

"DISEÑO ESTRATEGICO DE PROYECTOS ELECTRICOS Y SU IMPACTO AMBIENTAL "

Autor/es: **Walter Enrique López Alvarez - Ingeniero Industrial**

Empresa o Entidad: **Empresa de Transmisión Eléctrica del Sur S.A.**

Cargo: **Jefe Oficina de Planificación y Control de Gestión**

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Proyectos para Concesión Definitiva en Transmisión

El objetivo de todo proyecto de transmisión de energía eléctrica en un sistema principal deberá traducirse en un aumento de la confiabilidad del sistema eléctrico del país, encuadrados en criterios determinísticos y probabilísticos previamente establecidos, cuantificando en términos del costo de racionamiento y/o en una real disminución del costo de la potencia y energía eléctrica para los abonados al servicio interconectado.

Esto deberá materializarse en:

- ✍ Aumentar la competencia entre los generadores y por lo tanto la oferta de energía eléctrica en cada barra de retiro.
- ✍ Eliminar las limitaciones al despacho de generación óptima por: restricciones técnicas en la transmisión y mantener calidad de servicio evitando el despacho de plantas ineficientes.
- ✍ Cumplimiento de los estándares de calidad del servicio eléctrico en función de metas referidas a: Continuidad, Confiabilidad, pérdidas y Fluctuaciones de Tensión.

1.2. Proyectos de Generación que despachen en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)

Para proyectos de generación hidráulica cuya potencia instalada sea igual o mayor a 10 MW hidráulicos y por lo tanto requiera la obtención de una concesión definitiva de generación, bs parámetros de evaluación deberán ser eminentemente económicos.

El mercado de generación de energía eléctrica es abierto, permitiendo una activa participación de inversionistas privados y una competencia abierta en términos de costos de potencia y energía.

Las limitaciones para proyectos de generación hidráulica son:

- ✍ El costo por KW instalado incluyendo Líneas de Transmisión y Subestaciones hasta su interconexión física con el SIN es de US\$ 1,200.
- ✍ El costo de la energía generada durante el período de pago del servicio de la deuda, en comparación con la tarifa vigente no deberá exceder a 0.022 US\$/Kw-h.
- ✍ La Tasa Interna de Retorno no deberá ser menor del 12% que fija la Ley de Concesiones Eléctricas.

1.3. Proyectos de Ampliación de Frontera Eléctrica con incorporación de beneficiarios al SIN.

Los objetivos principales de estos proyectos son:

- ✍ Reducir el costo de la energía a los abonados del servicio.

- ✍ Mejorar la oferta energética con un servicio de 24 horas al día.
- ✍ Aumentar la confiabilidad de los servicios públicos de electricidad.

El entorno de estos proyectos deberá encuadrarse en lo siguiente:

- ✍ Ejecutarse en zonas que cuenten previamente con servicios de energía eléctrica que permita cuantificar el beneficio y la rentabilidad económica y social del proyecto.
- ✍ No incluir proyectos de generación eléctrica ya que al estar interconectado la barra de llegada cuenta con un precio de mercado por la energía susceptible a ser generada, convirtiéndose la decisión de inversión en generación.

1.4. Proyectos de Ampliación de Frontera Eléctrica en Sistemas Aislados con Proyectos de Generación Propia o Existente

Esta familia de proyectos corresponden a los de interés social, en los que los objetivos específicos deben dirigirse a:

- ✍ Ampliar la cobertura de servicio eléctrico en el país.
- ✍ Mejorar la calidad de vida de la población.
- ✍ Propiciar el desarrollo económico sostenible mediante un servicio eléctrico de preferencia con 24 horas de operación.

2. CRITERIOS DE EVALUACION BÁSICOS

- ✍ La evaluación de los proyectos, requiere un cuidado especial, para evitar la sobre inversión y la excesiva capacidad ociosa de las obras, con lo cual, criterios de montos máximos de inversión, tecnología adecuada, modalidad de gestión a ser implementada, constituyen elementos importantes a ser definidos y establecidos en forma previa a una deficiente inversión.
- ✍ Criterios económicos mínimos, que deben ser satisfechos con estos proyectos, tratando que asuman los costos de administración, operación y mantenimiento, mas una retribución adecuada.

3. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACION DE PROYECTOS

Las consideraciones especiales a ser tomadas en cuenta son:

- ✍ Procedimientos de aprobación de proyectos y responsabilidades.
- ✍ Tecnología de productos, procesos y especificaciones técnicas.
- ✍ Modalidades de contratación y riesgos del proyecto.
- ✍ Estructura de administración, operación y mantenimiento para los proyectos ejecutados.

4. ESTUDIOS DE MERCADO

4.1. Servicios de Energía

4.1.1. Transmisión

En un mercado libre los agentes del servicio de electricidad tienen el derecho para inyectar y retirar potencia y energía, libremente en condiciones de calidad establecidas por Ley y por el pago de una tarifa regulada. Por su parte los operadores de los activos de transmisión tienen el derecho y la responsabilidad de mantener en condiciones operativas todos los activos de

transmisión con las limitaciones que la Ley los faculta.

El transmisor en su calidad de agente pasivo, solo debería intervenir en la operación del sistema de transmisión bajo órdenes expresas del COES y/o como resultado de la operación de los elementos de seccionamiento comandados por el sistema de protección, por tanto el sistema de transmisión deberá cumplir con las metas de calidad de servicio, idealmente en forma automática, sin la intervención de los operadores del sistema y con la mínima cantidad de restricciones para el transporte de la potencia y la energía.

4.1.2. Distribución

El servicio de distribución es un monopolio natural, la energía que es recibida a través del sistema de transmisión hacia los abonados del servicio de electricidad, cobrando sobre el costo de la energía adquirida de los generadores al precio de una barra en retiro, un cargo de comercialización que corresponde al Valor Agregado de Distribución (VAD).

Consecuentemente, es esencialmente un negocio comercial, donde la red de distribución es un medio para la comercialización de la energía y potencia.

4.1.3. Generación

Los generadores de energía eléctrica la producen al instante que la demanda el mercado, a los precios que son establecidos en ese instante por el último productor que ha entrado en el mercado.

En los sistemas interconectados, los generadores de energía compiten en un mercado de competencia casi perfecta, cuando se respetan los límites de la integración horizontal del mercado de generación.

Las tarifas de energía están fijadas por el costo variable marginal del último generador que entra a despachar en el mercado.

4.2. Análisis de la Oferta de Energía y los competidores

Para el análisis de la oferta de energía eléctrica y su competencia, es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos propios del sector eléctrico peruano:

- ✍ Solo existe competencia en la generación de energía. La transmisión y distribución se constituyen en monopolios naturales.
- ✍ La competencia entre generadores solo se da entre los que usan una misma tecnología, eliminando las tecnologías mas ineficientes.
- ✍ El orden de preminencia para el despacho óptimo es:
 - Generadores térmicos a Diesel N° 2
 - Generadores térmicos a petróleo residual
 - Generadores térmicos a gas
 - Generadores hidráulicos
- ✍ Los generadores hidráulicos nunca desaparecen. Los accionistas ordinarios pierden parte de la inversión hasta que la planta es nuevamente competitiva. Las plantas hidráulicas se reciclan indefinidamente.

4.3. Estrategias para éxitos del Proyecto

4.3.1. Proyectos de Transmisión

- ✍ Obtener calificación de Sistema Principal con VNR a valor de mercado
- ✍ Anualidad correspondiente al 12% de VNR y 3% por O y M.
- ✍ Cumplir con metas de calidad del servicio
- ✍ Participación de OO.CC. 20% de Inversión Total
- ✍ TIR > 12 %

4.3.2. Proyectos de Generación Hidráulica

- ✍ Inversión < 1200US\$/KW
- ✍ Factor de utilización > 65%
- ✍ Período de construcción máx. 3 años
- ✍ Mercado: 50% clientes libres y 50% distribuidores
- ✍ Tarifa > 0.018 US\$/Kwh
- ✍ Participación de OO.CC. 70% de Inversión Total
- ✍ TIR > 12 %

4.3.3. Proyectos de Generación Térmica (Diesel y Gas)

- ✍ Inversión < 300 US\$/KW
- ✍ Factor de despacho > 35%
- ✍ Venta de mercado spot
- ✍ Costo de Gas < 200 MBTU
- ✍ Tarifa > 0.022 US\$/Kwh
- ✍ Participación OO.CC. 15% de Inversión Total
- ✍ TIR > 12%

4.3.4. Proyectos de Ampliación de Frontera Eléctrica

- ✍ Inversión dentro de costos razonables
- ✍ Cubrir los costos de O y M
- ✍ Períodos de ejecución cortos
- ✍ Tarifas fijadas por CTE
- ✍ TIR > 12%

5. ESTUDIOS TECNICOS

5.1. Ingeniería Básica: Alternativas de Solución

5.1.1. Proyectos de Transmisión

- ✍ Diseños de Ruta
- ✍ Niveles de Tensión y Potencia a transmitirse
- ✍ Tipo de Torre
- ✍ Número de Circuitos
- ✍ Tecnología a utilizarse

5.1.2. Proyectos de Generación con Concesión

- ✍ Transportar energía en vez de producir
- ✍ Ubicación del Proyecto
- ✍ Potencia a generarse
- ✍ Combustible a utilizar
- ✍ Tecnología

5.1.3. Proyectos de Ampliación de Frontera Eléctrica

- ✍ Generar en vez de producir
- ✍ Ampliar generación propia
- ✍ Diseños de Ruta
- ✍ Niveles de Tensión y Potencia a transmitir
- ✍ Tecnología de generación
- ✍ Cubrir horas punta

5.2. Tamaño de Proyectos: Criterios de Selección

5.2.1. Proyectos de Transmisión

- ✍ Compatibilidad de sistema
- ✍ Potencias máximas a transmitirse y tiempos de duración
- ✍ Pérdidas máximas
- ✍ Cumplimiento de normas de continuidad y confiabilidad
- ✍ Cumplimiento de normas de calidad de servicio

5.2.2. Proyectos de Generación

- ✍ Tamaño de mercado
- ✍ Potencia consistente con crecimiento de mercado anual
- ✍ Hidrología disponible
- ✍ Tecnología utilizada

5.2.3. Proyectos de Ampliación de Frontera Eléctrica

- ✍ Tamaño de mercado
- ✍ Tecnología utilizada
- ✍ Diagrama de carga típico
- ✍ Crecimiento del mercado
- ✍ Confiabilidad y continuidad

5.3. Tecnología: Criterios de Selección

- ✍ Evaluación de recursos y variables críticas
 - Fuente primaria de energía
 - Hidrología
 - Geología
 - Mercado
 - Diagrama de carga
 - Vida útil del proyecto
 - Eficiencias esperadas
 - Recursos humanos disponibles

- ✍ Limitaciones técnicas de las tecnologías disponibles
- ✍ Riesgos de construcción y operación con las tecnologías disponibles
- ✍ Condicionantes a las tecnologías disponibles
 - Económico Financiero. Costo del proyecto
 - Legales
 - Ambientales: Daños ecológicos
- ✍ Aspectos técnicos
 - Disponibilidad del recurso crítico
 - Vías de acceso al mercado
 - Grado de certeza de variables críticas
 - Experiencias previas en la zona del proyecto
 - Localización del mercado

5.4. Obras Civiles: Estudios Básicos y Replanteo Topográfico

- ✍ Obras de infraestructura y servicios generales ejecutarlos antes de la iniciación del Proyecto
- ✍ Obras de facilitación de trabajos (varios frentes) y accesos, definirlos en la programación de obra.
- ✍ Obras de mitigación de impacto ambiental, efectuarlas durante la ejecución del proyecto
- ✍ El diseño de las obras debe ser modificado por las condiciones geológicas y geotécnicas encontradas
- ✍ La disminución lineal del riesgo tiene una correlación con el crecimiento exponencial de los costos de mitigación del riesgo.
- ✍ Ejecutar la topografía y monumentación de hitos de obras civiles
- ✍ Materiales agregados y canteras: definir su localización, calidad de agregados y agua, preparación de mezclas.
- ✍ Riesgos razonables deben ser transferidos del contratante al constructor.

5.5. Vida Útil de los Proyectos y de los equipos

- ✍ La vida de los proyectos energéticos tiene una correlación directa con la vida útil de los equipos, obras e instalaciones, que se perpetúa con proyectos de rehabilitación y modernización.
- ✍ La vida del proyecto está ligada a la calidad de operación y mantenimiento que depende de la salud financiera de la empresa.
- ✍ La vida del proyecto o parte del proyecto tiene que ver con el desarrollo tecnológico y el ciclo tecnológico del producto ó proceso.
- ✍ Se espera que la vida útil de los proyectos energéticos será:
 - Líneas de transmisión 50 años
 - Subestaciones 25 años
 - Centrales Hidráulica 50 años
 - Sistemas de Iluminación 5 años

5.6. Planes y Presupuestos de Inversión

El nivel de detalle de los presupuestos de inversión tienen que ver con el objetivo específico que se busque, por ello es necesario respetar cuando menos los siguientes niveles:

- ✍ Perfil de un proyecto: Orden de magnitud
- ✍ Prefactibilidad: A nivel de partidas genéricas

- ✍ Factibilidad: A nivel de detalle de partidas genéricas y equipos constitutivos
- ✍ Presupuestación y control de avance durante la ejecución: idem
- ✍ Control de costos de ejecución: A nivel de detalle de componentes de un equipo
- ✍ Contabilidad de costos: A nivel de detalle de cada elemento individual de un componente.

Los planes están constituidos por:

- ✍ Plan de operación: Lo conforman los programas de administración, operación y mantenimiento
- ✍ Plan de producción: La energía eléctrica se debe producir en el momento que se consume, con lo cual solo es aplicable el concepto de plan de producción a la generación y esta se hace en función de maximizar el ingreso por venta de energía.
- ✍ Presupuesto de Ingresos: Para proyectos de transmisión principal, una anualidad fija correspondiente al VNR y por OM el % del VNR establecido por la CTE.

Para proyectos de distribución, tarifas establecidas por la CTE por consumos de energía y potencia, siendo para clientes domiciliarios casi fijos, multiplicados por la eficiencia de recaudación del distribuidor.

Para proyectos de generación aislados, tarifas establecidas por la CTE por la energía producida, que en zonas rurales es constante.

5.7. Ingresos y Tarifas

Los ingresos de generación dependen de las tarifas que son función de:

- ✍ Potencia a firme: pagos de potencia
- ✍ Frecuencia de despacho de la CH que es función del costo variable de la energía a ser producida
- ✍ Capacidad de reserva de potencia de generación en el Sistema Interconectado
- ✍ La hidrología anual

Los estudios de tarifas reales se basan en:

- ✍ Proyecciones de incremento de demanda en función al crecimiento del PBI
- ✍ Capacidad de reserva de potencia en función al ingreso de nuevos proyectos de generación
- ✍ Pronóstico de hidrología

5.8. Operación del Proyecto: Condiciones Básicas

Las actividades básicas son: Administración (Financieras y Comerciales) y Operación

La responsabilidad de ejecución del mantenimiento puede ser a través directa del propietario o por terceros.

Los objetivos de la AOM es administrar operar y mantener el proyecto sobre un margen establecido mínimo de eficiencia operativa, con cumplimiento obligatorio de metas de calidad operativas.

6. EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES ELECTRICAS

6.1. Marco Conceptual

El Reglamento de Protección Ambiental de las Actividades Eléctricas (Decreto Supremo N° 29-94-EM) norma la interrelación de las actividades eléctricas de generación, transmisión y distribución, con el medio ambiente, bajo el concepto de desarrollo sostenible. Plantea que los Proyectos Eléctricos incluyan en ellos las inversiones y acciones necesarias para prevenir, controlar y/o mitigar los impactos ambientales y mejorar la calidad ambiental.

Es preciso identificar, en las etapas de planificación, diseño, construcción y operación de los proyectos eléctricos, el tipo y magnitud de los problemas ambientales potenciales posibles de presentarse; y, establecer las medidas preventivas y/o correctivas necesarias a ser incorporadas en el Proyecto.

6.2. Descripción de los Impactos Ambientales Potenciales

6.2.1. En el Ambiente Físico

a. Fisiografía

Las modificaciones resultantes de la alteración directa a la superficie, se aprecian a continuación según el tipo de proyecto:

LINEAS DE TRANSMISIÓN

- ✍ Los impactos ambientales se producen por la construcción, operación y mantenimiento de las mismas, por el desbroce de la vegetación de los emplazamientos y los derechos de vía, la construcción de los caminos de acceso, los cimientos de las torres y las estaciones.
- ✍ Cuanto mayor es el voltaje de la línea, se aumenta la magnitud e importancia de los impactos pues, se necesitan estructuras de soporte y derechos de vía, cada vez mas grandes y los efectos del campo electromagnético son muchos mayores para las líneas de 1,000 Kv que para los de 69 Kv.
- ✍ En la etapa de operación los impactos ambientales se presentan por la reparación y mantenimiento de las estructuras, cables, conductores y aisladores de la línea.

PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

- ✍ En la etapa de construcción de la presa, se producen impactos ambientales por el levantamiento de polvos, erosión de suelos, problemas con el material de préstamo y de los desechos; y, por la inundación de la tierra al llenarse el reservorio.
- ✍ Los proyectos con represas de gran envergadura causan cambios ambientales irreversibles, como son las inundaciones de suelos y los cambios en la fisiografía y geomorfología de la zona.
- ✍ Los impactos sobre la superficie terrestre , incluyen los que tienen lugar sobre la geomorfología y el suelo; así como, los cambios de hábitat de las especies de fauna.
- ✍ Los impactos de la construcción son causados por las actividades de preparación del suelo, desbroce, excavación, movimiento de tierra, drenaje, dragado y/o embalse de ríos.
- ✍ La inestabilidad de las laderas y el aumento de las posibilidades de deslizamientos en las presas y canales, depende de los aspectos de Morfología de las laderas de contorno del vaso, Litología, Climatología y Alteración del nivel freático y filtraciones del sitio de la presa.

PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS

- ✍ En la etapa de construcción los impactos son causados por la preparación del área de emplazamiento (desbroce, excavación, movimiento de tierras).

b. Climatología y Ecología

PROYECTOS HIDROELECTRICOS

- ✍ La inundación de la tierra para formar el embalse ejerce impactos sobre el clima, aumento de la humedad y la neblina local, pudiendo crear hábitats favorables para el desarrollo de vectores infecciosos.

c. Calidad del Aire

PROYECTOS DE TRANSMISION ELECTRICA

- ✍ En la etapa de construcción, la producción de polvo y en la etapa de mantenimiento la contaminación causada por la aplicación de herbicidas para erradicar el crecimiento de hierbas.

PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

- ✍ Cambios en los patrones de las corrientes de vientos por efecto de la creación de embalses
- ✍ Levantamiento de polvo atmosférico por el movimiento de tierras de las obras de ingeniería (túneles, canales, presas, desarenador).
- ✍ Creación de microclimas y cambios de humedad en el área de influencia de los embalses

PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS

- ✍ Durante la etapa de construcción se produce la contaminación del aire por el levantamiento de polvos y eliminación de desperdicios.
- ✍ En la etapa de operación , las emisiones atmosféricas (SO₂, NO₂, CO, CO₂) pueden afectar la calidad del aire a nivel local regional.
- ✍ La concentración y dispersión de estas emisiones, a nivel de tierra, son el resultado de una interacción compleja de las características físicas de la chimenea de la planta, las cualidades físicas y químicas de las emisiones, las condiciones meteorológicas en el sitio y otros.
- ✍ Exposición de polvo proveniente de las cenizas y carbón.

d. Impacto Sonoro

PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

- ✍ Niveles altos de ruido emitidos por las turbinas y generadores

PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS

- ✍ Mayor ruido y vibración producido por los equipos generadores

e. Geología

PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

- ✍ Las centrales hidroeléctricas donde se considere la construcción de presas, el riesgo de sismicidad inducido es grande, sobre todo si existen fallas activas o se modifican sustancialmente los niveles freáticos.
- ✍ El estado actual de las tensiones tectónicas, son consecuencia de los procesos geodinámicos del terreno. Para su estudio es necesario medir las tensiones en los afloramientos y buscar detalladamente accidentes tectónicos volcánicos recientes (terciarios y cuaternarios).
- ✍ Debe determinarse la proximidad de fallas: activas o no, extensas, con desplazamientos elevados, tengan una componente horizontal que tienda a abrirse.

f. Suelos

LINEAS DE TRANSMISIÓN

- ✍ En la etapa de construcción la pérdida de suelos se produce por el desbroce de la vegetación y la construcción de caminos de acceso, los cimientos de las torres y de las subestaciones.
- ✍ Pérdida de suelos por la imposición de los derechos de vía.

PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

- ✍ El anegamiento de la zona en el que se instale el vaso, canales y otras obras, supondrá en la mayoría de los casos una pérdida de suelo fértil; que debe valorarse adecuadamente.
- ✍ Contribuyen, a la pérdida de suelo, la construcción de edificaciones auxiliares e infraestructura en general; así como la reposición de vías, construcción de vías de acceso, construcción de carreteras y formación de escombreras.
- ✍ Pérdidas de suelos causados por la erosión. Este proceso es provocado por los movimientos de tierras y la pérdida de la cubierta vegetal protectora de zonas de instalaciones o taludes de nuevas vías.
- ✍ Erosión significativa al entorno de los canales y presas. La posibilidad de que la erosión llegue a alcanzar valores importantes, puede estimarse a partir de la litología de la zona, la pendiente, etc. (intensificación de procesos erosivos debido al movimiento de tierras y pérdida de cubierta vegetal).
- ✍ Salinización de los terrenos aluviales.
- ✍ Degradación ecológica del suelo por el aumento de la presión sobre la tierra.

PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS

- ✍ Efecto tóxico de las descargas y derrames de combustible o sustancias químicas sobre el suelo.

g. Recursos Hídricos

LINEAS DE TRANSMISIÓN

- ✍ Las Líneas de Transmisión son principalmente sistemas terrestres y pueden pasar sobre humedales, arroyos, ríos y cerca de las orillas de lagos, bahías; los impactos son evitados si se tienen en cuenta las consideraciones técnicas de diseño.
- ✍ Escurrimiento y sedimentación debido a la construcción de caminos de acceso, los cimientos de las torres, facilidades para subestaciones y alteración de los modelos hidrológicos debido al mantenimiento de caminos.

PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

- ✍ La construcción y operación de la represa y el reservorio constituyen la fuente principal de impactos del proyecto hidroeléctrico, pueden causar impactos irreversibles, en un área geográfica muy extensa.
- ✍ El área de influencia de una represa se extiende desde límites superiores del reservorio hasta zonas costaneras; incluyen el reservorio la represa y la cuenca del río, aguas debajo de la represa.
- ✍ El embalse de agua, la inundación de la tierra para formar el reservorio y la alteración del caudal de agua mas abajo, ejercen impactos directos en los suelos, vegetación, fauna y las tierras silvestres, la pesca, el clima y la población del área.
- ✍ El aumento o descenso del nivel freático como consecuencia del manejo de los recursos hídricos de las cuencas afectadas.
- ✍ El impacto positivo es que la generación hidroeléctrica apoya el desarrollo económico y mejora la calidad de vida en el área servida y mejora las oportunidades de empleo durante la construcción.

7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

- ✍ La reducción de los costos de la energía eléctrica y la transparencia del mercado constituyen el objetivo central de la inversión en proyectos energéticos, lo cual se logra con un eficiente diseño estratégico de proyectos.
- ✍ Los proyectos de inversión en transmisión de energía eléctrica en sistemas principales, busca hacer mas transparente el mercado de la energía, aumentando la competencia entre los generadores y lograr una libre transferencia de potencia y energía en el sistema de transmisión nacional.
- ✍ El mercado de generación de energía eléctrica es competitivo y abierto, con una gran y activa participación de inversionistas privados, con lo cual su única justificación es competir en términos de costos de potencia y energía.
- ✍ La evaluación del impacto ambiental de los proyectos energéticos permite identificar en las etapas de planificación, diseño, construcción y operación el tipo y magnitud de los problemas ambientales potenciales y establecer las medidas preventivas y/o correctivas pertinentes.