja calidad de los Estudios de Impacto Ambiental, desconfianza entre la población local y el operador/concesionario del proyecto hidroeléctrico, ausencia de estrategias de solución de conflictos y manejo preventivo de los mismos, falta de consulta previa, libre e informada a los pueblos indígenas afectados, etc.

Lecciones aprendidas: En base a los hallazgos antes expuestos, a continuación, se enlistan las lecciones aprendidas consideradas como las más importantes del proyecto en estudio:

- 1) Mejorar la calidad de los estudios de preinversión. Es imperante que las tomas de decisiones se efectúen sustentadas de documentos confiables, es por ello que es necesario destinar una mayor cantidad de recursos económicos y destinar el tiempo suficiente para realizar los estudios necesarios que demuestren de forma fehaciente las ventajas y desventajas presentes en el proyecto evaluado.
- 2) Realización de un expediente técnico. Una vez aprobado un proyecto mediante un estudio de factibilidad preciso, es imperante destinar el tiempo requerido para la elaboración de un expediente técnico completo que involucre los siguientes aspectos: memoria descriptiva, estudios y diseños finales, planos definitivos, especificaciones técnicas que regirán el proyecto, especificaciones de calidad, cuantificación de cantidades de obra, elaboración de presupuesto base con una precisión que se encuentre entre un rango de  $\pm 5$  a  $\pm 10$  del monto previsto, fichas de costo o análisis de precios unitarios o costos directos, análisis de gastos generales y utilidad o costos indirectos, un cronograma base. Es sumamente recomendable que el personal que efectúe las actividades anteriores sea parte del personal que ejecutará ya que tendrá un conocimiento pleno del proyecto desde su concepción.
- 3) Asesorarse con empresas o personal con experiencia comprobada cuando se incursiona en un mercado desconocido. La experiencia es un valor agregado que debe ser tomado en consideración al momento de emprender un proyecto y más cuando es la primera vez que se pretende desarrollar un proyecto que se encuentra fuera del mercado en el cual se ha trabajado previamente. Usualmente, empresas con experiencia ya poseen y conocen los procedimientos, formatos, lineamientos necesarios para encauzar, en la medida de lo posible, situaciones que pueden estar fuera de control.
- 4) Realizar una dirección del proyecto efectiva. Una dirección de proyectos efectiva permite desarrollar plan de dirección de proyectos que integre eficazmente los siguientes aspectos:
  - *Alcance*, establecer todos los trabajos que son necesarios realizar para culminar el proyecto con éxito y definir una línea base de alcance para validar que se van cumpliendo con los entregables definidos;
  - *Tiempo*, establecer una línea base de tiempo de ejecución para monitorear y controlar durante la ejecución de obra;
  - *Costos*, establecer una línea base de costos para monitorear y controlar durante la ejecución de obra;
  - *Calidad*, establecer los estándares de calidad requeridos para el proyecto a ejecutar, realizar el aseguramiento de calidad y controlar la calidad;
  - *Recursos humanos*, identificar el personal necesario para la realización de un proyecto y cuándo se requiere dicho personal. Además, definir las habilidades y competencias que dicho personal debe poseer. Posteriormente, adquirir el personal

requerido, mejorar sus competencias, evaluar, retroalimentar y efectuar resolución de conflictos.

- *Comunicación*, definir como se realizarán las comunicaciones con los diferentes interesados y validar que la comunicación sea eficaz;
  - *Riesgos*, realización de un estudio preliminar de los posibles riesgos que se pudiesen presentar, definir su probabilidad de ocurrencia, establecer el impacto que generaría al presentarse y definir si dicho riesgo se asume, se elimina o se traslada;
  - *Adquisiciones*, establecimiento de procesos de adquisición de materiales como de contratación de servicios, en dichos procedimientos se deben definir las especificaciones de los materiales, calidad mínima requerida, evaluación del proveedor en cuanto a cumplimiento de contratos y finalmente definir los criterios de selección, ya sea en base a calidad o precio;
  - *Interesados del proyecto*, es necesaria la identificación de los interesados, ya sean patrocinadores, usuarios, personas afectadas, clientes, etc., para establecer estrategias para lograr una participación eficaz de ellos.
- 5) Realización de base de datos de contratistas y empresas proveedoras de servicios profesionales. Es recomendable iniciar la realización de una base de datos de contratistas, consultores y empresas que provean servicios profesionales tanto de estudios hidrológicos, geológicos, geotécnicos, topográficos, diseños estructurales, etc. Además, registrar su experiencia, referencias para validar su desempeño en trabajos anteriores, contactos y cualquier otra información que se considere relevante.
- 6) Elaboración de un repositorio digital. Es importante y conveniente que la empresa posea una plataforma digital o carpetas digitales compartidas. Dichas carpetas proporcionan el acceso a los diversos recursos de información técnica, lecciones aprendidas o información relevante a ser tomada en cuenta por el personal clave para el desempeño de sus funciones, o bien, para que el mismo personal agregue paulatinamente la información que genere, de modo que ésta se encuentre al alcance de los otros compañeros de trabajo y forme parte del capital intangible de la empresa. Se pueden realizar las restricciones de acceso consideradas pertinentes.
- 7) Validación de modelación hidrológica. La obra fue aprobada mediante el uso de una modelación hidrológica debido a la carencia de datos propios del sitio. Dado que la planta hidroeléctrica está en funcionamiento, se considera como una buena práctica, la comparación de los datos reales observados versus los modelados para, en primer lugar, certificar el grado de confiabilidad de dicha modelación base y confirmar simultáneamente si las producciones previstas en el estudio de factibilidad se alcanzarán y, en segundo lugar, estudiar adecuadamente la zona para evaluar si la misma ofrece nuevas oportunidades de negocio.
- 8) Realización de bechmarking. Con el objetivo de asegurar la sostenibilidad y vida útil del proyecto, se propone la realización de una evaluación y análisis de los procesos (por ejemplo, de operación y mantenimiento), productos y/o servicios de compañías o empresas de amplia experiencia en la generación de energía hidroeléctrica y que evidencien “buenas prácticas”. El propósito es comparar los procesos de la empresa de referencia o benchmark, con los procesos que actualmente se ejecutan y confirmar si hay oportunidades de mejora e implementar los cambios considerados adecuados. Se sugiere poner principal atención en prácticas de operación y mantenimiento, capacitación de personal y riesgos socioambientales. Lo que se pretende es aprender de la experiencia de los demás para mejorar el desempeño propio.
- 9) Elaboración de un análisis de riesgo socioambiental. Es importante el análisis detallado de los posibles riesgos, tanto favorables como adversos, para establecer planes de acción ante ellos y evitar la materialización de los negativos y potenciar los de impacto positivo.

El objetivo general de la presente investigación es el de analizar las causas que generaron desvíos considerables en los costos, tiempos de ejecución del proyecto y la incertidumbre de obtener la producción de energía esperada una vez puesta en operación la represa hidroeléctrica. En base a lo anterior se puede concluir que:

- Se considera que la investigación ha logrado su propósito principal al identificar mediante el uso de la evaluación a culminación, la cual es la primera de las evaluaciones estipuladas dentro de la metodología ex post, que: la imprecisión de estudios técnicos utilizados para el diseño del proyecto, la falta de un estudio definitivo o expediente técnico antes de iniciar el proyecto, la carencia de un plan de dirección de proyecto efectivo, la planificación y dirección inicial del proyecto por personal con experiencia limitada, han sido el origen de las principales causas de los desfases de tiempo y costos suscitados.
- Ha sido posible confirmar que la represa posee debilidades en su diseño, que no le permiten efectuar el completo aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles y obtener la producción de energía esperada. Se hace necesaria la realización de ajustes en ciertos componentes para lograr maximizar su uso.
- Es necesario realizar una evaluación de seguimiento ex post dentro de un año, para verificar la sostenibilidad del proyecto. Dicha sostenibilidad será evaluada en función de la operación y mantenimiento.
- Es importante insistir en la necesidad de documentar las lecciones aprendidas y proceder de inmediato a su diseminación para aplicarlas al proyecto en estudio y a los futuros proyectos a ejecutar.

Para cerrar este inciso, se proponen algunas recomendaciones a futuro.

- Continuar con la siguiente etapa de la evaluación Ex Post, es decir el seguimiento ex post, para validar la sostenibilidad orientada a la operación y mantenimiento dentro de un año.
- Revisión del diseño global de la represa, por personal o empresas que posean las competencias adecuadas, para identificar los ajustes necesarios a realizar para sacar el mayor provecho posible.
- Una vez efectuada la revisión de diseño, invertir en una planificación adecuada para la ejecución del mismo, estableciendo desde un inicio líneas base de comparación tanto de alcance, de presupuesto como de programación de obra.
- Evaluar el funcionamiento del desarenador construido en la cámara de carga ya que no se aprecia que trabaje de forma efectiva.
- Continuar con la recopilación de las lecciones aprendidas y difundir las mismas al personal de la empresa para que sean tomadas en cuenta en la planificación y ejecución de futuros proyectos.
- Identificar en equipo, los riesgos que asechan al proyecto, pudiendo ser estos de impacto positivo o negativo, de modo de establecer planes de acción para maximizarlos o minimizarlos o bien eliminarlos respectivamente.
- Para disminuir el riesgo financiero del proyecto durante su etapa de operación, debe existir una adecuada coordinación entre el equipo de operación y el administrativo para que las facturaciones y cobros no se retrasen, dado que se aprecia una holgura inexistente entre lo facturado y los costos y gastos operativos, de mantenimiento, administrativos y financieros.

- Para asegurar que no se efectúen interrupciones de operación por motivos socioambientales, tener presente las Medidas de Compensación contraídos con la comunidad aledaña plasmados en el Diagnóstico Ambiental Cualitativo (DAC) 2007 y los deberes adquiridos en Informe de Cumplimiento de Medidas Ambientales (ICMA), 2018, y validar la necesidad de la realización de las medidas de control ambiental número 53 y 55 de dicho informe.
- Analizar la viabilidad de realizar un mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de la tubería metálica mediante el uso de revestimientos que protejan la tubería tanto externa como internamente de la oxidación y corrosión.

### Referencias

- Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it's time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17(6), 337-342. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786398000696>
- Aziz, E. E. (2015). *Project closing: the small process group with big impact*. Paper presented at PMI® Global Congress 2015—EMEA, London, England. Project Management Institute.
- Condori, V. (2016). *Evaluación ex post del proyecto “Mejorando la calidad de vida de la familia desde la cocina en el municipio de La Asunta del departamento de La Paz”*. [Trabajo de maestría, Universidad de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/6564>
- Cruz, J. (2003). *Metodología a seguir para la planificación de un proyecto hidroeléctrico antes de su implementación* [Trabajo de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2319\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2319_C.pdf)
- Endesa Fundación (s.f.). *Central hidroeléctrica*. <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-hidroelectrica>
- Gamboa, C. y Cueto, V., (2012). *Hidroeléctricas y conflictos sociales: Recomendaciones para una mejor gestión ambiental*. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/09004.pdf>
- International Project Management Association. (2016). *Individual competence baseline for project, programme and portfolio management*. IPMA.
- Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social. (1993). *Propuesta metodológica para la evaluación ex post y el informe de término de los proyectos de inversión*. Santiago, Chile. LC/IP/L.84
- Kerzner, H. (2009). *Project management: a systems approach to planning, scheduling and controlling*. Wiley & Sons.
- Klastorin T. (2005). *Administración de proyectos*. Alfaomega.
- Martínez, A. (septiembre, 2015). *¿Qué es una represa hidroeléctrica?* Prezi. <https://prezi.com/lsumjcxmdlmi/que-es-una-represa-hidroelectrica/>



- Medianero, D. (2010). Metodología de evaluación ex post. *Pensamiento Crítico*, 13,71-90. <https://doi.org/10.15381/pc.v13i0.9001>
- Ministerio de Economía y Finanzas, Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA. (2012). *Pautas Generales para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública*. JICA y MEF
- Montero, J. Díaz, C., Guevara, F., Cepeda, A. y Barrera, J. (2013). *Modelo para medición de eficiencia real de producción y administración integrada de información en planta de beneficio*. Centro de Investigación en Palma de Aceite-Cenipalma.
- Motoa, G. (2015). *Medición del éxito en los proyectos, una revisión de la literatura*. *Ingenium*, 9(25), 11-25. [https://www.researchgate.net/publication/308084179\\_Medicion\\_del\\_exito\\_en\\_los\\_proyectos\\_una\\_revision\\_de\\_la\\_literatura](https://www.researchgate.net/publication/308084179_Medicion_del_exito_en_los_proyectos_una_revision_de_la_literatura)
- Pinto, J. & Mantel, S. (1990). *The causes of project failure*. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 37(4), 269-276.
- Pinto, J.K. & Slevin, D.P. (1988). Critical success factors across the project life cycle. *Project Management Journal*, 19(3), 67-75.
- Pinto, J.K. & Slevin, D.P. (1988). Project success: Definitions and measurement techniques. *Project Management Journal*, 19(1), 67-72.
- Real Academia de la Lengua Española (s.f.). *Plan*. <https://dle.rae.es/plan>
- Ríos, L. & Medina, C. (2020). *Evaluación ex post de proyectos de infraestructura público-privada: Caso aplicado a dos proyectos en la Compañía ABC*. [Trabajo de Maestría, Universidad EAFIT]. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/17545>
- Ríos, L y Medina, O. (2020). *Evaluación Ex Post de proyectos de infraestructura público-privada: Caso aplicado a dos proyectos en la compañía ABC* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/17545>
- Ruíz, M. (2005). *Determinación del éxito del proyecto. Estudio de caso práctico*. [Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/54584?show=full>
- Saenz, A. (2012). *El éxito de la gestión de proyectos, un nuevo enfoque entre lo tradicional y lo dinámico* [Tesis doctoral, ESADE]. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/117483#page=5>
- Shenar, A., Levy, O. & Dvir, D. (1997). Mapping the dimensions of project success. *Project Management Journal*, 28(2), 5-13. <https://reinventingprojectmanagement.com/material/other/7.%20Mapping%20dimensions%20of%20projects%20success%20PMJ%201997.pdf>
- Shenhar, A. & Dvir, D. (2007). Project management research, the challenge and opportunity. *Project Management Journal*, 38(2), 93-99.
- Shenhar, A., Levy, O. & Dvir, D. (1997). *Mapping the dimensions of project success*. *Project Management Journal*, 28(2), 5-13.
- Thomas, G. & Fernández, W. (2008). Success in IT projects: A matter of definition? *International Journal of Project Management*, 26(7), 733-742.
- Turner, J.R. (2009). *The handbook of project-based management: leading strategic change in organizations*. McGraw-Hill.

- Villacís, A. (2008). *Establecimiento de una metodología de evaluación ex post del impacto financiero en empresas agroindustriales beneficiarias del proyecto MCA –Honduras*. [Trabajo de grado, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/136/1/AGN-2008-T029.pdf>
- Yaguno, K. (2017). *Evaluación ex post a nivel de culminación de proyecto de riego tecnificado San José, provincia Azángaro – Puno* [Trabajo de grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú]. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5816/Yaguno\\_Yucra\\_Kevin\\_Gregorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5816/Yaguno_Yucra_Kevin_Gregorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**Fecha de recepción:** 10/01/2022

**Fecha de revisión:** 10/05/2022

**Fecha de aceptación:** 23/08/2022