

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
(UNI)

FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION  
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA

Mon  
333.91415  
M385  
2013



*Líder en Ciencia y Tecnología*

Tesis Monográfica Titulada:

**“Plantas Hidroeléctricas Estatales”  
“Su Aporte al Desarrollo del País”**

Para Optar al Título de Ingeniero Eléctrico

Autores:

↪ Alejandro José Martínez  
↪ Belén de los Ángeles Escobar Torres

Tutor:

Ing. Ramiro Arcia Lacayo

Enero del 2013

# INDICE

	Páginas
Dedicatoria.....	I
Agradecimiento.....	II
<b>Protocolo.</b>	
Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Justificación.....	5
Objetivos.....	6
Marco Teórico.....	7
Diseño Metodológico.....	12
Cronograma de Actividades.....	13
<b>Capítulo I: Inicio de las Plantas.</b>	
Generalidades.....	14
Origen de la electrificación en Nicaragua.....	15
Construcción de la Planta Hidroeléctrica Centroamérica.....	19
1.1. Estudios Previos a la construcción a la Planta.....	20
1.2. Culminación del Proyecto.....	23
Características Generales de las Plantas Hidroeléctricas Estatales.....	31
Planta Centroamérica.....	31
Principales Equipos Electromecánicos.....	37
Principales Obras Civiles.....	37
Principales obras Civiles Anexas.....	39
Planta Santa Bárbara actualmente conocida como Carlos Fonseca.....	39
Estudios Previos a la construcción de la Planta.....	39
Culminación del Proyecto.....	42
Principales Obras Civiles.....	44
Principales Equipos Electromecánicos.....	46
<b>Capítulo II: Plan de Gestión Ambiental.</b>	
Plan de Gestión Ambiental.....	47
Fundamentos Legales.....	49
Identificación de Impactos.....	51
Plan de Implementación de las Medidas Ambientales.....	51
Plan de Manejo de Materiales Reciclables y Basura.....	52
Manejos de Residuos Sólidos, Combustibles y Sustancias Químicas.....	53
Manejo de Aguas Superficiales y Embalses.....	57
Manejo de la Reforestación.....	58

Señalización.....	60
Gestión Social.....	61
Planes de Contingencia.....	63
Plan de Contingencia Ante Incendio.....	64
Plan de Contingencia ante derrame de Aguas Residuales o cualquier sustancias.....	65
Plan de Contingencia ante accidentes que conllevan Lesiones Corporales.....	66
Plan de Evacuación.....	67
Plan de Monitoreo.....	68

### **Capítulo III: Análisis FODA de las Plantas Hidroeléctricas Estatales.**

3.1 Generalidades.....	71
3.2 Fortalezas de las plantas Centroamérica y Santa Bárbara conocida como Carlós Fonseca.....	74
3.3 Oportunidades de las plantas Centroamérica y Carlos Fonseca.....	81
3.4 Debilidades y Amenazas Externas de las plantas Centroamérica y Carlos Fonseca.....	84
3.5 Debilidades y Amenazas Internas de las plantas Centroamérica y Carlos Fonseca.....	88

### **Capítulo IV: Estado actual de las Plantas Hidroeléctricas Estatales.**

Planta Centroamérica.....	90
1. Descripción y Estado Técnico de las Instalaciones.....	90
2. Planes de Desarrollo a Implementar en los años Futuros.....	93
3. Planta Santa Bárbara Descripción y Estado Técnico de las Instalaciones.....	95

### **Capítulo V: Importancia de la Contribución de las plantas Hidroeléctricas Estatales a la Matriz Energética.**

Análisis Económico.....	103
Registros de Producción de Energía Eléctrica de los últimos 10 años (GWH) Planta Santa Bárbara.....	108
Registros de Producción de Energía Eléctrica de los últimos 10 años (GWH) Planta Centroamérica.....	108
Rendimiento Promedio de una Planta Térmica.....	109
Procedimientos de Cálculos de Fuel Oil por Año.....	110
Planta Santa Bárbara ahora conocida como Carlos Fonseca.....	110
Planta Centroamérica.....	112
Planta Carlos Fonseca.....	114
Planta Centroamérica.....	116
Costo del Barril de Fuel Oil por Año en Córdoba.....	118
Planta Carlos Fonseca.....	119
Planta Centroamérica.....	120

**Conclusiones**..... 123  
**Glosario**..... 125  
**Anexos**..... 129

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo de graduación a Dios, como ser supremo, a mis padres, que son el pilar de mi vida, por su paciencia, cariño y comprensión; a los hombres y mujeres que han colaborado en la información de esta tesis monográfica, a las autoridades de la Universidad de Ingeniería y personal docente que con esfuerzo y dedicación se entregan a la noble misión de la enseñanza, y al resto del personal que con su correcto desempeño contribuyen al aseguramiento de esta alta casa de estudios.*

*Para todos ellos mi respeto, admiración y estima.*

*Belén de los Ángeles Escobar Torres*

# DEDICATORIA

*Alejandro José Martínez*

## AGRADECIMIENTO

*Nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de forma desinteresada nos permitieron la culminación de este trabajo investigativo, en especial al Ing. Ramiro Arcia Lacayo por su paciencia, profesionalismo y alto nivel de exigencia en la formación de nuevos profesionales.*

*Al Ing. Sandino Cooper, funcionario de ENEL, por colaborar con información sobre su experiencia; a los Ingeniero responsables de las Plantas Centroamérica y Carlos Fonseca por colaborar con material bibliográfico; a las personas a cargo de las bibliotecas del Banco Central, Asamblea Nacional, ENATREL, ENEL e Hidrogesa, así como a todas aquellos que nos atendieron para hacer posible la culminación de este trabajo.*

*Alejandro José Martínez  
Belén de los Ángeles Escobar Torres*

## Introducción

La energía hidráulica es aquella que se obtiene del aprovechamiento de la energía cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas. Es un tipo de energía verde cuando su impacto ambiental es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, en caso contrario es considerada sólo una forma de energía renovable.

Nicaragua es un país que posee grandes recursos hídricos los cuales no son aprovechados actualmente en su totalidad debido a que de toda la producción total de Nicaragua apenas el 10% es producido hidroeléctricamente debido a que hay una dependencia de producción de energía a base del petróleo. La producción de energía hidroeléctrica está prácticamente a mano de dos plantas estatales, las cuales son la Planta Centroamérica y la Planta Santa Bárbara.

La planta Centro América se encuentra ubicada en el municipio de Jinotega, esta posee en la actualidad dos embalses, el embalse de Apanas y el embalse de Asturias. Esta planta inicio sus operaciones en el año 1965 con una producción inicial de 25 MW, debido a que al inicio solo comenzó trabajando con una turbina, fue hasta el año siguiente que comenzó a trabajar comercialmente con 2 turbinas produciendo 50 MW.

La planta Santa bárbara se encuentra ubicada en el Valle de Sébaco, esta posee un embalse, el embalse La Virgen. Esta planta comenzó sus operaciones comerciales en el año 1972, al igual que la planta Centroamérica esta planta posee una capacidad de producción de 50 MW, cuenta con dos turbinas, cada una produce 25 MW.

Mediante este trabajo monográfico lo que se pretende es recopilar toda la información posible de toda la historia de ambas plantas.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Es necesario analizar y revisar las Fortalezas, las Oportunidades, las Debilidades y las Amenazas que poseen las Plantas Hidroeléctricas Estatales desde los primeros años de manera tal que sean un punto de apoyo a otros proyectos hidroeléctricos.

En términos generales, ambas plantas representan un factor crucial para el sector eléctrico de Nicaragua en la existencia de la economía a escala en los segmentos de la producción, transmisión y distribución y mediante el presente estudios se determinará su exceso o falta de capacidad para generar energía en su oferta y demanda muy significativa debido a las condiciones meteorológicas y estacionalidad en el consumo nacional.

## Antecedentes

Una planta hidroeléctrica es la que aprovecha la energía hidráulica para producir energía eléctrica. Si se concentran grandes cantidades de agua en un embalse, se obtiene inicialmente, energía potencial, la que por la acción de la gravedad adquiere energía cinética o de movimiento pasa de un nivel superior a otro muy bajo, a través de las obras de conducción (la energía desarrollada por el agua al caer se le conoce como energía hidráulica), por su masa y velocidad, el agua produce un empuje que se aplica a las turbinas, las cuales transforman la energía hidráulica en energía mecánica.

A finales del siglo XIX, la energía hidroeléctrica se convirtió en una fuente para generar electricidad. La primera central hidroeléctrica se construyó en Niagara Falls en 1879. En 1881, las farolas de la ciudad de Niagara Falls funcionaban mediante energía hidroeléctrica. En 1882, la primera central del mundo comenzó a funcionar en Estados Unidos en Appleton, Wisconsin.

Respecto a otros tipos de producción de energía, la generación hidroeléctrica tiene un reducido impacto ambiental por la no emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, en oposición a la combustión del carbón o el petróleo.

Una central hidroeléctrica clásica es un sistema que consiste en tres partes: una central eléctrica en la que se produce electricidad; una presa que puede abrirse y cerrarse para controlar el paso del agua y un depósito en que se puede almacenar agua. En 1951 tuvieron inicio los primeros estudios e investigaciones preliminares para aprovechar recursos hídricos con el fin de producir energía eléctrica en el país.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

El primer estudio fue realizado por el bureau of reclamation. En el mes de julio de 1951 la misma entidad con su informe de reconocimiento indicaba el río Tuma como el recurso más interesante para realizar un aprovechamiento hidroeléctrico.

Debido a esto varias compañías nacionales e internacionales, autorizadas por el ministerio de fomento llevaron a cabo las primeras investigaciones y levantamientos de carácter topográfico, geológico e hidrológico en el área de interés.

El 30 de abril de 1955 fue constituida la Comisión Nacional de Energía (CNE), misma que en este tiempo concentró estudios e investigaciones sobre el aprovechamiento del río Tuma y de las centrales aguas abajo, determinando un sistema de utilización integral llamado T.M.V, es decir Tuma, Matagalpa, Viejo; que son los nombres de los ríos principales aprovechados por el sistema.

Durante los últimos años el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos de Nicaragua ha sido mínimo debido a limitaciones financieras y presupuestarias a la falta de información confiable y actualizada y más reciente por los obstáculos que plantean los nuevos marcos regulatorios.

En el año 1960 se inició el proyecto para la construcción de la primera planta hidroeléctrica en Nicaragua, siendo esta la Planta Centroamérica, esta misma inicia sus operaciones en 1965 dando comienzo con esto a la primera Planta de generación Hidroeléctrica.

Y es hasta en el año 1972 que inicia sus operaciones la planta Santa Bárbara conocida actualmente como Carlos Fonseca Amador.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Empresa nacional de Luz y Fuerza; Proyecto Centroamérica; Informe Final; ELC Electroconsult, Milan Italia; Mayo de 1996.

## Justificación

Mediante el desarrollo de este trabajo se tiene como propósito dar a conocer de manera más detallada las Plantas Hidroeléctricas Estatales específicamente las Plantas Centroamérica y Santa Bárbara.

La importancia de este trabajo es el reunir información particularizada sobre las plantas estatales de generación hidroeléctrica en el país, ya que en la actualidad se ha venido promoviendo en mayor cantidad este medio de generación eléctrica, siendo beneficioso incorporar datos de las primeras plantas hidroeléctricas de Nicaragua, permitiendo así que las futuras generaciones tengan una fuente accesible de información y de los cambios que han sufrido desde su nacimiento hacia nuestros días.

Este trabajo será presentado desde los primeros análisis o estudios que se realizaron previos a la construcción de ambas plantas, la construcción en sí, todas las operaciones que se llevaron a cabo para su ejecución, la puesta en marcha de las plantas y como ha sido su funcionamiento desde sus inicios hasta la actualidad y sus futuros proyectos.

Enfocándose solamente hacia los factores productores de energía y la importancia que tiene en nuestro país estas plantas hidroeléctricas, resaltando las fortalezas y las debilidades diferenciales internas y externas al compararlo de manera objetiva y realista con la competencia y con las oportunidades y amenazas claves del entorno.

En el análisis que realizaremos, descubriremos que hay mucha información que no conocemos principalmente sobre su historia, el tipo de construcción, el lugar geográfico de su ubicación, el beneficio de su consumo y si tienen competencia o se iguala con otro tipo de plantas en el país.

## OBJETIVOS

### Objetivo General:

- \* Analizar la importancia sobre las plantas hidroeléctricas estatales de Nicaragua de forma tal que permita establecer los elementos básicos que sirvan de guía a los futuros proyectos hidroeléctricos.

### Objetivo Específicos:

- \* Recopilar información particularizada que sirva de apoyo al desarrollo de futuros proyectos Hidroeléctricos.
- \* Elaborar un Plan de Gestión Ambiental de ambas Plantas Hidroeléctricas Estatales.
- \* Elaborar un estudio que nos permita determinar las Fortalezas, las Oportunidades, las Destrezas y las Amenazas que se han producido en las plantas hidroeléctricas estatales desde su período inicial.
- \* Presentar los planes de desarrollo que estas plantas implementarán.
- \* Determinar la importancia de la contribución que tienen estas plantas a la matriz energética del país.

## Marco teórico

Las plantas hidroeléctricas funcionan en base a una caída de agua proveniente de un río o de un embalse que a su vez puede estar alimentado por uno o varios ríos. La capacidad de generación es proporcional a la masa y caída de agua, es decir que entre más grande es el flujo de agua y la altura desde donde inicia su desplazamiento hacia el cuarto de máquinas, mayor será la capacidad generadora.

En la producción hidroeléctrica intervienen varios factores, entre los que destacan el caudal de los ríos y el tipo de relieve geográfico, es lógico que países de gran tamaño que cuentan con largos y caudalosos ríos suelen estar entre los principales productores mundiales.

Nicaragua requiere de un progresivo y rápido aumento de producción de energía eléctrica, debido al permanente crecimiento poblacional y por nuevas demandas de los sistemas industriales, siendo por su propia naturaleza la energía hidroeléctrica la que puede y debe solucionar el déficit que nuestro país tiene en este sector de importancia estratégica.

Nicaragua inicia la generación hidroeléctrica hasta en 1964 poniendo a funcionar la primera unidad de 25MW de la planta Centroamérica esta cuenta con dos turbinas tipo Francis que accionan los generadores sincrónicos que inyectan la energía producida a la red nacional, se encuentra ubicada en Jinotega, con aguas represadas en el lago de Apanás. Un año después 1965, entra en operaciones la segunda unidad también de 25MW.

En 1972 entra en operaciones la planta Santa Bárbara actualmente conocida como planta Carlos Fonseca, con dos turbinas de 25MW cada una. Dicha planta se encuentra ubicada muchos kilómetros abajo del embalse La Virgen. También

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

cuenta con dos turbinas tipo Francis, que accionan los generadores sincrónicos que inyectan la energía producida a la red nacional.

El problema en Nicaragua, no son los recursos naturales ya que este país es bendecido por tener una fuente de hídrica en abundancia con sus 129,494 kilómetros cuadrados de territorio es el país más grande de Centroamérica, privilegiado además por ser un país con abundancia de agua. Casi un 15% de su superficie lo constituyen lagos, lagunas y ríos.<sup>2</sup>

El problema consiste en los recursos financieros, la falta de información, la falta de expertos en Recurso Hídricos que no han reflejado un desempeño adecuado y efectivo por parte de los cambios de Gobiernos Centrales existentes en el país, conduciendo a una deficiente y limitada producción hidroenergética.

En esta perspectiva queremos realizar el análisis correspondiente referente a la necesidad y a una de las metas que el Gobierno Central actual se ha propuesto en mejorar las estrategias financieras, y predecir las posibles fluctuaciones temporales de los índices financieros críticos en el sector, y de esta forma conocer las falencias y aplicar correctivos para incrementar la generación hidroeléctrica en nuestro país.

El abandono de la generación eléctrica utilizando el recurso agua ha llevado a sucesivos problemas de cortes y encarecimiento de la energía eléctrica, otro elemento básico para el desarrollo humano y económico de un país, cuyo suministro se ha deteriorado por la privatización de una parte de la generación y la casi totalidad de la distribución.

---

<sup>2</sup> Informe de Enacal "ABC sobre el Recurso Agua y su Situación en Nicaragua", enviado a la Organización Mundial de la Salud marzo 2006

### 1. Planta Centroamérica.

La planta Centroamérica construida en los años 60' y ubicada en la quebrada El cacao, afluente del Rio Viejo, equipada con dos turbinas de generación de 25 MW cada una. Es una central hidroeléctrica y transforma en pasos sucesivos la energía potencial del lago de Apanás en energía mecánica y posteriormente en eléctrica unida a una subcentral de transmisión hacia el Sistema Interconectado Nacional-SIN.

El lago de Apanás es su reservorio principal y captura agua de la cuenca de los ríos Mancotal, Jiguina y San Gabriel. Recibe además, aguas transversadas del Embalse El Dorado, quien con su presa Asturias captura la escorrentía de parte del Rio Tuma en su micro cuenca superior, haciendo posible el trasvase a la altura de la presa Mancotal a través de un sistema de bombeo.

Entre el nivel del lago de Apanás y la ubicación de las turbinas, hay un desnivel de más de 200 metros lo que le da el valor de la potencia en virtud de su desnivel y complementa la corriente con el caudal disponible para su operación. La operación básicamente consiste en direccionar un caudal útil transportándolo desde el seno del Lago hacia una tubería forzada a través de un canal de aducción y obras complementarias de protección, limpieza, desarenadores y reductores de velocidad hasta llevarlas en caída libre mediante tubería hacia las turbinas y generadores eléctricos y su posterior transmisión al SIN.<sup>3</sup>

Las aguas, una vez en el canal del desfogue son colocadas en el cauce principal del Rio El Cacao, conduciéndolas al curso principal del rio Viejo, provenientes de su recorrido por los municipios de San Rafael del Norte, La Concordia y algunos afluentes del municipio de Estelí (La Guanábana y El Isiqui).

---

<sup>3</sup> Hidrogesa

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Los dos generadores de la planta Centroamérica comenzaron a operar comercialmente el 18 de marzo de 1965.

La planta cuenta con un embalse de 60 km<sup>2</sup> de superficie y una capacidad de almacenamiento de 435 millones de metros cúbicos, el embalse de Apanás, desde donde el agua se hace llegar por medio de un canal de 4 mil metros de longitud y capacidad de 22 metros cúbicos por segundo; seguido de un túnel a presión y una tubería forzada. El lago de Apanás está ubicado en el departamento de Jinotega desde donde se alimentan las dos turbinas de 25 MW de la Planta Centro América.

También cuenta con un segundo embalse de 7 km<sup>2</sup> de superficie y una capacidad de almacenamiento de 9 millones de metros cúbicos, el embalse de Asturias, desde donde se bombea el agua almacenada hacia el embalse de Apanás para incrementar la generación de la planta.<sup>4</sup>

### **2. Planta Santa Bárbara conocida actualmente por Planta Carlos Fonseca.**

La Planta Santa Bárbara, es una planta Hidroeléctrica ubicada sobre el Rio Viejo a la altura entre los municipios de Darío y San Isidro. De la misma generación de la Planta Centroamérica, de unos 50 MW de capacidad instalada y reutiliza los volúmenes de agua de la Planta CA más de lo que recibe de escorrentía en su propia cuenca. Utiliza un embalse (La Virgen), una represa sobre el Rio y su canal de aducción y tubería forzada para el desfogue aguas abajo del curso principal del rio.<sup>5</sup>

Cuenta con un embalse de 6 km<sup>2</sup> de superficie, el embalse de La Virgen, desde donde el agua se hace llegar por medio de un canal 2,700 metros de longitud en

---

<sup>4</sup> Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL); Plantas Generadoras; Hidroeléctricas, sitio [www.enel.gob.ni/](http://www.enel.gob.ni/)

<sup>5</sup> Hidrogesa

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

tramos de 1,007m y 1,693m respectivamente, enlazados por medio de un sifón de 186 m y con capacidad de 33 metros cúbicos por segundo.

La represa del embalse La Virgen está sobre la cuenca hídrica Tuma-Río Viejo, en el departamento de Matagalpa. Con una superficie de seis kilómetros cuadrados, este embalse recoge las aguas vertidas desde La Planta Centroamérica que son conducidas hasta las instalaciones de la planta en donde se encuentran dos turbinas tipo Francis.

## CAPITULO I

### INICIOS DE LAS PLANTAS

#### GENERALIDADES.

Los antiguos romanos y griegos aprovechaban ya la energía del agua; utilizaban ruedas hidráulicas para moler trigo. Sin embargo, la posibilidad de emplear esclavos y animales de carga retrasó su aplicación generalizada hasta el siglo XII.

Durante la edad media, las enormes ruedas hidráulicas de madera desarrollaban una potencia máxima de cincuenta caballos. La energía hidroeléctrica debe su mayor desarrollo al ingeniero civil británico John Smeaton<sup>6</sup>, que construyó por primera vez grandes ruedas hidráulicas de hierro colado.

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó a las industrias textiles y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible.

La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América hasta la construcción de canales a mediados del siglo XIX, que proporcionaron carbón a bajo precio. Las presas y los canales eran necesarios para la instalación de ruedas hidráulicas sucesivas cuando el desnivel era mayor de cinco metros.

La construcción de grandes presas de contención todavía no era posible; el bajo caudal de agua durante el verano y el otoño, unido a las heladas en invierno,

---

<sup>6</sup> Austhorpe, 1724- *id.*, 1792) Ingeniero británico. Reconstruyó el faro de Eddystone, cerca de Plymouth, y publicó (1759) sus estudios experimentales sobre la fuerza motriz del agua y del viento, considerados durante largo tiempo como una obra clásica en la materia.

obligaron a sustituir las ruedas hidráulicas por máquinas de vapor en cuanto se pudo disponer de carbón.

Las plantas hidroeléctricas funcionan en base a una caída de agua proveniente de un río o de un embalse que a su vez puede estar alimentado por uno o varios ríos. La capacidad de generación es proporcional a la masa y caída de agua, es decir que entre más grande es el flujo de agua y la altura desde donde inicia su desplazamiento hacia el cuarto de máquinas, mayor será la capacidad generadora.

En la producción hidroeléctrica intervienen varios factores, entre los que destacan el caudal de los ríos y el tipo de relieve geográfico, es lógico que países de gran tamaño que cuentan con largos y caudalosos ríos suelen estar entre los principales productores mundiales.

### **ORIGEN DE LA ELECTRICIFICACION EN NICARAGUA.**

En las decadencias del Gobierno de los 30 Años, el Telégrafo, el Teléfono y la lámpara eléctrica aparecieron rápidamente en los Estados Unidos a los ojos de un mundo asombrado.

La revolución eléctrica había necesitado aproximadamente una generación, de Faraday<sup>7</sup> a Edison<sup>8</sup> y Westinghouse<sup>9</sup> un período de esfuerzos mentales sumamente corto para tan fantástica serie de acontecimientos.

---

<sup>7</sup> **Michael Faraday**, FRS, (Newington, 22 de septiembre de 1791 - Londres, 25 de agosto de 1867) fue un físico y químico británico que estudió el electromagnetismo y la electroquímica.

<sup>8</sup> **Thomas Alva Edison** (Milan, 1847 - West Orange, 1931) Inventor norteamericano, el más genial de la era moderna. En abril de 1879, Edison abordó las investigaciones sobre la luz eléctrica. La actividad de este genial inventor se prolongó más allá de cumplidos los ochenta años, completando la lista de sus realizaciones tecnológicas hasta totalizar las 1.093 patentes que llegó a registrar en vida.

<sup>9</sup> **George Westinghouse** (Nueva York, 1846 - 1914) Inventor estadounidense. Fue el principal responsable de la adopción de la corriente alterna para el suministro de energía eléctrica en Estados Unidos, en 1869, creó la Westinghouse Air Brake Company

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Ya los dínamos <sup>10</sup> generaban electricidad que hacía girar las ruedas de las máquinas de las fábricas y que reemplazaban las calderas de vapor Y las ruedas hidráulicas.

Hasta en la época del General Zelaya los diseños de mejores generadores comenzaron a vencer las irregularidades del flujo de la corriente que dificultaban los usos industriales de la electricidad.

El fenómeno básico de la generación de corriente depende de las bobinas giratorias. Se emplean turbinas que giren esas bobinas y que fluya la corriente. La turbina es un motor giratorio, cuyo eje se hace girar por medio de una corriente, de vapor, aire, agua o cualquier otro fluido.

Funciona bajo el mismo principio que el molino de viento o la rueda hidráulica de los molinos de harina. Una corriente de aire o de vapor, que sale de una tobera fija<sup>11</sup>, choca contra las aletas, cubos o aspas de la turbina, y la hace girar.

Las primeras turbinas de vapor de la última década del período de los 30 Años de Nicaragua, cedieron el sitio a las potentes turbinas hidráulicas para mover las dínamos hasta en la época del Gobierno de Zelaya que es cuando comenzó la era de la energía Hidroeléctrica.

Así como Vitrubio<sup>12</sup> vio que podía utilizarse la energía hidráulica para moler trigo, los ingenieros de fines del siglo XIX se dieron cuenta que podría utilizarse

---

<sup>11</sup> Es un dispositivo que convierte la energía potencial de un fluido (en forma térmica y de presión) en energía cinética.

<sup>12</sup> **Marco Vitruvio Polión** (en latín *Marcus Vitruvius Pollio*) fue un arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano del siglo I a. C. Describió muy bien la rueda hidráulica en el cap. X.5. La rueda de Vitruvio era vertical y el agua la empujaba por abajo; unos engranajes tenían la finalidad de cambiar la dirección del giro y aumentar la velocidad de las muelas; se calcula que con la energía producida por una de estas ruedas se podían moler 150 kg de trigo por hora, mientras que dos esclavos solo molían 7 kg.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

la energía de los ríos para mover turbinas que generaran electricidad. Desde luego, los ríos presentaban en muchos casos el inconveniente de estar alejados de los centros industriales, pero el perfeccionamiento de las líneas de alta tensión para transmisión a grandes distancias solucionaba el problema. Podía generarse la electricidad en sitios muy apartados, y transmitirse a las ciudades donde se necesitaba.

Después de inaugurarse la planta termoeléctrica de Managua en 1902, que consistía de una pequeña planta de vapor, se concibió la necesidad de explotar la abundante energía hidráulica existente en nuestros ríos que corren hacia el Atlántico, a fin de economizar el costo de combustible que consumen las plantas térmicas (vapor, diesel, etc ).

En el año 1931 existía en Nicaragua Central American Power, compañía eléctrica que suministraba de energía a Managua y en el Pacífico, existían empresas Privadas y Municipales.

La energía eléctrica demandaba aproximadamente unos 15 MW para las cabeceras departamentales incluyendo la demanda del Puerto de Corinto y se circunscribía únicamente para el servicio público, a continuación le presentamos una fotografía el **Edificio de la Central American Power o Fuerza y Luz, antes del terremoto del 31 de Marzo de 1931**<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Datos suministrados en la biblioteca de la Asamblea Nacional "Marco Regulatorio del Sector de Energía Eléctrica en Nicaragua.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País



**Foto No. 1**

No fue sino hasta 1955 que se iniciaron los estudios a fin de determinar cuál sería el primer paso que daría Nicaragua en este sentido, y por diversas razones se escogió el Río Tuma para explotar la caída de 270 metros en el Valle El Cacao a fin de desviar las aguas del río Tuma hacia El Cacao y, posteriormente, a través del río Viejo hacia el Lago de Managua.

El agua corriente tenía gran fuerza. El arroyo en esa época era relativamente pequeño y lo que se pretendía era abrir un gran canal en la roca viva. En la antigüedad el hombre aprendió a hacer trabajar el agua para sus propios fines. Descubrió que la fuerza de una corriente podría emplearse para mover un molino que convirtiera los granos en harina.

Debemos comprender que los adelantos culturales no se propagan uniforme y simultáneamente en todo el mundo. Aun en nuestros días y con nuestras comunicaciones globales, hay todavía algunas partes del mundo en que se desconocen la televisión y los automóviles.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

En el mundo todavía aún más dividido de hace dos mil años, de hace ochenta y tres<sup>14</sup>, los nuevos adelantos tecnológicos se propagaban mucho más lentamente. Mientras que los romanos empleaban el molino de Vitrubio en el año 300 después de Cristo, los habitantes de las Islas Británicas luchaban todavía con el molino griego, al igual que los chinos, mientras que en África y en la mayor parte de Asia, se usaban todavía los molinos movidos por asnos.

A través del Atlántico en el Nuevo Mundo que todavía no se descubría, los indios seguían machacando a mano su maíz y continuarían haciéndolo por muchos siglos. De un siglo a otro, el hombre aprendía la manera de hacer que la naturaleza trabajara para él, un cambio siguió a otro con rapidez increíble y los progresos tecnológicos de los años 1 000 a 1 800 de la Era Cristiana, fueron mayores que todos los ocurridos durante cinco o diez mil años de historia humana.

La era de la electricidad estaba en sus albores y la tecnología entraba en una era de rápido progreso, que continúa todavía a un paso cada vez más acelerado. En los Estados Unidos, en el siglo XIX, cuando se descubrió el Río Colorado, no existía la idea de construir presas para la producción de energía hidroeléctrica y parecía que el río Colorado no serviría para nada. Por lodoso es, "demasiado espeso para beber y demasiado líquido para ararse". De esa misma forma se pensaba del Río Tuma que se creía que sirviese para algo, hasta que se pensó en apresarlos.

### **CONSTRUCCION DE LA PLANTA HIDROELECTRICA CENTROAMERICA**

En el año 1951 tuvieron inicio los primeros estudios e investigaciones preliminares para aprovechar recursos hidráulicos con el fin de producir energía eléctrica en el país.

---

<sup>14</sup> Revista Conservadora marzo 1965 edición 54, pág.4

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

En 1952 se ponía en evidencia el interés del País sobre el aprovechamiento hidroeléctrico del río Tuma. Con el fin de efectuar estudios, fueron autorizados por el Ministerio de Fomento<sup>15</sup>, contratos con compañías internacionales y nacionales para desarrollar las primeras investigaciones y estudios de carácter topográfico, geológico e hidrológico en el área de interés.

En 1955 la Comisión Nacional de Energía <sup>16</sup> concentró estudios e investigaciones sobre el aprovechamiento del río Tuma y de las centrales aguas abajo, determinando un sistema de utilización integral llamado T.M.V., es decir Tuma, Matagalpa, Viejo estos son los nombres de los principales ríos utilizados para el sistema.

En 1956 con los estudios realizados previamente se logró un resultado práctico en la cual la comisión presento al gobierno y al ministerio competente un informe de anteproyecto sobre el primer aprovechamiento del río Tuma.

Las características técnicas y económicas del aprovechamiento ilustradas en el informe impresionaron favorablemente al Gobierno que autorizo investigaciones geológicas más detalladas.<sup>17</sup>

El 12 de noviembre de 1956 la CNE<sup>18</sup> firmó un contrato con la sociedad francesa SIMECSOL<sup>19</sup> para llevar a cabo el estudio geológico del proyecto hidroeléctrico del Río Tuma que comprendía la presa el Mancotal, el vaso de Apanás y las zonas del canal aductor, túnel y casa de máquinas.

---

<sup>15</sup> Actualmente se llama Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC).

<sup>16</sup> Bajo la presidencia del Ingeniero Modesto Armijo, Ministro de Fomento.

<sup>17</sup> Ministerio de Energía y Minas, Empresa Nacional de Luz y Fuerza, Proyecto Centroamérica, Informe Final, ELC Electroconsult, Milán Italia, Mayo de 1996.

<sup>18</sup> Abreviatura para, Comisión Nacional de Energía

<sup>19</sup> **Jean Lehuérou Kerisel** (Saint-Brieuc, 18 de noviembre de 1908 - 22 de enero de 2005), fundador de la empresa SIMECSOL fue un ingeniero de caminos, canales y puertos, y egiptólogo francés. Especialista de la mecánica de suelos y de geotecnia, fue profesor de la École nationale des ponts et chaussées (ENPC), durante sus 70 años de actividad profesional, diseñó y realizó numerosas de infraestructuras.

## 1.1 Estudios previos a la construcción de la Planta

El 15 de noviembre de 1956 , la CNE<sup>20</sup>, con el fin de proceder a la terminación de los estudio y a la realización de la planta hidroeléctrica del Rio Tuma, envió a diferentes firmas consultoras de renombre internacional, copia del anteproyecto elaborado por la misma, solicitando una oferta para los servicios de ingeniería relativos a la preparación del proyecto para la financiación de la obra, a la elaboración de planos, especificaciones, documentos de contrato para la licitación de la misma y a la dirección de los trabajos de construcción.

Las diversas ofertas fueron analizadas detenidamente por la CNE, llegando a la conclusión que la sociedad ELC-Electroconsult<sup>21</sup> de Milán, Italia, ofreció las mejores condiciones para el Gobierno de Nicaragua.

La principal razón para escoger el río Tuma como el primer paso en nuestro desarrollo hidroeléctrico, consistió en que a la altura en que se utilizan las aguas del Primer Aprovechamiento, en el sitio denominado “Asturias”, o sea la confluencia del río Mancotal <sup>22</sup>con el río Tuma, se lograría un nivel máximo de 956,50 metros sobre el nivel del mar, mediante la construcción de una presa de tierra y piedra, que permitiera aprovechar posteriormente las mismas aguas, entre el nivel máximo mencionado y el Lago de Managua, además de la posibilidad de agregar las aguas del río Viejo y las del río Grande de Matagalpa, por eso se le llamo al Proyecto, Sistema T. M. V.<sup>23</sup>

---

<sup>20</sup> Comisión Nacional de Energía

<sup>21</sup> Es una firma de ingeniería histórica italiana creada en 1955 por las principales empresas italianas privadas líder y pionera desde 1905 en la planificación, diseño y construcción de hidroeléctricas.

<sup>22</sup> Pertenece a la cuenca del Lago Xolotlán o Managua, compone la red hídrica del Municipio de Jinotega, por el extremo Norte Desemboca al Lago de Apanás y es una de las cinco subcuencas que suministran al Lago de Apanás de agua.

<sup>23</sup> Recursos reservados para el Sistema Hidroeléctrico de los Ríos Tuma, Matagalpa, Viejo (T,M V)



**Foto 2. Panorámica del sitio en donde se construirá la represa de la Hidroeléctrica<sup>24</sup>**

Las presas más grandes del mundo, desde el punto de vista de volumen y longitud son las de relleno de tierra, como la nuestra del Mancotal. Siendo que su construcción es menos costosa que la de las presas de hormigón y que son más estables, donde los Simientes no son apropiados para las presas de hormigón, las de relleno de tierra han recuperado su popularidad en los últimos años.

El 31 de Agosto de 1957, se firmó el contrato con ELC-Electroconsult encomendándole la elaboración del anteproyecto general y del informe para la financiación y la preparación de los diseños detallados, especificaciones y documentos de contrato de las obras a efectuarse en el sitio de la presa El Mancotal.

La organización de las mediciones hidrométricas, pluviométricas y meteorológicas estuvo a cargo de la CNE. La recopilación de los datos disponibles

---

<sup>24</sup> Fotografía proporcionada por Hidrogesa.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

se encuentra en la memoria del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, periodo 1952/1957. Esta fue la única documentación para los estudios del anteproyecto. Por falta de algunos datos, muchos cálculos fueron basados en correlaciones, comparaciones y tal vez extrapolaciones siempre de carácter prudencial.

Para la sección de cierre se consideraron dos variantes: el emplazamiento El Dorado y el emplazamiento El Mancotal (Asturias) esto debido a que surgieron algunas dudas sobre la constitución de la superficie de apoyo de la estructura.

La solución de aguas abajo, en el Dorado, comportaba una obra 20 m más alta, por lo tanto más costosa, es por esto que se eligió la localidad de El Mancotal donde la situación geológica es aceptable para una obra de material suelto. El tipo de presa elegida es de escollera con núcleo de tierra impermeable.

En 1959 después de la entrega de los informes de anteproyecto y factibilidad, se ha sufrido un retraso de dos años en las decisiones de las Entidades que debían financiar, según los resultados del Evaluation Report, las obras de proyecto Centroamérica.

El gobierno tenía posibilidad a través de la CNE, de financiar el proyecto de contrato de las obras de represamiento, por lo que ELC preparo, en 1959, el proyecto de contrato y especificaciones para la presa de El Mancotal (Asturias) y obras anexas, mientras que los proyectos de contrato para las demás obras fueron suspendidos.

El retraso de tiempo fue en parte aprovechado por la CNE para programar y ejecutar algunas investigaciones adicionales, requeridas para los mismos proyectos.

El 22 de junio de 1960 fue fijado con las Entidades BIRD<sup>25</sup> y DLF el monto del préstamo para la financiación de las restantes obras del aprovechamiento e inmediatamente tuvo inicio la preparación de los proyectos de contrato y de las especificaciones y documentación relativas.

Luego de haberse expuesto los distintos estudios que se efectuaron para la construcción de la Planta Centroamérica veremos el cómo está quedo constituida una vez terminado el proyecto.

### **Culminación del Proyecto de Planta Centroamérica**

La planta Centroamérica fue inaugurada el 15 de Marzo del año 1965 y su ubicación se dio en la quebrada el Cacao, afluente del Rio Vejo, está equipada con dos turbinas de generación de 25 MW cada una. Es una planta hidroeléctrica y transforma en pasos sucesivos la energía mecánica y posteriormente en eléctrica unida a una subcentral de transmisión hacia el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

El lago de Apanás es su reservorio principal y captura aguas de la cuenca de los ríos Mancotal, Jiguina y San Gabriel. Recibe además, aguas transvasadas del Embalse El Dorado, quien con su presa Asturias captura la escorrentía de parte del Rio Tuma en su micro cuenca superior, haciendo posible el trasvase a la altura de la presa Mancotal a través de un sistema de bombeo.<sup>26</sup>

El embalse de la planta es de 60 Km<sup>2</sup> de superficie y una capacidad de almacenamiento de 435 millones de metros cúbicos, el embalse de Apanás, desde donde se hace llegar por medio de un canal de 4 mil metros de longitud y

---

<sup>25</sup> (en inglés *International Bank for Reconstruction and Development* o *IBRD*) es una de las cinco instituciones que integran el Grupo del Banco Mundial.

<sup>26</sup> Hidrogesa, Elaborado por: Manuela Flores, Año 2002

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

capacidad de 22 metros cúbicos por segundo; seguido de un túnel a presión y una tubería forzada.<sup>27</sup>

La planta cuenta con un segundo embalse de 7 Km<sup>2</sup> de superficie y una capacidad de almacenamiento de 9 millones de metros cúbicos, el embalse de Asturias, desde donde se bombea agua almacenada hacia el embalse de Apanás para incrementar la generación de la planta.

Esta misma planta cuenta con dos turbinas tipo Francis<sup>28</sup> que accionan los generadores sincrónicos que inyectan la energía producida a la red nacional.

Entre el nivel del lago de Apanás y la ubicación de las turbinas, hay un desnivel de más de 200 metros lo que le da el valor de la potencia en virtud de su desnivel y complementa la corriente con el caudal disponible para su operación.

La operación básicamente consiste en direccionar un caudal útil transportándolo desde el seno del lago hacia una tubería forzada a través de un canal de aducción y obras complementarias de protección y reductores de velocidad hasta llevarlas en caída libre mediante tubería hacia las turbinas y generadores eléctricos y su posterior transmisión al SIN.

Las aguas, una vez en el canal de desfogue son colocadas en el cauce principal en el Rio El Cacao, conduciéndolas al curso principal del Rio Viejo, provenientes de su recorrido por los municipios de San Rafael del Norte, La Concordia y algunos afluentes del municipio de Estelí (La Guanábana y el Isiquí).

Nuestra presa de tierra tuvo que construirse con anchos vertederos, ya que de otro modo el agua que pasara sobre la cresta de la presa excavaría una brecha

---

<sup>27</sup> Plantas Hidroeléctricas, Empresa Nicaragüense de Electricidad, sitio [www.enel.gob.ni/](http://www.enel.gob.ni/)

<sup>28</sup> También conocidas como turbinas de sobrepresión, de admisión total, turbinas radial-axial o como turbinas de reacción.

que dejaría escapar el contenido del Vaso de Apanás, los declives eran planos y suaves para mayor seguridad.

El lado seco que queda corriente abajo de la presa de tierra necesita protección contra la erosión causado por las lluvias, mientras que el lado que queda corriente arriba tiene que ser suficientemente sólido para resistir el empuje de las aguas del depósito del Vaso de Apanás, durante épocas de tormentas u otras turbulencias.

En esa época existían dos métodos para construir la presas de tierra, el de "relleno apisonado"<sup>29</sup>, que es el que se siguió en Nicaragua, y de "relleno hidráulico"<sup>30</sup>.

En el primero o sea en el de "relleno apisonado", se colocan muchas capas del material en el sitio de la presa y cada una de ellas, a su vez, se apisona perfectamente por medio de rodillos.

Con el sistema hidráulico, el material se vacía en el río y el agua lo lleva a su sitio, para evitar fugas, las presas de relleno de tierra se construyen con capas de diferentes materiales (La Presa del Mancotal es de tierra con núcleo de arcilla impermeable). En el centro de la presa de tierra se coloca ordinariamente un relleno muy fino de tierra y arena.

Esa zona quedaba flanqueada por otras de roca resistente al agua, que impiden que haya filtraciones hasta el centro más fino, en los bordes exteriores de la presa se coloca una tercera zona de roca, no había ninguna necesidad de impermeabilizarla esa capa exterior, ya que la zona inter media impedía las

---

<sup>29</sup> Consiste en la compactación es un proceso por el cual se disminuye el índice de poros de los suelos, sin variar su contenido de humedad (cuando se disminuye la humedad, se suele hablar de "desección", no de compactación).

<sup>30</sup> Aquellos rellenos construidos por medio del proceso de hidromecanización. Hidromecanización (refulado): Conjunto de proceso que incluye la explotación, transporte y deposición de un suelo en un área predeterminada con auxilio de agua.

filtraciones, y la zona interior es fuerte y sólida y puede resistir los embates de las aguas del depósito.

Cuando hubiera problemas de escurrimientos causados por cimientos que no son impermeables, se construyeron filtros debajo de la presa, que desaguan el exceso de escurrimientos. Los vertederos de la presa de relleno de tierra se recubrieron de hormigón.

En esa fecha se comparaba con la presa de relleno de tierra más alta es la Presa Trinity, de California, que tiene 164 metros de altura, 747 metros de largo y contiene 25,370,000 metros cúbicos de relleno. La Presa de Mancotal, tiene 48 metros de alto, 302 metros de longitud y contiene 615,000 metros cúbicos de material selecto.

Característica importante de esta planta hidroeléctrica es la magnitud del embalse o Vaso de Apanás, que es de aproximadamente de diez mil manzanas, esto es, una longitud máxima de 18 kilómetros, una anchura de 10 kms., con un volumen de almacenamiento normal de 350 millones de metros cúbicos de agua, de los que son utilizables 230 millones.

Su nivel máximo de operación era de 956,50 metros sobre el nivel del mar y un mínimo de 949,00 mts, siendo el área de inundación de 58 kms cuadrados, teniendo una profundidad máxima normal de 45 mts.

El Vaso de Apanás<sup>31</sup> significa, pues, un embalse de gran capacidad que puede almacenar agua en grandes cantidades durante el invierno la que podía ser usada durante el verano que es la época de más actividad industrial, en la que es

---

<sup>31</sup> Es conocido como Vaso de Apanás por cierto sector de la población por lo pequeño en comparación con los Lagos Xolotlán y Cocibolca, Según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Sin embargo, de acuerdo al glosario metodológico del PREPAC, este cuerpo de agua se clasifica como embalse.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

necesaria la energía eléctrica en las desmotadoras, ingenios de azúcar, irrigación, beneficios de café, trillos de arroz, etc.

Se observaba curioso notar que era rarísimo ver sistemas hidroeléctricos como este en que las aguas son desviadas, teóricamente, aguas arriba del cauce del río, de tal manera que la Planta Centroamérica está ubicada a 35 kms., de la Presa.

El río Tuma que se junta más adelante con el río Grande y forman juntos el río Grande de Matagalpa que desemboca en el Atlántico debido ahora a la mano del hombre, desvía sus aguas hacia el Lago de Managua a través del río Viejo.

Otra característica muy interesante y digna de mencionarse es la que en época prehistórica lo que es hoy el Vaso de Apanás fue lecho marino, lo cual se comprueba con la existencia de una capa fósil, **diatomita o tierra kiesselgur**<sup>32</sup> que en algunos lugar es alcanza espesores hasta de 20 metros y está compuesta de restos de microorganismos marinos. Esta característica garantiza la impermeabilidad del Vaso y una percolación mínima a través de la capa de harina fósil<sup>33</sup>, la que además se encuentra protegida por otra también impermeable de **sonsocuite**<sup>34</sup>.

Al crearse el Lago de Apanás, hasta cierto punto, estaba desde su nacimiento garantizado. A medida que el río se hacía más vigoroso, la erosión era mayor, y se arrastra no sólo partículas de tierra, sino piedrecillas, rocas y hasta peñascos.

La sedimentación que se daba en el Vaso de Apanás, provenía de los ríos afluentes, Tuma, Mancotal, Jigüina, Cuyalí y Jinotega, en esa época no ofrecía

---

<sup>32</sup> También conocida como **DE, TSS, diahydro, kieselguhr, kieselgur** o **celite** — es una roca sedimentaria silícea formada por micro-fósiles de diatomeas, algas marinas unicelulares que secretan un esqueleto silíceo llamado frústula. Este material sirve de medio de filtración; su granulometría es ideal para la filtración del agua.

<sup>33</sup> Roca pulverulenta formada por la aglomeración de los esqueletos de diatomeas fósiles.

<sup>34</sup> Lodo, barro.

características alarmantes, ya que el agua útil del Vaso de Apanás consiste únicamente en los 7.50 metros superiores, de manera, que cualquier acumulación de sedimento nunca llegará a afectar esos 7.50 metros superiores. Se les advirtió que la profundidad máxima del Vaso es de 43 metros en las secuencias de la presa.

El área del Vaso ni siquiera fue destroncada, pues gran parte de él está a un nivel muy inferior al del nivel mínimo de agua útil, y por consiguiente el volumen de los árboles no afecta en absoluto la capacidad del Vaso, los árboles que actualmente quedaron dentro del Vaso de Apanás llegarán algún día a fosilizarse o a flotar en la superficie.

En el primer caso, no serán ningún estorbo, y en el segundo, será muy fácil extraerlos. Tampoco no significaba peligro alguno el Lirio de Agua y la Flor de Mondongo que actualmente cubren una parte del Vaso de Apanás.

Estas bellas y exóticas plantas acuáticas sólo flotaban sobre la superficie con raíces que no profundizan a más de 50 u 80 centímetros y en nada menoscaban la finalidad del embalse, o sea, la generación de energía eléctrica, ya que la boca del túnel en la Obra de Toma<sup>35</sup> se encontraba a más de 8 metros por debajo de la superficie del Vaso.

Además de que la entrada al Tunel estaba protegida por una reja de barras con una separación de pulgada y media entre sí, de manera que las plantas no pueden entrar al Tunel.

Existía además un limpia-rejas que trabajaba automáticamente y que baja un dispositivo en forma de peine cuyos dientes concuerdan con la abertura de la

---

<sup>35</sup> Es la estructura hidráulica de mayor importancia de un sistema de aducción, que alimentará un sistema de generación de energía hidroeléctrica, riego, agua potable, etc. A partir de la obra de toma, se tomarán decisiones respecto a la disposición de los demás componentes de la Obra.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

reja y los que levantaban todo cuerpo extraño que se adhiriera a ella y descarga en una especie de vagoneta que los deposita a un lado de la Obra de Toma Y, en fin, cualquier partícula de materia que lograra penetrar al Túnel y llegara a las turbinas, sería licuada instantáneamente por la girante de las mismas; la girante es una pieza de acero inoxidable de cuatro toneladas de peso que gira a 600 revoluciones por minuto.

En la fecha que se construyó la Planta Centroamérica La Presa Mancotal, unos de sus fines primordiales era de producir energía hidroeléctrica y a su vez servía de funciones de riego. Ya en la actualidad ofrece un potencial de irrigación inmediato para beneficiar miles de las secas y polvorientas tierras de labranza al Norte del Lago de Managua.

El Gobierno de la República de esa época le correspondía instalar potentes bombas que llevarán el agua por canales de gravedad hacia las tierras circunvecinas, cumpliendo así el proyecto una segunda función que era de beneficiar a la agricultura.

Tomando en consideración que las dos turbinas de la Planta Centroamérica descargaban un máximo de 22 metros cúbicos de agua por segundo cuando trabajaban a plena capacidad y estos generaban 50,000 kilovatios, y haya demanda para ellos, el Lago de Managua, subía de nivel, aproximadamente, 30 centímetros, o sea, un pie.

Cabe notar que este incremento del nivel del Lago de Managua era sobre los niveles que en esos casos alcance, pero es útil mencionar que la mayor producción de energía eléctrica de la Planta Centroamérica estaba destinada, en la época de verano, es decir cuando los niveles del Lago de Managua era más bajos.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Estas consideraciones demostraron lo remoto de los peligros de una inundación proveniente del Lago de Managua provocada por el Tuma. Además, todo crecimiento anormal del nivel del Lago, que se dieran lo habían programado y este lo podían controlar, con muy poco costo, mediante un simple alcantarillado que hicieron en el sitio actual que la Carretera Norte que cruza el seco cauce del río Tipitapa, y que construyeron la carretera sobre ese alcantarillado.

Cuando se dio la inauguración de la Planta Centroamérica se han incorporaron al Sistema Nacional de Electrificación las poblaciones de Matagalpa, Jinotega y Sébaco y posteriormente estaban en construcción, las líneas de transmisión que interconectarían también las poblaciones de Ciudad Darío y San Isidro y, posteriormente La Trinidad.

La Empresa Nacional de Luz y Fuerza de esa época iba a trabajar en los estudios de factibilidad del Segundo Aprovechamiento (Planta Larreynaga), cuya capacidad se esperaba fuera de aproximadamente 30,000 kilovatios.

En esta Planta Larreynaga <sup>36</sup>habría un túnel que conduciría a las mismas aguas que usa la Planta Centroamérica y que desfogan en el riachuelo El Cacao, aproximadamente 64 kilómetros aguas abajo del desfogue de la Planta Centroamérica, y la Casa de Máquinas estaría ubicada cerca de la confluencia del río Viejo con el riachuelo El Cacao. Esta Planta Larreynaga dentro de los planes de construcción tendría la característica moderna de ser telecomandada desde la Planta Centroamérica.

Sistema T.M V. podría llegaría a generar aproximadamente 280,000 kilovatios, lo que lo constituía en el Proyecto Hidroeléctrico mayor de Centroamérica, presentando, además, la ventaja adicional de que con los grandes embalses de

---

<sup>36</sup> Es el primer proyecto hidroeléctrico de importancia nacional que se construye desde hace aproximadamente 38 años, se encuentra ubicado en el departamento de Jinotega y es considerado como la primera etapa del Desarrollo Hidroeléctrico en la Cuenca Hídrica del Río Viejo.

Apanás y Sébaco se depende al mínimo del régimen de lluvias en el invierno y flujo de los ríos en el verano, ya que se espera tener en todo momento una gigantesca cantidad de agua acumulada para usarse en los momentos más críticos de la demanda.

## **CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS PLANTAS HIDROELECTRICAS ESTATALES.**

### **Planta Centroamérica**

El proyecto está localizado en el departamento de Jinotega, sobre el Río Tuma, inmediatamente aguas abajo del lago de Apanás, lago artificial construido en los años 60. Para regular el flujo de agua hacia la planta hidroeléctrica Centroamérica.

### **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto hidroeléctrico Asturias, capta las aguas de dos pequeñas cuencas adyacentes y las bombea hacia el lago de Apanás. Las dos áreas de captación son: La cuenca del Río Tuma, situada entre la presa existente El Mancotal y la Presa El Quebradon un tributario del Río Tuma. De esta manera se incorporan por bombeo aproximadamente 100 Kms<sup>2</sup> de área de drenaje hacia el lago de Apanás, con un caudal promedio de 3.0 m<sup>3</sup>/seg. Lo que representa un incremento del 19% en el área de drenaje del lago y un aumento del 27% de su caudal promedio.

Al construirse la presa El Dorado, en el Río Tuma, se formó un nuevo embalse artificial, el lago de Asturias, que cubre cerca de 4 Km<sup>2</sup> y que llega hasta la presa existente en El Mancotal. El lago así formado recibe los aportes del río Quebradon el que es desviado en las cercanías de San Lucas y sus aguas son llevadas por gravedad hasta el lago Asturias a través de dos túneles con una

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

longitud total de 3.75 Kms y 2.2 mts de diámetro y dos canales con una longitud total de 1.5 kms.

El agua del lago Asturias, bombea hacia el lago de Apanás mediante una estación de bombeo ubicada en el estribo derecho de la presa el Mancotal, equipada con cuatro, bombas de 2.5 m<sup>3</sup>/seg. De capacidad cada una, con una carga promedio de 30 mts. El bombeo se efectúa a través de dos tuberías iguales de acero de 1.40 mts. de diámetro y 160 mts. De longitud. Una línea de transmisión de 69 kv y 28 kms. De longitud lleva la energía a la estación de bombeo desde la planta Centroamérica, con un consumo promedio anual de 9 GWH/anuales.

### **BENEFICIOS ESPERADOS**

Como consecuencia del mayor caudal de agua que recibirá Apanás, las dos plantas hidroeléctricas existentes, la Centroamérica en el rio Cacao y la Carlos Fonseca en el rio viejo, aumentaran sensiblemente su producción de energía eléctrica, desplazando energía que actualmente es generada en la planta térmica que consumen petróleo, lo cual redundará en importantes beneficios económicos para nuestro país.

La generación promedio anual de la planta hidroeléctrica Centroamérica se incrementara de 196 a 250 millones de KWH. Como el bombeo del agua del proyecto Asturias hacia Apanás requerirá un consumo de anual de energía de 9 millones de KWH, el aumento neto de generación en las plantas hidroeléctricas mencionadas será 84 millones de KWH, esto significa para el país un ahorro anual de 200 mil barriles de bunker "C" que comenzará a producirse con la puesta en operación del proyecto a partir del mes de abril de 1989.

Tales beneficios son posibles de lograr por la enorme energía potencial que posee el lago de Apanás, en virtud de su elevación de 956.5 mts. Sobre el nivel del mar, lo que representa una caída bruta de más de 900 mts. Con respecto del lago de

Managua, donde descargan las aguas procedentes de Apanás, a través del Río Viejo.

Adicionalmente, el aumento en la descarga del río Viejo redundará en la disponibilidad de más agua para otros usos; incluyendo la irrigación, particularmente en la llanura situada al norte del lago de Managua, con suelos fértiles cuya producción puede ser sensiblemente incrementada con sistemas de riego por gravedad.

#### **ESTRUCTURAS MÁS IMPORTANTES EL PROYECTO ASTURIAS:**

La construcción de las obras civiles del proyecto se iniciaron en agosto de 1984 y la estación de bombeo inicia operaciones en abril de 1989.

La fuerza laboral promedio que participó en la obra fue de 700 hombres y la fuerza pico fue de 1,300 entre obreros, técnicos y profesionales.

#### **Las obras principales son:**

1. Una presa de tierra y enrocado en el sitio El Dorado sobre el Río Tuma, con una altura máxima de 42 mts. Y un volumen de 286.780 metros cúbicos.
2. Dos turbinas de 3.25 y 0.5 kilómetros de longitud y 2.2 mts. de diámetro que lleva el agua desde el río El Quebradon al vaso Asturias.
3. Un vertedero con una sección de control de concreto, de flujo libre de 45 mts. De ancho situado en el estribo norte de la presa El Dorado con un volumen de excavación de 585.300 mts<sup>3</sup>.
4. Una presa derivadora de concreto en el Río El Quebradón de 4.5 mts. de altura y 20 mts. De ancho localizado 500 mts. Aguas abajo del caserío de San Lucas.
5. Una estación de bombeo en el estribo derecho de la presa Mancotal equipada con cuatro bombas de 2.5 mts<sup>3</sup>/seg. De capacidad cada una de la cual

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

descarga a través de dos tuberías de acero de 160 mts. De longitud y 0.40mts. de diámetro.

6. Una línea de transmisión de 69 kv. Y de 28 Kms. De longitud que lleva la energía desde la planta hidroeléctrica Centroamérica a la estación de bombeo.
7. Un túnel de desvío de 195 mts. De longitud y 4mts. De diámetro, para desviar las aguas del Río Tuma durante la construcción de la presa El Dorado.

### **ORGANIZACIÓN Y EJECUCIÓN**

La unidad ejecutoria se organizó de una manera híbrida con participación tanto del consultor como del dueño: EL Instituto Nicaragüense de Energía (INE). Los consultores ocuparon los cargos de dirección al inicio del proyecto, por condicionamiento del financiamiento externo por parte del BID. Esta situación sufrió cambios a lo largo de la ejecución del proyecto. Desempeñando los consultores el papel de asesores de la unidad ejecutora y los funcionarios nacionales el papel de responsables en los distintos niveles de dirección.

El proyecto fue realizado con financiamiento externo y fue el primero en ser administrado con un contrato con la modalidad "COST-PLUS", es decir, un monto fijo más gastos reembolsables. Esto implicaba la supervisión, además de darle seguimiento a los aspectos puramente técnicos como son los planos, especificaciones y los procedimientos constructivos, debía además darle seguimiento y aprobar el uso y aplicación de los recursos materiales, humanos y explotación del equipo.

La supervisión por tanto, tuvo una mayor participación en la ejecución de los trabajos, con lo que adquirió una corresponsabilidad sobre los mismos al tener que aprobar "a-priori" cualquier actividad antes de su ejecución. Tomando en

consideración la dispersión geográfica de las obras principales, el proyecto fue organizado por frente de obra, tanto por el contratista principal como por la unidad ejecutora.

Se organizaron tres frentes principales de trabajo:

1. **Estación de bombeo** que incluyó: casa de bomba, casa de controles, tubería de descargue y canal de descargue.
2. **Frente presa vertedero** que incluyo presa El Dorado, vertedero El Dorado, Túnel de desvió y canal No. 2.
3. **Frente derivación El Quebradon 3** que incluyo: túnel No. 1, túnel No. 2, puente Canal No.1, puente canal No.2, y canal No. 1.

**Frentes secundarios:**

1. Frente de materiales, que incluyo las plantas de concreto, la planta de trituración, y laboratorio de materiales.
2. Frente de planeamiento donde se llevaba la planificación, programación y control del proyecto.
3. Frente de maquinaria, responsable de mantenimiento de todo el equipo de construcción.
4. Frente administrativo: responsable de la administración de los campamentos, de personal y transporte.

Lo tradicional en Nicaragua ha sido una supervisión por especialidad. En el caso de Asturias por los aspectos antes señalados, los frentes se convirtieron en pequeños proyectos con gran autonomía. Cada frente tenía un superintendente por el contratista y un delegado por la unidad ejecutora, que disponían de sus

propias instalaciones físicas para oficina, almacenes, talleres, comedores, y con sus propios equipos básicos.

La unidad ejecutora arrancó en el sitio de la obra, en agosto de 1984 con un ingeniero civil y una cuadrilla de topografía, y llegó a tener dentro de su personal en el campo hasta cien personas, con solo seis ingenieros, cuatro civiles y dos electromecánicos. La plantilla fue completada con técnicos medios egresados del ITESPA y la UPOLI.

Podemos asegurar que la experiencia de Asturias fue aprovechada en gran medida para la formación de los técnicos y profesionales que laboraron en él, desarrollando durante la construcción del proyecto, un permanente aprendizaje y entrenamiento, que dio como resultado que la mayoría del personal, llegara a ocupar cargos de mayor responsabilidad que los que inicialmente tuvieron.

Además de la complejidad técnica contractual de este tipo de proyecto, existió un elemento determinante en él, de una manera indirecta: la guerra de agresión, producto del dispositivo de seguridad montado por el EPS, MINT, y F.S.L.N., el proyecto nunca sufrió ningún atraso por una acción contrarrevolucionaria y durante su ejecución ningún trabajador y ningún recurso material fue afectado por la guerra.

Sin embargo, en las inmediaciones y a lo interno del proyecto el EPS sostuvo combates para repeler el accionar de la contrarrevolución que costó la vida a varios miembros del EPS.

### **Principales Equipos Electromecánicos de la Planta Centroamérica.**

#### **Turbinas:**

Dos turbinas de eje vertical, de caída neta variable entre 256 y 275 mts, gasta de 11m<sup>3</sup>/s; velocidad 600 r.p.m; potencia 35000 HP cada una.

**Generadores:**

Dos generadores trifásicos directamente acoplados a las turbinas, de 31.5 MVA, factor de potencia 0.8 y tensión 13.8 Kv.

**Transformadores 31.5 MVA.**

Dos transformadores trifásicos de 31.5 MVA y relación de 13.8/138 Kv.

**Principales Obras Civiles de la Planta Centroamérica.**

**Presa Mancotal (Apanás):**

La presa El Mancotal, que coincide totalmente con la solución de anteproyecto, fue proyectada de tierra y no de escollera por el hecho de que al efectuar los ensayos en el sitio se observó que la andesita del lugar era de material compactable. El relleno resulto de un volumen de 715000m<sup>3</sup>. La pendiente aguas arriba, desde la coronación, cota 961, hasta la cota 947, es de 4,5:1; por debajo de la 947m.s.n.m; la pendiente es de 3:1 y se apoya sobre el ataguía de aguas arriba incorporada en la presa principal.

La pendiente media aguas abajo es de 2,5:1, dividida por medio de bermas de 4mts de anchura, colocada cada 10mts. La zona central de la presa se encaja en la roca de fundación a una profundidad media de 3mts, y por debajo de esta se ha previsto una pantalla de inyecciones de consolidación, cuya profundidad alcanza en la zona central los 25mts.

Hay un sistema de filtros constituidos por cuatro zonas con diferentes materiales distribuidos en tres zonas de 0.5mts cada una de material fino, medio y grueso. La coronación de la presa tiene una anchura de 10mts y sobre la misma pasa una carretera, protegida aguas arriba con un muro contra olas.

**Morning Glory:**

Vertedero con umbral a cota 956 y diámetro máximo de 26mts, comunica con un pozo vertical de 7.5mts de diámetro, de concreto armado.

La obra empalma con el túnel unos 70mts aguas debajo de la embocadura del túnel de desvío. La solución del vertedero tipo “Morning Glory” en lugar de un vertedero tipo abanico como en el anteproyecto fue debida a razones geológicas y económicas.

En la margen derecha del rio está prevista un vertedero libre de emergencia, con umbral de 90mts de ancho, a cota 959.5mts y canal de tierra con taludes 1:1 y base 20mts; la obra tiene una longitud de 235mts y pendiente del 3%. Dicha obra había sido prevista utilizando el material de excavación para el relleno de la presa.

**Vertedero Abierto (Apanás):**

En la margen derecha de la presa para descargar 1400mts<sup>3</sup>/s. Durante la máxima creciente.

**Canal de Aducción (natural):**

Las aguas que se encuentran en el vaso de Apanas viene derivadas hacia la casa de máquinas por medio de un canal que normalmente funcionara sumergido; el canal permitirá una utilización del lago desde cota 956.5 hasta cota 949.5 para un gasto máximo de 22mts<sup>3</sup>/s; su longitud es de 3920mts; se habían previsto diferentes secciones según los terrenos atravesados.

**Pozo de Oscilación:**

Sección circular de diámetro 4.5mts, cámara de expansión superior, de 1500mts<sup>3</sup> y cámara de alimentación inferior de 800mts<sup>3</sup>.

**Túnel de Aducción:**

Revestido, con una sección de 7m<sup>2</sup> y una longitud de 2750mts desde la entrada hasta el eje del pozo de oscilación; pendiente media de 3.8%.

**Principales Obras Civiles Anexas.**

Presa “El quebradón”.

Túneles “El Quebradón”.

Canales de concreto “El Quebradón”.

Presa “El Dorado”.

Vertedero Abierto (Asturias).

Estación de Bombeo (Asturias).

Carretera de Acceso (Tierra).

Estas son las principales obras de la Planta Centroamérica y de esta manera quedo constituido a como es hoy en la actualidad ya que no se ha realizado ninguna modificación.

**Planta Santa Bárbara actualmente conocida como Carlos Fonseca. Estudios Previos a la construcción de la Planta.**

Con los estudios que se realizaron para la construcción de la primera planta Hidroeléctrica del País (Planta Centroamérica) podría parecer que solo se indago o priorizo esta planta y no la que fue construida después que es la Planta Carlos Fonseca, pero esto no es así ya que todos los estudios realizados para la primera planta sirvieron de apoyo y guía para la construcción de la Planta Carlos Fonseca, la cual plasmaremos a continuación.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

En el año de 1952 se iniciaron los estudios de electrificación del Rio Tuma, del cual formaría parte la Planta Hidroeléctrica Santa Bárbara.

En enero de 1966 La empresa Nacional de luz y fuerza (ENALUF), entidad autónoma del estado de Nicaragua, había encargado a ELC-Electroconsult<sup>37</sup> de estudiar los esquemas posibles para la utilización hidroeléctrica de las aguas de los ríos Tuma, Matagalpa, Viejo y Sinecapa.<sup>38</sup>

El 3 de junio de 1966 existiendo la posibilidad de aprovechar aguas abajo los mismos recursos hídricos, para la irrigación de la llanura de los Ríos Viejo y Sinecapa, y consideradas las estrechas relaciones entre la utilización hidroeléctrica y la irrigación, con contrato celebrado en Managua, ENALUF encargo a ELC también el estudio preliminar de las soluciones más convenientes para el regadío, con el objeto de evidenciar la mejor utilización multipurpose integral de los recursos hídricos.

ELC envió en Nicaragua para realizar este estudio una misión constituida por un agrónomo-economista (jefe de la misión) y un experto de edafología<sup>39</sup>, durante el periodo del 18 de abril al 16 de junio de 1966.

Después de varias discusiones con autoridades, especialistas y representantes de las entidades interesadas, los expertos del ELC efectuaron inspecciones aéreas sobre el territorio a estudiarse. Se situaron en el lugar, luego examinando perfiles del terreno y recolectando muestras para el análisis. Efectuaron además varias encuestas de carácter técnico, económico y social con los agricultores de la zona.

---

<sup>37</sup> Ver Nota 2

<sup>38</sup> Ministerio de Energía y Minas, Empresa nacional de Luz y Fuerza (ENALUF), Sistema Interconectado Nacional Planta Santa Bárbara, Estudio de Factibilidad Técnico-Económico, ELC Electroconsult, Milán Italia, Mayo de 1997.

<sup>39</sup> Es una rama de la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Los expertos realizaron otras visitas en los alrededores de la zona estudiada y a Managua con objeto de averiguar la consistencia de infraestructuras, servicios, industrias para beneficio de los productores agrícolas y posibilidades de mercado. En las oficinas centrales del ELC en Milano se pasó a ordenar los resultados del estudio y a discutir los problemas inherentes al aprovechamiento multipurpose, hidroeléctrico y de riego, de los recursos hídricos con los técnicos encargados del estudio hidroeléctrico.

Por la característica de la Zona que comprende la Planta Santa Bárbara se hicieron una gran cantidad de estudios para los diferentes aprovechamientos desde lo hidroeléctrico, la irrigación, la cría de ganado.

En el año 1967 mediante decreto No. 10-D, Aprobado el 28 de Abril de 1967, Publicado en La Gaceta No. 107 del 17 de Mayo de 1967<sup>40</sup> se declaró de utilidad pública el proyecto Hidroeléctrico “Santa Barbará”.

En Decreto en sus considerandos IV dice: “Que para la ejecución de las obligaciones que implican el Acuerdo de concesión arriba mencionado, la Empresa Nacional de Luz y Fuerza<sup>41</sup>, en base a un planeamiento general elaborado recientemente, necesita, proceder la construcción inmediata de una Planta Térmica y del Proyecto Hidroeléctrico “Santa Bárbara”, Segundo Desarrollo del Sistema T.M. V., que tiene por objeto primordial el progreso general de la Nación”.

Y en su considerando V dice: “Que para la ejecución de tales obras que comprenden parte del desarrollo eléctrico del Sistema Interconectado Nacional; a cargo de la Empresa Nacional de Luz y Fuerza, es indispensable y necesaria la adquisición de tierras y servidumbres sobre propiedades particulares, así como también la reservación de los recursos naturales de los Ríos Tuma y Viejo,

---

<sup>40</sup> Asamblea Nacional.

<sup>41</sup> Ahora Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL)

facilidades por las que forzosamente tendrán que construirse, pasar y utilizar las Obras de estos Proyectos”.

El 05 de marzo de 1972 la unidad numero 1 fue sincronizada al servicio comercial. En esta Fecha fue inaugurada la Planta.

### **Culminación del Proyecto Planta Santa Bárbara.**

La planta Santa Bárbara es una Planta Hidroeléctrica cuya ubicación se encuentra sobre el Rio Viejo a la altura entre los municipios de Darío y San Isidro. De la misma generación de la Planta Centroamérica, de 50MW de capacidad instalada y reutiliza los volúmenes de agua de la Planta Centroamérica más lo que recibe de escorrentía en su propia cuenca.<sup>42</sup> Utiliza un embalse (La Virgen), una represa sobre el río y su canal de aducción y tubería forzada para el desfogue aguas abajo del curso principal del río.

El embalse La Virgen tiene 6 Km<sup>2</sup> de superficie, desde donde el agua se hace llegar por medio de un canal de 2700 metros de longitud en tramos de 1007 metros y 1693 metros respectivamente enlazados por medio de un sifón de 186 metros y con capacidad de 33 metros cúbicos por segundo.

La represa del embalse La Virgen esta sobre la cuenca hídrica Tuma-Rio Viejo, en el departamento de Matagalpa. Con una superficie de 6 Km<sup>2</sup>, este embalse recoge las aguas vertidas desde la Planta Centroamérica que son conducidas hasta las instalaciones de la Planta en donde se encuentran las turbinas.<sup>43</sup>

La planta cuenta con dos turbinas que al igual que la planta Centroamérica son de tipo Francis de 25 MW de capacidad cada una.

---

<sup>42</sup> Hidrogesa

<sup>43</sup> Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL), Plantas Hidroeléctricas, sitio, [www.enel.gob.ni/](http://www.enel.gob.ni/)

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

En el decreto No. 10-D, Aprobado el 28 de Abril de 1967, en su Artículo 5 dice: “Las obras a efectuarse y que constituyen la nueva ampliación del Sistema Interconectado Nacional son las siguientes: en su punto 2.- Una Planta Hidroeléctrica de 50.000 KW de capacidad, aproximadamente, que utilizará las aguas de los Ríos Tuma, Matagalpa y Viejo; planta ubicada sobre el curso del Río Viejo entre el cruce de la carretera Interamericana con el Río Viejo, y la confluencia de la quebrada "El Carrizal" con el mismo Río Viejo en las cercanías del poblado "La Rauda". El Proyecto Hidroeléctrico atrás mencionado comprende las siguientes obras:

- a) Un Vaso de Almacenamiento para regulación de las aguas, en el Valle de Sébaco.
- b) Una presa sobre el Río Viejo en el sitio denominado "Santa Bárbara".
- c) Un canal de aducción que corre en dirección norte sur de aproximadamente seis kilómetros de longitud.
- d) Un túnel de aducción de aproximadamente seis kilómetros de largo, que capta las aguas derivadas por el canal de aducción.
- e) Una tubería forzada y una Casa de Maquinas donde estarán ubicadas las unidades generadoras con 50.000 KW de capacidad.
- f) Subestaciones elevadoras y receptoras y líneas de transmisión de alta tensión (138000 voltios) que conectarán la Planta "Santa Bárbara" con la ciudad de Managua y la línea de Transmisión Sébaco León actualmente en construcción.
- g) Líneas de distribución primaria de 24.900 y 13200 voltios de tensión a construirse dentro del área que abarca la concesión de la Empresa Nacional de Luz y Fuerza.-

h) Caminos de acceso a las diversas obras desde las carreteras. Panamericana y Telica-San Isidro”.

### **Principales Obras Civiles de la Planta Santa Bárbara.**

\* **Presa “El salto” (Lago “La Virgen”):** Es de una estructura de tierras de 20 metros de altura sobre cimientos constituida por un núcleo de arcilla sostenido por dos capas de arena y grava la interior y de escollera la externa. La Presa dispone de piezómetros y medidores de asientos.

\* **Vertedero - Compuertas (Lago “La Virgen”) ó (El aliviadero de la presa):** Con una capacidad teórica de 2,000 m<sup>3</sup>/seg. Con cuatro vanos cerrados por compuertas Taintor de las que No. 2 tiene además una clapeta para eliminar la broza y pequeños vertidos.

El canal de desagüe del aliviadero es recto con una solera realizada con concreto que se adapta al relieve de la roca, vertiendo al río en forma de cascada con planta irregular.

\* **Dique Fusible (Lago “La Virgen”):** Era una presa de materiales sueltos de sección trapezoidal, con longitud de coronación de 247,5 metros, de 3 metros de altura, anchura en cresta de 4,5 metros y 14,35 en cimientos. Estaba constituido por un núcleo arcilloso arropado aguas arriba por arena y gravas y aguas abajo por grava gruesa. El pié de aguas y uso se había protegido con una manta de gaviones<sup>44</sup> que se continuaba en los laterales de un amplio canal, con longitud aproximada de 220 metros, altura media de 4 metros y anchura aproximadamente igual a la del dique, cuya solera era el terreno natural. Esta solera daba lugar a una amplia explanada que finalizaba en el

---

<sup>44</sup> Muro de contención, también son utilizados para canalizaciones, refuerzos de taludes y costados de ríos o quebradas, flexible estructurado en una red de polipropileno de alta densidad y relleno con gravas.

cantil que constituye el borde del río. Una carretera cruzaba el canal permitiendo el acceso a la toma del canal de aducción.

### **Canales de conducción:**

Al sur de la presa, a 500mts. Inicia el canal de conducción, el cual fue construido para desviar las aguas contendidas en el embalse hacia casa de máquina.

El canal está dividido en dos secciones: canal 1 y canal 2, unidos por dos tubos paralelos de 3mts., de diámetro cada uno, estos conforman el sifón. El canal tiene dos vertederos de descarga a la cota de 440.10M.S.N.M., dos compuertas de fondo, 5 cruces superiores y uno interior para descargar las aguas de diferentes quebradas hacia el río.

#### **Características:**

Canal 1: 1007mts. De longitud.  
Sifón canal las pozas: 186mts. De longitud.  
Canal 2: 1693mts. De longitud.  
Longitud total incluida el sifón: 2886mts.

### **Tubería forzada.**

Se extiende desde aguas debajo de la válvula mariposa en cámara de válvulas hasta cada una de las válvulas esféricas en casa de máquinas.

#### **Características:**

Long. De la tubería: 668mts  
Diámetro de la tubería: 3mts  
Se encuentra soportada en soportes de concreto y está formada por cinco juntas de expansión.

- \* Sistema antiincendios.
- \* Edificio y casas habitacionales.

### **Pozo de oscilación.**

A 80mts. Antes de cámara de válvulas está ubicado el pozo de oscilación, constituido por una caña vertical con un diámetro interior de 5mts. Y una altura de 41mts. Fue construido con el objetivo de hacer que los golpes de ariete en la tubería forzada queden casi anulados.

#### **Características**

Diámetro interior:           5mts  
Altura:                           41mts

### **Puente “San Esteban”**

Entre el terminal del túnel No. 1 y el inicio del Túnel No.2 hay un puente metálico que sostiene una tubería de acero de 128.0m., de largo, para el cruce de la aducción sobre la quebrada San Esteban.

### **Principales Equipos Electromecánicos de la Planta Santa Bárbara.**

- \* Turbinas
- \* Generadores
- \* Excitadores gen.
- \* Transformadores 31.5MVA
- \* Acumuladores
- \* Cuadros de dist. Eléctrica

#### **Reguladores de velocidad:**

Los reguladores de velocidad están constituidos por dos partes principales:

- \* Panel de regulación electrónico
- \* Reglador electrohidráulico

#### **Válvula esférica:**

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Es un órgano de cierre de la tubería de presión delante de la turbina. El mando del accionamiento se hace mediante aceite a presión, desde un acumulador de aceite (tanque de aceite a presión número 250), el cual está unido al circuito de aceite del regulador.

Estos son los principales elementos u obras de la Planta Carlos Fonseca y es así como están constituidas ambas plantas actualmente, en el siguiente capítulo plantearemos la actualidad de las plantas así como los mantenimientos, modernizaciones y mejoras que han tenido desde la fecha de su construcción hasta nuestros días.

## CAPITULO II

### PLAN DE GESTION AMBIENTAL

#### PLAN DE GESTION AMBIENTAL.

Se denomina gestión ambiental o gestión del medio ambiente al conjunto de diligencias conducentes al manejo integral del sistema ambiental. Dicho de otro modo e incluyendo el concepto de desarrollo sostenible, es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.

De manera genérica los planes de Gestión Ambiental persiguen los siguientes objetivos específicos:

- \* Plan de corrección, prevención y mitigación incluyendo las medidas para el control de los efectos ambientales de una manera eficiente y eficaz. Dicho plan define la temporalidad, el espacio y las responsabilidades apropiadas para poner en práctica las referidas medidas.
- \* Plan de monitoreo incluyendo parámetros y medidas de seguimiento ambiental para establecer y verificar cambios en el medio ambiente y medidas indicativas para evaluar los efectos en aquellos casos en que se generen problemas específicos.
- \* Plan de contingencias compuesto por procedimiento de respuesta a emergencias, accidentes o posibles eventos no deseados.
- \* Plan de relaciones comunitarias para el control de efectos sobre la comunidad y relaciones con las comunidades.

En el proceso de desarrollo del plan de Gestión se distinguirán dos partes:

1. Elaboración del plan:

- \* Definir los impactos objeto a considerar en el plan de gestión ambiental de acuerdo al nivel de importancia de impacto.
- \* Definir los objetivos concretos del plan.
- \* Determinar los datos necesarios a tener en cuenta para un correcto funcionamiento del Plan: Indicadores de impacto, mediciones, frecuencia de la toma de datos.

2. Instrumentación y operación del plan desarrollado:

- \* Elaborar el plan de gestión ambiental de acuerdo a las exigencias del organismo competente y a la secuencia de trabajos del promotor del proyecto.

Los planes de gestión ambiental constituyen la filosofía de prevención y mitigación de impactos ambientales del proyecto y consisten en la adopción de una serie de medidas:

En los Planes de gestión Ambiental se consideran las recomendaciones establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental realizado previo a la construcción del proyecto, en este caso esto no es posible ya que para la construcción de las Plantas Centroamérica y Santa Bárbara no se realizó un Estudio de Impacto ambiental por lo que las medidas a implementar son en base a las observaciones hechas durante las visitas a dichas plantas así como recomendaciones preventivas.

## **FUNDAMENTOS LEGALES**

Todo plan de Gestión Ambiental debe de estar fundamentado por medio de leyes estipuladas previamente. En este caso la ley que corresponde es la Ley de la Industria Eléctrica emitida por La Asamblea Nacional de la Republica de Nicaragua.

### **LEY DE REFORMA Y ADICIÓN AL ARTÍCULO 135 DE LA LEY No.272 “LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA”**

**LEY No. 494, Aprobada el 1 de Julio del año 2004**

#### **CAPÍTULO XV, DE LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.**

**Artículo 121.-** Para proteger la diversidad e integridad del medio ambiente, prevenir, controlar y mitigar los factores de deterioro ambiental, los agentes económicos deberán dar cumplimiento a las disposiciones, normas técnicas y de conservación del medio ambiente bajo la vigilancia y control del INE, MARENA y demás organismos competentes.

**Artículo 122.-** Los agentes económicos deberán evaluar sistemáticamente los efectos ambientales de sus actividades y proyectos en sus diversas etapas de planificación, construcción, operación y abandono de sus obras anexas y tienen la obligación de tomar las medidas necesarias para evitar, controlar, mitigar, reparar y compensar dichos efectos cuando resulten negativos, de conformidad con las normas vigentes y las especiales que señalen las autoridades competentes.

**Artículo 123.-** Las actividades autorizadas por la presente Ley, deberán realizarse de acuerdo a las normas de protección del medio ambiente y a las prácticas y técnicas actualizadas e internacionalmente aceptadas en la industria eléctrica. Tales actividades deberán realizarse de manera compatible con la

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

protección de la vida humana, la propiedad, la conservación de los recursos geotérmicos, hídricos y otros recursos, evitando en lo posible, daños a las infraestructuras, sitios arqueológicos históricos y a los ecosistemas del país.

Los estudios de impacto ambiental, planes de protección y planes de contingencias deberán presentarse con la solicitud de concesión o licencia.

**Artículo 124.-** En caso de accidentes o emergencias, el concesionario o titular de licencia deberá informar de la situación inmediatamente al INE tomando las medidas adecuadas para salvaguardar la seguridad de las personas y de sus bienes y si lo considera necesario, suspender las actividades por el tiempo requerido para la seguridad de las operaciones. Esto será sin perjuicio de un informe que deberá presentar por escrito dentro de las siguientes 72 horas.

**Artículo 125.-** Si el concesionario o titular de licencia no tomara las medidas pertinentes del caso, el INE podrá suspenderle sus actividades por el tiempo necesario, estipulando condiciones especiales para la continuación de las mismas.

### **IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.**

Al realizarse un Plan de Gestión Ambiental se debe de tener en cuenta que lo primero que debemos saber son los impactos que se generan o los que han surgido en este caso para de esa forma realizar el PGA en base a estos impactos con el propósito de mitigarlos y si es posible eliminarlos, en este PGA presentaremos los posibles impactos que produce la operación de las Plantas Hidroeléctricas.

Impactos:

- \* Generación de residuos sólidos domésticos e industriales.
  
- \* Pérdida de cobertura vegetal.

- \* Formación de nuevos hábitats Acuáticos.
- \* Alteración de la calidad y los Niveles de las aguas

Estos son los impactos de más importancia que se pueden producir durante la operación de estas plantas por lo que nos centraremos en estos para realizar los planes de Manejo respecto a cada impacto.

#### **PLAN DE IMPLEMENTACION DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES**

Se desarrollara a continuación un plan de implementación de las medidas ambientales para cada uno de los objetivos planteados anteriormente para este plan de gestión ambiental.

#### **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.**

El plan de manejo ambiental conformara varios programas que abarcaran en su totalidad el entorno o medio ambiente en el cual se ubican estas plantas hidroeléctricas, teniendo entre los programas el de Manejo de Materiales reciclables y Basura.

#### **MANEJO DE MATERIALES RECICLABLES Y BASURA.**

En el análisis de impacto ambiental se identifican, analizan e incorporan los criterios de diseño de las principales alteraciones que la operación o construcción de estas plantas pudiese ocasionar sobre el ambiente, una de ellas es la basura y su manejo ya que a pesar que es una planta de generación y la cantidad de personas que laboran o frecuentan estas plantas son pocas la cantidad de basura debe regularse y sobre todo los tipos de materiales que podrían ser reciclables.

Lo que se propone en este PGA es dar importancia al reciclaje de la basura generada en las plantas creando depósitos de basura en cada área o sector de la

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

planta separando los residuos orgánicos, los residuos inorgánicos y los residuos peligrosos.

Para desarrollar esto se propondrá un cuadro para establecer las Actividades a ejecutarse.

**Cuadro 1. Plan de Manejo de Materiales Reciclables y Basura.**

Actividades del Programa	Actividades de supervisión y control	Tiempo de Realización	Responsable
Recolección y Reciclaje de Basura	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Colocar depósitos de basura en cada sector o área de las Plantas.</li> <li>- Señalizar los depósitos de Basura de acuerdo al tipo de desecho.</li> <li>-Dar a conocer a cada empleado de las plantas de este plan.</li> <li>-Verificar el correcto almacenamiento de los residuos.</li> <li>-Vigilar y comprobar la implementación del plan mencionado.</li> <li>-Instalación de Incinerador de desechos.</li> </ul>	Permanente	Unidad Ambiental designada por las plantas.

Este cuadro refleja las medidas a implementarse para el Manejo y reciclaje de la basura generada en ambas Plantas, este programa contiene medidas menores ya que es por decirse la parte más sencilla de este Plan ambiental, sin embargo esto debe hacerse cumplir ya que pequeñas cosas como estas sino se regulan llegan a tener un gran impacto.

### **MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS, COMBUSTIBLES Y SUSTANCIAS QUIMICAS.**

La energía producida por Plantas Hidroeléctricas es considerada una energía limpia por su no generación de emisiones ni impactos significativos sobre el medio ambiente. Sin embargo estos pequeños impactos deben de ser muy

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

tomados en cuenta ya que en cierta medida pueden dañar significativamente el ambiente que rodean dichas plantas.

Por esta razón tendremos como parte del plan Ambiental el Manejo de Residuos Sólidos, Combustibles y Sustancias Químicas que de no crear un control o adecuado manejo podría perjudicar las aguas o afluentes involucrados en la generación de energía. En este documento presentaremos una serie de residuos que son generados a consecuencia de las actividades realizadas en las plantas.

**Cuadro 2.**

ETAPA	RESIDUOS
Operación	Papel, cartón, vidrio, metales, materiales mezclados, madera, plásticos, tarros de pintura etc
	Asimilables a domésticos aportados por el personal de las Plantas.
	Aceite y grasas producto de los mantenimientos.

El siguiente cuadro presenta las actividades a implementarse para este Programa del Plan Ambiental.

**Cuadro 3.**

Actividades del programa	Actividades de Supervisión y Control	Tiempo de Realización	Responsable
Residuos Generados	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificar el manejo correcto de los residuos sólidos producto de la operación de las plantas.</li> <li>-Realizar los mantenimientos o trabajos solo por personal autorizado con conocimientos del correcto manejo de cualquier sustancia o residuo.</li> <li>-Comprobar el correcto almacenamiento de los residuos generados producto de la actividad en dichas plantas.</li> <li>- Cada tipo de residuos sólidos peligroso deberá ser almacenado en contenedores separados, debidamente tapados y rotulados con el símbolo universal correspondiente al tipo de desecho generado.</li> <li>-Vigilar el correcto aislamiento para estos residuos generados en actividades de operación.</li> </ul> <p>No deben existir conexiones con drenaje, válvulas de drenaje o cualquier otro tipo de comunicación que pudiera permitir que los líquidos generados fluyan fuera del área de almacenamiento.</p>	Permanente	Unidad Ambiental designada por las plantas

Para el manejo de desechos domésticos debe cumplir con las disposiciones generales de la Norma Técnica Ambiental para el manejo, tratamiento y

disposición final de los desechos sólidos No peligrosos (NTON 05 014 -02) que establece entre otras cosas.

- \* No se permite depositar animales muertos, en los recipientes de almacenamiento de uso público o privado. En caso de un accidente que produzca la muerte de un animal este debe ser enterrado.
- \* Bajo ninguna circunstancia se permite la quema de desechos sólidos no peligrosos. La empresa debe potenciar el reciclaje de los desechos sólidos o depositarlos en sitios aprobados por la Alcaldía Municipal Correspondiente.
- \* No se permite la disposición o abandono de desechos a cielo abierto en vías o áreas públicas, en predios baldíos, causes y en los cuerpos de agua, cualquiera que sea su procedencia.
- \* No se permite arrojar desechos, de cualquier tipo, en vías públicas y en vías de esparcimiento colectivo.
- \* No se permite almacenar desechos sólidos en un mismo recipiente, cuando puedan interactuar ocasionando situaciones peligrosas.

**Los desechos sólidos domésticos** también llamados residuos sólidos urbanos, son un tipo de residuo que incluye principalmente los residuos domésticos (basura doméstica) a veces con la adición de productos industriales procedentes de un municipio o de una zona determinada.

Estos desechos, ya sean en estado sólido o en forma semisólida, en general, excluyendo los desechos peligrosos industriales, hacen referencia a los residuos que quedan procedentes de los hogares y que contienen materiales que no se han separado o enviado para su reciclaje.

### **MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES Y EMBALSES.**

La calidad de las aguas se ha venido afectando por impactos generados en las cuencas y estos están asociados a las siguientes causas.

Alteración del régimen hídrico con el desvío de causas, desecación de humedad, extracción de materiales de río, y alteración de las zonas por expansión de la frontera agrícola y ganadera.

Uso inadecuado del suelo debido al sobrepastoreo y deforestación por las actividades agroindustriales con el uso intensivo de agroquímicos.

Práctica Inadecuada de residuos sólidos y aguas residuales domésticas e industriales a nivel rural y urbano.

Se entiende como manejo de aguas superficiales el conjunto de actividades encaminadas a proteger y dar un buen manejo y uso a las aguas superficiales y de escorrentía. En el siguiente cuadro presentaremos las actividades para implementarse en el plan correspondiente.

**Cuadro 4.**

Actividades del programa	Actividades de Supervisión y Control	Tiempo de Realización	Responsable
<p>Manejo De aguas superficiales y embalses</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reducir los aportes de materia orgánica, nutrientes y sedimentos provenientes de descomposición de la materia Orgánica inundada.</li> <li>-restauración de la cobertura vegetal en microcuencas aferentes al embalse</li> <li>- Prevenir la proliferación de macrófitas acuáticas en el embalse, mediante el control de aportes de nutrientes al mismo e implementación de estructuras de control mediante aislamiento y extracción.</li> <li>- Monitorear la no disposición de residuos sólidos en las corrientes hídricas.</li> <li>- Evitar el derrame de lubricantes o hidrocarburos que contribuyan a la contaminación de los mismos.</li> </ul>	<p>Permanente</p>	<p>Unidad Ambiental designada por las Plantas</p>

Es importante el tomar en cuenta todas estas medidas para de esta forma realizar un manejo integral de nuestros recursos, ya que estos son la base para la generación de energía y fuente de vida y economía para el país.

#### **MANEJO DE LA REFORESTACION**

La reforestación en las cuencas de ríos, riachuelos y lagos es uno de los elementos primordiales que permiten el uso sustentable de los recursos hídricos para la generación de energía eléctrica.

La reforestación es el restablecimiento de cobertura forestal, independientemente de las especies, métodos y fines con que se haga. La

arborización es sencillamente la acción de plantar árboles, con o sin pretensión de conformar cobertura forestal continua.

En este plan de gestión estableceremos las acciones y las medidas que se pueden llevar a cabo en propósito de promover la reforestación de las zonas que abarcan las Plantas Hidroeléctricas objeto de investigación en el presente trabajo monográfico.

**Cuadro 5.**

Actividades del programa	Actividades de Supervisión y Control	Tiempo de Realización	Responsable
Conformación de un Comité de Gestión o Brigada Ambiental para la reforestación de Cuencas y Microcuencas.	-Realizarán el diagnóstico y planeamiento de las actividades que se desarrollarán en las cuencas, considerando las limitaciones y potencialidades de estas, especialmente las relacionadas al recurso forestal.	Permanente	Personal de la Empresa o Institución Encargada de estas Gestiones.
Promover Recuperación de áreas forestales degradadas.	-Implementar la actividad de reforestación en las áreas degradadas con suelos muy pobres para reponer el componente arbustivo.	Permanente	Unidad Ambiental Dispuesto por la empresa.
Identificación de las cuencas con alta vulnerabilidad.	Identificar, clasificar, inventariar y priorizar dichas cuencas para la recuperación de la cubierta vegetal y de	Permanente	Unidad Ambiental Dispuesto por la empresa.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

	sus funciones ecológicas.		
Gestión en contra de la desertificación.	Adoptar estrategias combinadas de Reforestación y manejo de la regeneración natural para asegurar la persistencia de la cubierta vegetal en las zonas cercanas a dichas plantas.	Permanente	Unidad Ambiental Dispuesto por la empresa.

### SEÑALIZACION.

La señalización tiene por objeto informar, alertar o restringir una serie de indicadores ambientales. Estas señales se utilizan para crear conciencia de nuestros valores ambientales, sugiriendo o indicando la forma correcta de cuidar el planeta. Es un instrumento que facilita la gestión de sitios con potenciales atractivos para ser visitados (espacios naturales protegidos, lugares arqueológicos, etc.) con el fin de conseguir apoyo del público en tareas de conservación. Busca comunicar los valores del patrimonio natural y cultural, prevenir los efectos negativos, aportar a los procesos de conservación que se estén desarrollando en el área.

Habiendo definido esto presentaremos un cuadro con las Gestiones para implementar esta actividad.

**Cuadro 6.**

Actividades del programa	Actividades de Supervisión y Control	Tiempo de Realización	Responsable
Implementación de Señalización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Poner letreros en cada sitio de colocación de basura, informando a los usuarios los distintos tipos de residuos.</li> <li>-Colocar letreros en sitios estratégicos que indiquen el sitio de colecta de desechos más cercana.</li> <li>-Colocar letreros que detallen las prácticas ambientales.</li> <li>-Ubicar las señales de tal manera que puedan ser observadas e interpretadas por los trabajadores a los que están destinados y evitar que sean obstruidas.</li> </ul>	Cuando sea Necesario	Unidad Ambiental o Personal de las Plantas.

**GESTION SOCIAL.**

La constituyen todas las actividades que la Empresa u Organización realiza de manera obligatoria y voluntaria, en sus relaciones con las comunidades y autoridades localizadas en las áreas de influencia del proyecto en desarrollo, ejecución y en operación.

Hoy en día, los hombres y mujeres sólo pueden enfrentar la construcción y reformas de la sociedad cuando esto se trata de generar un cambio social en su entorno el cual es necesario para responder a la búsqueda de la superación de la pobreza lo cual implica la convergencia de intereses y necesidades comunes, finalidades humanas concertadas.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Aquí es donde entran estos Planes de Gestión Social ya que no importa si la empresa los emplea de manera obligatoria o voluntaria estos siempre buscan beneficiar a los pobladores aledaños al proyecto en construcción y una vez finalizada esta beneficia durante su operación.

Cabe mencionar también que la Gestión Social es de Vital importancia en la realización de un Plan de Gestión Ambiental ya que de esta forma se solicita ayuda a la comunidad para la realización y el cumplimiento del Plan Ambiental a implementar de la misma forma se educa y se concientiza sobre el cuidado al Medio Ambiente, ya que una parte de la responsabilidad recae sobre las comunidades que habitan las zonas cercanas al Proyecto en este caso las Plantas de Generación Hidroeléctrica.

Habiendo mencionado esto, presentaremos las actividades a implementar en la Gestión Social.

**Cuadro 7.**

Actividades del programa	Actividades de Supervisión y Control	Tiempo de Realización	Responsable
Inaugurar Oficina de Acceso a la Información Pública.	Verificar que se de atención a los asuntos relacionados con los procesos de comunicación, información y divulgación del proyecto y ser receptora de las inquietudes, quejas y reclamos de las comunidades.	Permanente	Unidad de Gestión Ambiental Asignada por las Plantas.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Actividades del programa	Actividades de Supervisión y Control	Tiempo de Realización	Responsable
Establecer un Grupo de Gestión Social.	Establecer un grupo que se encargue de las actividades inherentes al reasentamiento, en lo concerniente al restablecimiento del hábitat, desarrollo económico, y ubicación de empleos para los habitantes en las mismas instalaciones de las Plantas.	Permanente	Unidad de Gestión Ambiental Asignada por las Plantas.

De esta forma finalizamos con los programas propuestos para el Plan de Manejo Ambiental y procedemos a Plantear los Planes de Contingencia para la Planta Centroamérica y la Planta Santa Bárbara.

### **PLANES DE CONTINGENCIA.**

Son los que especifican cómo el operador debe responder frente a derrames de petróleo, fuego, desastres naturales y otras emergencias, incluyendo procedimientos, personal, entrenamiento y equipo específico para prevención y control.

El plan de gestión Ambiental tiene como objetivo brindar información necesaria y formas de actuación ante una emergencia, ya que el desconocimiento de la misma es en ocasiones causa de muertes o accidentes.

Para la correcta y eficiente implementación de este plan se deberá contar como con lo siguiente:

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

- \* Capacitar al personal de las plantas en las medidas de actuación ante situaciones de emergencia.
- \* Identificar los sitios seguros y posibles refugios.
- \* Contar con equipo de primeros auxilios y personal capacitado para brindarlo.
- \* Tener en un lugar visible los números telefónicos de emergencia.

### PLAN DE CONTINGENCIA ANTE INCENDIO.

**Cuadro 8.**

MEDIDAS DE PREVENCIÓN	MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Colocar extinguidores apropiados en lugares previamente identificados para esto.</li> <li>-verificar las condiciones de los equipos evitando el sobrecalentamiento.</li> <li>-No tirar colillas de cigarro al suelo.</li> <li>-Mantener limpio el entorno forestal de botellas o cristales ya que estos pueden servir como hacer de vidrio refractor e iniciar un incendio.</li> <li>-Eliminar toda basura, desperdicios y del material inflamable que se encuentren alrededor del área de trabajo y puedan ser material combustible, como pasto, hojas secas y ramas.</li> <li>-Almacenar adecuadamente las sustancias inflamables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Si el incendio está cerca, mantener la calma y alejarse lo más posible.</li> <li>-Cubrir la boca con un pañuelo seco si el humo es denso y se dificulta la respiración.</li> <li>-En caso de incendiarse la ropa, tirarse al suelo y rodar una y otra vez hasta que el fuego se apague.</li> <li>-Si es otra persona la que se está incendiando, envolverlo con una manta y hacerlo rodar por el suelo hasta que el fuego se extinga.</li> </ul>

**PLAN DE CONTINGENCIA ANTE DERRAMES DE AGUAS RESIDUALES O CUALQUIER SUSTANCIA.**

**Cuadro 9.**

<b>MEDIDAS DE PROTECCION Y SEGURIDAD</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>-Determinar la ubicación exacta del derrame o fuga.</li><li>-Si el trabajador posee las condiciones, debe detener el derrame en caso contrario solicitar la presencia</li><li>-Determinar el tipo de sustancia derramada, cantidad aproximada y dirección del flujo.</li><li>-Notificar inmediatamente a la Unidad -Ambiental encargada.</li><li>-Como medidas generales en caso de derrames debe usar medios de contención inerte para evitar propagación del derrame y que alcance cursos de agua.</li><li>-Realizar las acciones y actividades correspondientes para detener y controlar el derrame o fuga.</li><li>-En caso de derrame de solventes, monómero, alcoholes y en general de Hidrocarburos se debe usar material absorbente para hidrocarburos o arena</li><li>-Controlado el derrame se procederá a la limpieza inmediata.</li><li>-Todo el material recogido durante un derrame debe ser tratado como residuo peligroso si el producto derramado es considerado peligroso.</li></ul>

**PLAN DE CONTINGENCIA ANTE ACCIDENTES QUE CONLLEVEN LESIONES CORPORALES.**

**Cuadro 10.**

<b>MEDIDAS DE PROTECCION Y SEGURIDAD</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>-En caso de un accidente o emergencia médica informar inmediatamente a la Unidad de primeros Auxilios.</li><li>-Las labores de rescate o primeros auxilios serán realizados en primer orden por el personal de las plantas designados para estas emergencias.</li><li>-El jefe encargado de estas emergencias dará la orden de evacuar completamente las instalaciones cuando sea extremadamente necesario.</li><li>-Los primeros auxilios serán suministrados de forma continua hasta que llegue atención médica o medios para trasladar al personal afectado al centro de salud u hospital más cercano.</li></ul>

## PLAN DE EVACUACION.

A continuación se presentara un cuadro planteando las medidas a tomar como Plan de Evacuación ante cualquier inconveniente.

### Cuadro 11.

MEDIDAS DE PROTECCION Y SEGURIDAD
<ul style="list-style-type: none"><li>-Ante cualquier emergencia de consideración lo primero es emitir La señal de alarma puede consistir en un toque simple y uno doble, intermitentes o continuados, en caso de contar con un timbre.</li><li>- La persona más cercana a la puerta procede a abrirla, lo más rápido posible asegurándola con algo para que no se cierre.</li><li>- Debe instalar un Plano en el lugar más visible en el cual se indique claramente la ubicación de las zonas de seguridad hacia donde deben evacuar quienes se encuentran en él, al momento de producirse la emergencia.</li><li>- Cada grupo deberá desplazarse al área de seguridad, y debe permanecer en él mientras se verifica que todo el grupo complete la evacuación.</li><li>- Recordar que el mayor peligro se encuentra en escaleras y ascensores.</li><li>- Tener en un lugar adecuado y visible los números telefónicos de: Bomberos, Policía, Defensa Civil, Servicio de Salud más cercano y todo teléfono útil en una emergencia y memorizarlos de ser posible.</li><li>- Todas las puertas de la institución deben estar sin llave y libres de obstáculos y en condiciones de ser abiertas con facilidad y hacia fuera.</li><li>- No volver a entrar al edificio una vez que se haya evacuado, por ningún motivo.</li><li>- La autorización para que el personal pueda regresar al edificio, la da la autoridad responsable mediante una señal de retorno previamente establecida.</li><li>- Cerrar las puertas después de salir.</li></ul>

**PLAN DE MONITOREO**

El Plan de Monitoreo, tiene como finalidad principal, en llevar a cabo las acciones dirigidas a la minimización, desaparición de los posibles impactos ambientales. El monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales ya que describe las actividades que deben llevarse a cabo para caracterizar y vigilar la calidad del medio ambiente.

En el siguiente cuadro plantearemos algunas medidas de monitoreo de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental propuesto.

**Cuadro 12.**

Componente Ambiental	VARIABLES A MONITOREAR	Frecuencia
Plan de Manejo de Materiales Reciclables y Basura.	-Monitorear por medio de registros fotográficos, Fílmicos y escritos que se realice la correcta distribución de la basura.	Trimestral
Residuos líquidos, combustibles y sustancias químicas.	-Producción per cápita -Densidad -Composición física -Volumen total	Anualmente
Manejo de Aguas Superficiales y Embalses	-Oxígeno Disuelto -Turbidez -Temperatura -pH -Alcalinidad -Dureza Total -Hierro Total -Cloruros -Conductividad -Sulfatos -DBO5 -DQO -Sólidos Totales -Sólidos Suspendidos Totales -Sólidos Disueltos Totales	Trimestral

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Componente Ambiental	VARIABLES A MONITOREAR	Frecuencia
Manejo de la reforestación	-Las tasas de crecimiento y regeneración de la plantación. -Cantidad y calidad del agua superficial. - Profundidad y calidad del agua subterránea. - Control de Quemas - Consumo de agroquímicos	Trimestral
Señalización	-Inspección de los puntos en donde se han colocado letreros o señales.	Semestral
Gestión social	-Llevar un registro de las quejas o inquietudes. -Solicitar informes con soportes tales como videos, fotos que respalden las actividades realizadas.	Cuando sea necesario

Cada año, más organizaciones dedicadas a diversas actividades se esfuerzan por demostrar su desempeño ambiental. Además, en un mundo tan cambiante y ante nuevos retos establecidos, sobre todo en el ámbito legal, donde las exigencias cada día se van haciendo más estrictas, las organizaciones buscan establecer mecanismos que las lleven a mejorar su desempeño ambiental, implementando elementos de control sobre los aspectos ambientales generados en sus actividades, procesos, productos o servicios.

La gestión ambiental en las plantas hidroeléctricas no sólo se debe fundamentar en implementar programas para el manejo de sus desechos o en establecer programas de capacitación ambiental comunitaria, sino que se debe orientar hacia una gestión integral que incluya, entre otras cosas, el establecimiento de compromisos ambientales; objetivos, metas y programas orientados a alcanzar estos compromisos; planificar y disponer de los recursos, tanto humanos como materiales, para controlar y atender los aspectos ambientales generados por sus operaciones; y asegurarse de contar con proveedores competentes para las labores para las que se contrataron, entre otros Identificación de impactos.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Vale la pena el esfuerzo que haga cada participante del sistema de gestión ambiental en la planta hidroeléctrica, si se considera que los beneficios de contar con un sistema de gestión ambiental no sólo los podrán aprovechar aquellos que laboran dentro de este, sino que también se verán beneficiados las comunidades vecinas, las familias de los colaboradores y el país en general, pues definitivamente el sistema de gestión ambiental hará que nuestras organizaciones sean más competitivas, en la medida que mejoramos de forma continua nuestra gestión ambiental. <sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Éxito Empresarial,(1), Penélope Acevedo -Consultora en Sistemas de Gestión **CEGESTI**

## CAPITULO III

# ANALISIS FODA DE LAS PLANTAS HIDROELECTRICAS ESTATALES

### 3.1 GENERALIDADES.

En el presente trabajo monográfico estaremos efectuando un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para las Plantas Hidroeléctricas Estatales existentes en el país en especial de las Plantas Centroamérica y de la Planta Santa Barbará ahora llamada Planta Carlos Fonseca, este tipo de estudio es el que realizan las empresas cuando efectúan un proceso de planificación y consiste en analizar las Fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas a las que se enfrenta el proyecto.

Se estima que la empresa ejerce cierto control sobre sus fuerzas y debilidades internas. Si se confirma la capacidad de fabricar productos de alta calidad, pero se admiten las deficiencias del departamento de marketing o mercadotecnia, se pueden centrar los objetivos en reforzar este último sin tener que esforzarse en mejorar la calidad.

El control sobre las oportunidades y amenazas provenientes del exterior es menor. Antes de poder aprovechar las oportunidades que ofrecen el mercado y el medio ambiente que rodean estas plantas, primero hay que identificarlas.

Estos dos elementos dependen sobre todo de la actuación de las empresas competidoras; dependiendo de las oportunidades que hayan identificado y estén explotando las empresas rivales existirán mayores o menores amenazas. Sin embargo, las amenazas y oportunidades a las que se enfrentan estas plantas no dependen en exclusiva de la actuación de las otras similares o iguales a ellas,

también dependen de la legislación, de las tendencias en los gustos de los consumidores y de las nuevas tecnologías, entre otros muchos factores.

El análisis FODA es un estudio muy subjetivo. Su utilidad potencial depende de la fiabilidad y exactitud del estudio. Su instrumentalidad efectiva depende de lo que se haga a partir de las conclusiones obtenidas tras efectuar el análisis.

En última instancia, la validez de las conclusiones depende del examen previo de toda una serie de factores entre los que cabe destacar la productividad del trabajo, los canales de distribución, las técnicas, el volumen de ventas, el tamaño del mercado, etc.

Si los datos obtenidos a partir de esta investigación son fiables, la importancia del análisis FODA dependerá de la mejor o peor valoración que se haga de estos datos y de las acciones que se tomen a partir del análisis.

Por lo tanto, si una empresa llega a la conclusión de que es más fuerte de lo que representa en realidad, puede subestimar las amenazas a las que se enfrenta; mientras que una empresa que no identifica una oportunidad extraordinaria puede verse debilitada en el futuro.

El análisis FODA es una de las herramientas esenciales que provee de los insumos necesarios al proceso de planeación estratégica, proporcionando la información necesaria para la implantación de acciones y medidas correctivas y la generación de nuevos proyectos de mejora.

En el proceso de análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (análisis FODA), se considera los factores económicos, políticos sociales y culturales que representan las influencias del ámbito externo al Sector Hidroeléctrico Estatal, que inciden sobre su quehacer interno, ya que potencialmente puede favorecer o poner en riesgo el cumplimiento de los planes

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

que el gobierno tenga destinados a efectuar. La previsión de esas oportunidades y amenazas posibilita la construcción de escenarios anticipados que permitan reorientar el rumbo del sector.

Las fortalezas y debilidades corresponden al ámbito interno del sector hidroeléctrico, y dentro del proceso de planeación estratégica, se debe realizar el análisis de cuáles son esas fortalezas con las que cuenta y cuáles las debilidades que obstaculizan el cumplimiento de sus objetivos estratégicos. Entre algunas características de este tipo de análisis se encuentran las siguientes ventajas:

- \* Facilitan el análisis del quehacer institucional que por atribución debe cumplir el Sector Hidroeléctrico Estatal en apego a su marco jurídico y a los compromisos establecidos en las políticas públicas que el gobierno actual ha adquirido con la población.
- \* Facilitan la realización de un diagnóstico para la construcción de estrategias que permitan reorientar el rumbo institucional, al identificar la posición actual y la capacidad de respuesta de nuestra institución.
- \* Permite identificar la congruencia entre la asignación del gasto público y su quehacer institucional.

De esta forma, el proceso de planeación estratégica se considera funcional cuando las debilidades se ven disminuidas, las fortalezas son incrementadas, el impacto de las amenazas es considerado y atendido puntualmente, y el aprovechamiento de las oportunidades es capitalizado en el alcance de los objetivos, la Misión y Visión del Sector Hidroeléctrico Estatal.

Tenemos que partir de la Misión y Visión<sup>46</sup> del Sistema Eléctrico Nacional que el Gobierno Actual tiene para el Sector Hidroeléctrico y otros, siendo estos los siguientes:

### **Visión:**

Ser líder en producir energía renovable, con recursos nacionales en armonía con el medio ambiente, garantizando la operación de los sistemas: generadores de distribución y comercialización de su competencia, al menor costo.

### **Misión:**

Ampliar la capacidad de producción de la energía eléctrica en Nicaragua, desarrollando proyectos con fuentes nacionales de energía primaria rentables y administrar la generación, distribución y comercialización de la electricidad de su competencia, con calidad, haciendo uso eficiente de la energía eléctrica, es decir, la introducción de métodos, procesos, equipos, maquinarias, aplicaciones y recursos humanos calificados que aseguren la rentabilidad de la empresa.

## **3.2 FORTALEZAS DE LAS PLANTAS CENTROAMERICA y SANTA BARBARA conocida como CARLOS FONSECA.**

La riqueza natural de Nicaragua es el principal atractivo para invertir en el sector energético. El potencial es tan alto, que la producción de energía renovable se perfila como uno de los atractivos de inversión más fuertes del país.

Nicaragua es un país hídrico lugar donde su periodo estacionario de lluvia es de aproximadamente seis meses y existen en el territorio nacional lagos, lagunas y reservorios de agua superficiales.

---

<sup>46</sup> Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional ENEL ( Empresa Nacional de Electricidad)

Uno de ellos es donde queda ubicada la planta Centroamérica esa es su mayor **FORTALEZA EXTERNA** la natural que es la subcuenca hidrográfica forma parte de la cuenca de drenaje del Río Grande de Matagalpa, segundo río más largo de Nicaragua con 368 km de longitud, y área drenada total de 18 309 km<sup>2</sup>.<sup>47</sup>

La **Precipitación** de agua en esa área media anual de 797 mm. La estación lluviosa ocurre en los meses de Mayo a Octubre, con una canícula en los meses de Julio y Agosto.

El Río Grande de Matagalpa y su principal tributario, Río Tuma es uno de los principales ríos de la región de drenaje de la Costa del Caribe, de norte a sur, se originan en las montañas nor-centrales o centrales de Nicaragua.

Según lo antes dicho, la mayoría de los ríos fluyen desde las montañas nor-centrales o centrales hacia el Lago de Managua o el Lago de Nicaragua. Durante este período (1971-1979) la estación de aforo en el Río Grande (Río Viejo) en Santa Bárbara registró un flujo máximo de 535 metros cúbicos por segundo y un flujo promedio de 6.24 metros cúbicos por segundo.<sup>48</sup>

El aprovechamiento de estas aguas genera energía eléctrica de forma más cómoda o barata. En estas centrales se aprovecha la energía cinética del agua dejándola caer sobre los alabes de una turbina hidráulica. El embalse en la central solamente tiene por objeto aumentar en lo posible la altura de la caída de agua y podría ser inútil su operación en época seca.

Por el contrario, durante la época de lluvias, durante las avenidas, se pierde el exceso de agua que no puede pasar por las turbinas. En Nicaragua la mayoría de

---

<sup>47</sup> Estudio de Plan de Gestión y desarrollo Integral de la Cuenca del Río Grande de Matagalpa de Thelma Salvatierra Suárez.

<sup>48</sup> ABC del Agua editado por ENACAL.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, están diseñadas de esta forma y no acumulan reservas.

Por otro lado, las centrales de acumulación permiten regulación de caudales en forma tal que se disponga de reserva en época seca y pueda a su vez asimilar las avenidas en época de lluvias. Disponen de una presa que permite compensar las irregularidades del caudal de los ríos y el agua es acumulada en lagos artificiales.

Como es el caso de las centrales objeto de estudio que son Centroamérica, Santa Bárbara hoy Carlos Fonseca, otros ejemplos son: las Canoas y Siempre Viva.

El criterio esencial que determina el tipo de central más interesante en cada caso, es el precio del costo del kilovatio/hora que se calcula teniendo en cuenta el costo inicial de la central, el precio del combustible, los salarios y otros gastos.

Efectuando una comparación entre la construcción de una central térmica es dos o tres veces más barata que una hidroeléctrica. No obstante la central térmica consume un combustible costoso, de tal manera que mientras no se demuestre lo contrario, las centrales hidroeléctricas serán las más rentables a costas de impactos ambientales a ecosistemas, ejemplos de esto son la Planta Centroamérica y Carlos Fonseca antes Santa Bárbara.

La Planta Centroamérica es una central hidroeléctrica y transforma en pasos sucesivos la energía potencial del lago de Apanás en energía mecánica y posteriormente en eléctrica unida a una subcentral de transmisión hacia el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Otras de las grandes FORTALEZAS, que está construyendo el gobierno central son las reservas de aguas, en este momento el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional<sup>49</sup>, va bien adentro con el Proyecto Hidroeléctrico Larreynaga.

El Gobierno como Empresa de Generación Eléctrica del Estado, tiene tres Proyectos fundamentales... Larreynaga,<sup>50</sup> También están empezando a recubrir desde el inicio el otro frente, que es la represa con la que piensan retener el agua que viene turbinada ya de la Planta Centroamérica, para luego inducirla a que se vaya por el túnel. Y el tercer proyecto es la casa de máquina que queda a varios kilómetros río abajo, en la planta Carlos Fonseca antigua Santa Bárbara.

Una Fortaleza que posee es la época de su construcción ya que fueron construidas entre los años sesenta y setenta y la realización de esto estuvo a manos de empresas extranjeras con experiencia a nivel mundial en construcciones de Centrales Hidroeléctricas por lo que se sabe que la calidad constructiva que estas plantas poseen es incomparable con respecto a otros proyectos que han surgido, esto ha sido de gran ayuda que sin duda ha sido beneficioso para el país y los encargados de las plantas ya que al poseer grandes cualidades en su construcción y equipos, la necesidad de mantenimientos correctivos y repuestos necesitados han sido mínimos con respecto a la cantidad de tiempo que tienen operando así como el saber que estas plantas ya han entregado su vida útil y ahora solo generan ganancias y provecho al país.

**FORTALEZA EN EL MARCO JURÍDICO LEGAL**, el gobierno con la finalidad de proteger, regular y normar el consumo a la población en un bajo precio la tarifa de energía eléctrica, ha decidido proteger estos intereses a través de leyes en las cuales se exonera de impuestos a las Plantas Hidroeléctricas, siendo una de ellas: **Ley de Reforma y Adición al Artículo 135 de la Ley No.272," LEY DE LA**

<sup>49</sup> Entrevista a Ernesto Martínez Tiffer Presidente Ejecutivo de ENEL. en Vivo con el periodista Alberto Mora del canal 15 FM, el 24 de Julio del 2012.

<sup>50</sup> En el análisis de las Oportunidades se darán aspectos relevantes de este Proyecto.

**INDUSTRIA ELÉCTRICA**<sup>51</sup>, la que dice en su considerando IV: Se establece que HIDROGESA pasa a ser Empresa Estatal y que posteriormente, a través de una Ley, se regulará la forma en que los privados puedan participar en la realización de nuevas inversiones lo cual redundará en beneficios directos para el consumidor final del servicio eléctrico.

**En su reforma de Ley del arto. 135 se dispone lo siguiente:**

“Por imperio de la presente Ley, ambas Empresas<sup>52</sup> se constituyen como Empresas de Servicio Público de Propiedad Estatal, de Transmisión Eléctrica; serán sucesoras sin solución de continuidad, propietarias del Sistema Nacional de Transmisión, sucesora de la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica y del segmento de Transmisión de la Empresa Nicaragüense de Electricidad y de Generación Hidroeléctrica, dueña de las plantas Hidroeléctricas Centroamérica (localizada en La Presa Mancotal Río Tuma) y la Planta Santa Bárbara”.

“Ambas Empresas de Servicio Público del Estado constituidas como tales por mandato de la presente Ley, estarán exentas del pago de todo tipo de impuestos contemplados en la legislación tributaria nacional, sean estos fiscales, municipales y de cualquier tipo, tanto en sus bienes destinados al servicio de transmisión eléctrica y a la generación de energía hidroeléctrica, como de las rentas provenientes de este servicio, compra - venta que realice, servicios que preste, así como de las obras que ejecute. También están exentas de todos los derechos fiscales o impuestos que graven la importación o compra local de maquinarias, equipos, materiales e insumos destinados al servicio de transmisión eléctrica”.

---

<sup>51</sup> **LEY No. 494**, Aprobada el 1 de Julio del año 2004. Publicada en La Gaceta No.243 del 15 de Diciembre del 2004.

<sup>52</sup> la Empresa de Transmisión Eléctrica, propietaria del Sistema Nacional de Transmisión y la Empresa de Generación Hidroeléctrica HIDROGESA, por ser un instrumento del Estado para incidir en los precios de generación, al producir energía más barata en todas las áreas de Nicaragua, con lo cual se está protegiendo a los consumidores.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Siendo esta una política del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, declarada de interés nacional el desarrollo de una matriz de generación eléctrica nacional, utilizando los recursos renovables propios, y reducir de esta manera la dependencia de combustibles fósiles importados.

Dentro de las fortalezas del Marco Jurídico Legal se encuentra la **unificación de todas las Plantas Eléctricas**, siendo el ente rector la Empresa Nacional Eléctrica (ENEL)<sup>53</sup>, teniendo como finalidad principal la actividad de generación de energía eléctrica mediante el uso de fuentes disponibles, en especial aquellas generadas a base de recursos renovables para que incida directamente en la oferta de energía limpia y más barata para el acceso al consumidor y al usuario final, todo de conformidad a lo dispuesto en la Ley No. 272, "Ley de la Industria Eléctrica" publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 74 del 23 de abril de 1998 y las demás leyes aplicables.

La Empresa Nicaragüense de Electricidad, podrá realizar las actividades siguientes:

1. Desarrollar de forma prioritaria la investigación del uso de fuentes de recursos renovables para la producción de energía eléctrica;
2. Generar y comercializar energía eléctrica, así como ejercer la actividad de distribución de energía eléctrica, dentro de las áreas no concesionadas;
3. Elaborar el Plan de Expansión de la Empresa para el corto, mediano y largo plazo, de conformidad con el Plan Nacional para el Desarrollo Energético del país que para tal efecto defina el Ministerio de Energía y Minas y la Ley No. 272 "Ley de la Industria Eléctrica";

---

<sup>53</sup> Ley de reforma al decreto ejecutivo no. 46-94, creación de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL), a la ley no. 272, ley de la industria eléctrica y a la ley no. 554, ley de estabilidad energética, **LEY No. 746**, Aprobada el 01 de Diciembre del 2010, ejecutada a partir del 14 de Enero del año 2011, artículo 3

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

4. Podrá participar en la constitución y creación de empresas nacionales e internacionales de derecho público, privado o mixto y/o asociarse con las existentes, previa autorización del Ministerio de Energía y Minas, de conformidad a la legislación de la materia;
5. Representar al Estado de Nicaragua en las empresas que desarrollen proyectos de generación eléctrica cuando se establezcan por ministerio de ley, o previa negociación entre los inversionistas y el Estado los porcentajes correspondientes a favor del mismo, en los casos de generación térmica, o en generación con recursos hidráulicos que sea menor a 30 MW (Megawatt ); y
6. Realizar cualquier otra actividad necesaria para el desarrollo y cumplimiento de su objeto, de conformidad con la ley de la materia.

Todo esto basado en el artículo 105 de la Constitución Política de la República de Nicaragua<sup>54</sup>, establece que es obligación del Estado promover, facilitar y regular la prestación de los servicios públicos básicos de energía, comunicación, agua, transporte, infraestructura vial, puertos y aeropuertos a la población, así como también es obligación del Estado garantizar la prestación de los servicios públicos básicos, siendo uno de ellos la energía eléctrica, sector que está siendo fuertemente afectado por el continuo incremento de los precios de los combustibles fósiles fuel oil y diesel, es imperativo y necesario hacer los ajustes estratégicos a nivel empresarial de las actuales empresas del Sector Eléctrico propiedad del Estado que generan energía eléctrica utilizando diferentes fuentes de generación tales como: hidroeléctricas, térmicas y geotérmicas, las cuales fueron segmentadas erróneamente dentro de un proceso de privatización,

---

<sup>54</sup>Ley de reforma al decreto ejecutivo no. 46-94, creación de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL), a la ley no. 272, ley de la industria eléctrica y a la ley no. 554, ley de estabilidad energética, **LEY No. 746**, Aprobada el 01 de Diciembre del 2010, ejecutada a partir del 14 de Enero del año 2011

otorgándole mediante ley categoría de sociedades anónimas regidas por el derecho privado.

Este es un proceso que implica el establecimiento de políticas públicas coherentes, la estructuración de empresas con criterio de rentabilidad, suficiencia técnica y financiera para la generación, aspectos que únicamente pueden ser alcanzados cuando las empresas hayan obtenido un fortalecimiento funcional y estructural, así como rentabilidad para su proceso de expansión con relación a las capacidades instaladas y los niveles de cobertura.

### **FORTALEZAS INTERNAS**

En visita efectuado en sitio de la Planta Carlos Fonseca el Ingeniero de Ambiente<sup>55</sup> nos explicaba que esta Planta es una de las principales en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), si uno de las plantas a nivel nacional falla en la red eléctrica inmediatamente entra en función la Planta para estabilizar el sistema.

Además la Carlos Fonseca cuenta con un Sistemas de Baterías, existe un cuarto especial de ubicación de las baterías<sup>56</sup> si la energía fallará a nivel nacional este Cuarto de Batería realiza su función llamado el “arranque negro” y en entra a trabajar la Planta dándole energía en ese momento a la población.

### **3.3 OPORTUNIDADES DE LAS PLANTAS CENTROAMERICA y SANTA BARBARÁ.**

El clima donde está ubicada la planta Centroamérica da la oportunidad de emprender otros proyectos y uno de ellos es: **La planta hidroeléctrica “Larreynaga”**, la que tendrá una capacidad para generar 20 MW, la actividad

---

<sup>55</sup> Ingeniero Edgard Eduardo Lira Ruíz Msc, en Energía Renovable.

<sup>56</sup> Ver Anexos

del proyecto involucra la construcción de una planta hidroeléctrica en Jinotega, Nicaragua.

La construcción será ejecutada por un contratista independiente, bajo la vigilancia de ENEL (Compañía Estatal de la República de Nicaragua), y será financiado por el BCIE (Banco centroamericano para la Integración Económica), con fondos del Reino de España, 62 millones de dólares. Después de la construcción, la generación de electricidad por la Planta será operada directamente por ENEL.

El desarrollo propuesto incluye la construcción de una Presa o reservorio para la acumulación de las aguas de un área de superficie de 5 hectáreas, un túnel subterráneo debajo de la montaña, de 2.4 Km de largo y una tubería de presión alta para el transporte de agua a la casa de máquinas de generación (turbinas). El reservorio se alimentará de las aguas de descargas de la Planta Hidroeléctrica Centroamérica a la quebrada el Cacao.

**Las Oportunidades que desarrollará este proyecto es dar empleos locales y regionales.** Se ha estimado que se necesitaran un total de 230 empleos directos y centenares de trabajos indirectos, que se creará a lo largo de período de la construcción del proyecto. Para el mantenimiento y la fase operacional del proyecto, se requerirán 20 profesionales de los cuales al menos 60% serán de las comunidades locales.

La mayoría de los trabajos directos creados durante la fase de la construcción será cubierta por profesionales nacionales, sobre todo de los pueblos circundantes y la ciudad de Jinotega.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Según el Presidente Ejecutivo de ENEL<sup>57</sup> manifiesta que ..”Yo diría que en unos 12, 14 meses, a partir de ahora, vamos a estar generando con Larreynaga, que es un Recurso Natural de generación hidroeléctrica, y viene a cubrir, yo diría, un 3% a 4% de la generación total de nuestro Sistema de Interconectado Nacional, que hoy en día anda arriba de los 3,000 gigavatios/hora por año. Es decir, Larreynaga es un Proyecto grande para nosotros...

**Otras de las grandes Oportunidades que se obtiene es la independencia del reservorio de Apanás, como abastecimiento de agua a las otras Plantas que están aguas abajo de la Planta Centroamérica.**

En este año 2012 el Gobierno está previendo cualquier acontecimiento ya sea por cualquier razón la Planta Centroamérica, no pudiera generar electricidad, esa agua que esta entrampada en Apanás, no la pudieran desviar para que se vaya por el río que alimenta a la Larreynaga, y a su vez alimenta a la Carlos Fonseca (Santa Barbará) que está por Sébaco, están haciendo Un bypass, una derivación del túnel que sale de Apanás hacia la Planta Centroamérica; una desviación para que tire el agua sobre el Río Viejo.

Ese Proyecto en este momento lleva un 50% de avance, y para Febrero, Marzo del año 2013, lo estarán finalizando, este Proyecto tiene un valor de 7 millones de dólares, financiado por el BID-BCIE.

**Otras de las grandes Oportunidades que se están generando en este año 2012 es el otro Proyecto de la rehabilitación de las Plantas Hidroeléctricas Centroamérica y Carlos Fonseca.** Esas Plantas tienen más de 40 años de haberse instalado, ya se le han hecho ciertos cambios electromecánicos, lo que tuvieron un costo de 50 millones de dólares, y está siendo financiado por el BID, el BCIE. El contratista principal es una Compañía italiana que se llama Franco XII, se han

---

<sup>57</sup> Idem 5

tenido atrasos con este Proyecto, porque la Compañía cambió de dueño, parece que una Compañía de Asia la compró.<sup>58</sup>

Pero con este proyecto las plantas hidroeléctricas van a quedar modernizadas, rehabilitadas y va a re repotenciar su capacidad instalada.

Otras de las oportunidades y beneficios que se dan en la comunidad de Santa Bárbara son Los Proyectos Sociales. En la Planta Carlos Fonseca, unas Comunidades aledañas a la Planta no tenían electricidad. El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional<sup>59</sup>, lo que hizo fue ponerle sus líneas, conectarlos los que fueron 3 kilómetros de electrificación, contando siempre con la aprobación de la compañía DISNORTE-DISSUR.

El Gobierno Central actual en una la tareas que se ha impuesto es crear fuentes de trabajos con mano de obra de cada localidad con este proyecto viene a beneficiar a la población de diversas formas siendo estas: en el sector económico incrementar las ventas y las compras; en el sector social mejorar las condiciones de vida y sociales de todos los ciudadanos y en el sector energético a nivel nacional crear más redes de electricidad para que en cada municipio, cada comarca la población tenga y utilice la energía eléctrica y de esta forma llegue el progreso a cada rincón del país.

### **3.4 DEBILIDADES Y AMENAZAS EXTERNAS DE LAS PLANTAS CENTROAMERICA y SANTA BARBARÁ**

La energía es fundamental para que un país tenga posibilidades de desarrollo y mejore la calidad de vida de su población. Nicaragua no hizo en su momento las inversiones necesarias para contar con suficiente energía. Y lo que hoy estamos

---

<sup>58</sup> Ministerio de Relaciones Exteriores, División de Comunicación y Prensa, Periodista Alberto Mora.

<sup>59</sup> A través de la Compañera Rosario Murillo envió a los Miembros del Gabinete a hablar con las Comunidades,

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

viviendo son las consecuencias de esa falta de responsabilidad y de visión estratégica.

En 1998 el 35% de la energía eléctrica del país era suministrada de fuentes hidroeléctricas, generadas por dos presas grandes y varias plantas pequeñas.

Esta forma de generación barata y limpia ha sido abandonada en su mantenimiento e inversión y actualmente la generación eléctrica es dependiente del petróleo en un 80%.

El abandono de la generación eléctrica utilizando el recurso agua ha llevado a sucesivos problemas de cortes y encarecimiento de la energía eléctrica —otro elemento básico para el desarrollo humano y económico de un país—, cuyo suministro se ha deteriorado por la privatización de una parte de la generación y la casi totalidad de la distribución. Igual que con las fuentes hidroeléctricas ha pasado con las fuentes geotérmicas, que constituyen otro potencial para producir las necesidades energéticas del país.

La diferencia del primer uso, es que el agua usada en las represas hidroeléctricas sufre poca transformación y es reutilizable, mientras que las aguas reinyectadas en los pozos geotérmicos normalmente producen en sus sobrantes adiciones de minerales pesados como el boro.

En la actualidad, las plantas de energía hidroeléctrica aportan sólo el 10% de la electricidad producida en Nicaragua. La compañía pública Hidrogesa posee y opera dos plantas existentes (Centroamérica y Santa Bárbara).

En los años 70 inventariaron el potencial de generación con energía renovable que Nicaragua tenía, concluyendo que la geotermia podría contribuir con 1,000 MW, las hidroeléctricas con 1,760 MW y la eólica con 200 MW.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Los Sucesivos problemas de los años 80, las sequías, la falta de inversión por el bloqueo económico que sufrió Nicaragua, los Gobiernos neoliberales de turno y otros- redujeron desde fines de los años 70 la participación de la generación hidroeléctrica hasta sólo el 11.7%

Pero según estudios realizados en el año 2003 la producción energética y la estructura de generación en ese año era: 80.3% térmica (generada a partir de derivados del petróleo), 9.7% hidroeléctrica y 9.9% geotérmica.

Pero el problemas más fundamental fueron Las grandes ideas de los gobiernos que siguieron al gobierno revolucionario no fueron más allá del proyecto de privatizar las plantas de generación térmica -la mayoría obsoletas- y de vender a precio “de guate mojado” a la transnacional Unión Fenosa el monopolio de la distribución de la energía.

Como consecuencia de una falta de visión de país, de esa época hoy nos encontramos con una factura petrolera para la generación de energía cada día mayor, equivalente a casi el 100% de nuestras exportaciones. Los gastos en la factura petrolera en el año 2003 eran ya de 85.2 millones de dólares.

La clase política que ha gobernado Nicaragua no se ha dado cuenta de que un país que no controla su capacidad energética no tiene posibilidades de desarrollo. La justificación que dan muchos especialistas en energía de por qué en los años 60, 70 y 80 no se invirtió más en la generación alternativa - hidroeléctricas o geotérmicas- es que el precio del petróleo era tan barato que realmente resultaba más costoso invertir en una planta hidroeléctrica o en una geotérmica que inicialmente representan inversiones muy fuertes, aunque después se recuperan gradualmente los costos y resultan rentables que comprar el petróleo para hacer funcionar las generadoras térmicas.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Los organismos internacionales también inducían a no gastar en nueva infraestructura energética. Se juntaron así varios factores: el precio del combustible, las imposiciones de los organismos internacionales y la falta de visión estratégica de los gobernantes.

El resultado concreto es que hoy en Nicaragua las únicas plantas hidroeléctrica y geotérmica que tenemos son las que se construyeron en la época de Somoza. Con el gobierno de doña Violeta se empezó a privatizar casi todo lo que se había nacionalizado durante la revolución.

Se separó la empresa operadora ENEL de la entidad rectora, INE. Una de las primeras medidas fue privatizar las plantas generadoras térmicas y de gas, que se malvendieron a precios ridículos. Se sumaron a la generación algunas empresas privadas extranjeras, que invirtieron sólo en plantas térmicas, de energía cara. Son: Censa en León; en Tipitapa la de la Coastal Power; y en Corinto la de la Corinto Power (sucesora de la desprestigiada ENRON).

A la Coastal Power, de capital estadounidense y en co-inversión con el grupo Banco UNO, le vendieron la Planta Tiscuco y la de Chinandega, las que sumadas a la de Tipitapa colocan a esta empresa en cabeza en materia de generación: ofertan más o menos el 40% de toda la energía del país.

Un dato que evidencia la ineficiencia en la generación. El campo geotérmico Momotombo -antes Patricio Argüello-, lo administra la co-inversión ORMAT/ENEL y produce aproximadamente 30 MW.

Hidrogesa (inicialmente Planta Centroamérica y Santa Bárbara) sigue siendo estatal, es un bien público. En el año 2002, ya en el gobierno de Bolaños, la quisieron privatizar a favor del grupo Banco UNO de Ernesto Fernández Hollman, pero la organización civil, miembros del partidos Sandinista dieron una batalla

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

férrea, con denuncias, recursos legales, iniciativas, y en este caso con en ese período dio apoyo la Contraloría, para impedirlo, el cual fue un logro del pueblo.

El plan del gobierno de Bolaños era venderla a la Coastal Power en 40 millones de dólares, que iban a pagar en abonos a 5 años. ¡Y sólo en un año Hidrogesa producía 18 millones de dólares de utilidades!.

De haberse implementado tan siquiera algo de estos proyectos, Nicaragua no dependería hoy del petróleo para la generación de energía, podría producir el triple de su demanda y hasta podría obtener divisas exportando energía a la región centroamericana.

**Unas de las debilidades en la Inversión de Energía**, es privada están invirtiendo en energía eólica, en la parte geotérmica. Pero también existen Proyectos Hidroeléctricos que son privados, ejemplo de estos es **Pantasma**<sup>60</sup>; otro que queda ubicado por **El Ayote**.

Así es que, aquí la inversión privada en Nicaragua, en materia de energía eléctrica es enorme. Este año del 2012 anda por más de 350 millones, casi 400 millones de dólares, la inversión privada en materia de energía eléctrica, con inversión de Proyectos. Volviéndose esta inversión en fundamental, y juega un papel muy importante para el desarrollo de Nicaragua.

---

<sup>60</sup> El proyecto hidroeléctrico Pantasma es una pequeña central hidroeléctrica con una capacidad total instalada de 13MW, que se encuentra a lo largo del río Pantasma entre las líneas elevación de 843 y 444 (margen izquierda) sobre el nivel del mar, a 22 km al norte del Municipio de Jinotega (Departamento de Jinotega). La energía generada será vendida y distribuida a través del Sistema Interconectado Nacional de Nicaragua. El proyecto está siendo implementado por Hidropantasma, SA, una empresa privada de servicios eléctricos creados en 1998 como la asociación de las empresas nicaragüenses Meco Santa Fe, Grupo Corporativo Saret y la división Centroamericana de FCC (Fomento de Construcciones y Contratas, SA España), con el propósito de asumir la generación de energía eléctrica, transmisión, distribución y marketing. El diseño, construcción e instalación están siendo desarrollados por la Empresa de Ingeniería llamada Carbón Ingeniería, con un precio monómico base de 103 U\$/MWh e inicio operación en noviembre del 2010, pero es hasta el 15 de Junio del 2012 que se efectúa su inauguración.

Otras de las debilidades es desde el punto de vista técnico, debido a la falta de experiencia local en la generación de energía hidroeléctrica, operación y mantenimiento a la vivienda, a las diferentes regulaciones locales / nacionales, y la falta de trabajadores calificados, debidamente capacitado para operar y mantener esta tecnología, la mayoría de los técnico o personal que operan estas plantas son Ingenieros que van a capacitarse al extranjero y que el gobierno incurre muchas veces en costos adicionales.

Unas de las Grandes AMENAZAS, que enfrentan estas Plantas es la imposibilidad de proporcionar energía en firme con el sistema, porque los proyectos de ejecución de río no tiene la energía en firme a las situaciones que pueden afectar a su funcionamiento, como la variación en los ciclos climatológicos / meteorológicas que influyen en las condiciones hidrológicas y la disponibilidad de agua.

Hoy el gobierno de Reconciliación Nacional tiene a Hidrogesa trabajando las 24 horas, pero no se le está dando mantenimiento y puede colapsar en cualquier momento y es prioridad número uno para la generación de energía más barata y los cuales se están preocupando por realizar otros proyectos iguales a este que generen la misma cantidad de Mega watts para la electrificación a nivel nacional.

### **3.5 DEBILIDADES y AMENAZAS INTERNAS DE LAS PLANTAS CENTROAMERICA y SANTA BARBARÁ conocida como CARLOS FONSECA.**

En el año 2005 en el Gobierno de Bolaños unas de las grandes debilidades y podríamos decir amenazas interna que tenían estas Plantas es que Cualquier repuesto importante que necesitarán había que fabricarlo en Alemania, traerlo desde allí y tardaban unos seis meses en llegar a Nicaragua.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Una de las amenazas serias es si fallará el agua natural, la falta de lluvia hace cuatro años<sup>61</sup> ... el país vecino de Costa Rica tiene en cascada su generación como la tenemos nosotros con Apanás. Si nos falla Apanás como reservorio natural, todas nuestras Plantas que van a estar sobre el Río Viejo, ahorita son dos, pero con Larreynaga que estamos en construcción, van a ser tres, y con La Sirena-Los Calpules, y El Barro, van a ser cinco... si falla el reservorio principal de Apanás, fallan las otras cinco.

Otra amenaza que presentan ambas plantas es la extracción de agua de los afluentes de los embalses que los arroceros realizan para uso agrícola, esto es algo que perjudica en gran medida ya que al tomar ellos agua para sus riegos la cantidad de agua captada por el embalse de la Planta Centroamérica es menor y esto conlleva que la cantidad de Agua que recibe la Planta Carlos Fonseca sea mucho menor y esto crea grandes problemas en la generación ya que el agua es el combustible de dichas plantas y si no tienen la suficiente el poder Generar Energía se hace una dificultad, este problema ha estado desde siempre pero los tiempos de antes eran más favorables climatológicamente hablando por lo que no se veía como un gran obstáculo en cambio ahora el flujo de agua ha disminuido por diversos factores ambientales.

---

<sup>61</sup> Ministerio de Relaciones Exteriores, División de Comunicación y Prensa, Periodista Alberto Mora.

## CAPITULO IV

# ESTADO ACTUAL DE LAS PLANTAS HIDROELECTRICAS ESTATALES.

En el presente trabajo presentaremos un resumen del estado actual de las plantas hidroeléctricas, es decir las mejoras que se han efectuado desde la fecha de su construcción hasta el presente, abarcando todos los detalles como el mantenimiento que se realizan en estas mismas plantas; así como de los proyectos a ser desarrollados en los próximos años por el Gobierno Central.

### PLANTA CENTROAMÉRICA.

#### 1. DESCRIPCIÓN Y ESTADO TÉCNICO DE LAS INSTALACIONES.

##### PRESA MANCOTAL:

Construida en 1965 a base de material terroso y núcleo de arcilla, materiales selectos clasificados, rip rap, cresta o corona con circulación vehicular.

El dique fusible construido en el diseño original fue eliminado ya que el material suelto fue compactado por el paso de vehículos, sin embargo este fue sustituido.

##### VERTEDERO (MORNING GLORY):

Según el diseño original del proyecto, permitía descargar las aguas del embalse una vez que el nivel del lago de Apanás sobrepasara la elevación de 956.5MSNM, teniendo una capacidad de descarga de aproximadamente  $100\text{m}^3/\text{s}$ , con un diámetro de 7.60m y 220m de longitud.

Desde su construcción tuvo operaciones en tres ocasiones, pero debido a que fue concebido para su operación abierta, en el año 1988 producto del huracán Juana,

opero de forma irregular, debido a la contra presión ejercida por el embalse de Asturias que fue construido posteriormente.

#### **VERTEDERO LAGO DE APANAS TIPO ABIERTO**

Construido en 1996, financiado por el BID<sup>62</sup>, su justificación fue debido a que la estructura del vertedero Morning glory presento grietas debido a las contra presiones que se originaron cuando tuvo operaciones debido al huracán Juana. En noviembre de 1996 opero al ascender al nivel del embalse sobre la cota 956.5MSNN, las obras de control y los disparos de energía funcionaron bien, esta operación provoco que las corrientes erosionaran el terreno después del último disipador, lo que creo un cause en el terreno natural. Daño que fue reparado en 1987.

#### **CANAL DE ADUCCIÓN**

Es una estructura en forma de u por la cual el agua es transportada, tiene una longitud de 3,800m con un ancho de 80m, una profundidad de 10m, capacidad de 22m<sup>3</sup>/s y una pendiente de 0.05%.

#### **TÚNEL DE ADUCCIÓN**

Es la tubería que conduce el agua y es utilizado en la sección en la cuales existe una pendiente muy grande, tiene una longitud total de 2,853m, con un diámetro de 3m, espesor de revestimiento de concreto de 50cm.

#### **CÁMARA DE VÁLVULAS**

Construida al final del túnel de aducción, en la que se encuentra instalada la válvula mariposa con sus equipos electromecánicos, a través de esta cámara esta

---

<sup>62</sup> Banco Interamericano de Desarrollo.

la ventilación entre el túnel y la tubería forzada, en esta misma estructura está el primer bloque de concreto de 784m<sup>3</sup> que sirve de anclaje a la tubería forzada.

### **TUBERÍA FORZADA**

Es la tubería que lleva el agua a presión desde el canal o el embalse hasta la entrada de la turbina. Longitud total de 661m, con una caída de 221.90m. El diámetro de la tubería varía desde 2.45 a 2.75.

### **CASA DE MAQUINAS**

Construida como una fosa de forma elíptica donde ubican las unidades de generación de energía eléctrica con las siguientes dimensiones: el diámetro mayor de 24m, el menor de 18m, una profundidad de 33.9m y un espesor de un 1m.

### **TÚNEL DE DESCARGA**

Esta unido con los difusores de las turbinas es revestido totalmente en concreto, en las salidas fue construida una carga de amortiguación, tiene una longitud de 352.60m.

Todas estas obras se encuentran en buenas condiciones.

### **TIPOS DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA**

Se realizan mantenimientos preventivos rutinarios programados cada mes, preventivos mayores programados cada 5 años y mantenimiento correctivo, cuando es necesario. Todos los mantenimientos programados se realizan con personal de las plantas que están capacitados para dicho mantenimiento. La mayoría de los mantenimientos correctivos también son realizados con el personal de plantas, pues las plantas cuentan con personal técnico capacitado para la mayoría de los equipos instalados en ella.

### **MODERNIZACION Y MEJORA DE LA PLANTA.**

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

- \* Cambio del tipo de excitación de los rotores de los generadores, las cuales eran dinámicas (rotativa) actualmente son del tipo estática.
- \* Modificación y cambio de los cojinetes de empuje de los turbogeneradores, los cuales eran de recámara hidráulica de agua, rígida, y actualmente son de recámara hidráulica en aceite, pivotante.
- \* Modificación del serpentín de enfriamiento de los cojinetes guía de turbinas, aumentando la eficiencia en el enfriamiento de dicho cojinete.
- \* Modificación de la superficie axial intercambiable del soporte de empuje para mejorar el intercambio de calor en el soporte de empuje.
- \* Modificación del diseño de las ataguías en obra de toma.
- \* Cambio de rejas de obra de tomas de acero al carbono por acero inoxidable para evitar el deterioro progresivo de la misma.
- \* Modernización de los reguladores de voltaje o excitadores en los años noventa.
- \* Modernización de los reguladores de velocidad o gobernadores en los años noventa.
- \* Modernización de la protecciones eléctricas de los turbo grupos (generadores y transformadores) en los años noventa.
- \* Cambio de limpia rejas por uno moderno en los años noventa.

## **2. Planes de Desarrollo a Implementar en los años Futuros**

### **INSPECCIÓN FÍLMICA SUB-ACUÁTICA EN EL MORNING GLORY:**

En este proyecto se pretende conocer con exactitud el nivel de daños de la estructura del Morning Glory, ya que luego de la construcción del embalse de Asturias, que redujo su capacidad de desairiación, y que durante el huracán Juana en 1988 se produjeron vibraciones por reducción de su capacidad, que posiblemente dañaron considerablemente la estructura. El propósito es dar un dictamen definitivo sobre la condición del Morning Glory. Además de poder seguir siendo utilizado aumentar la capacidad de evacuación junto con la utilización del vertedero abierto Mancotal.

El resultado es constar con información que permita evaluar la verdadera condición de Morning Glory, para el descarte o utilización. El monto del proyecto es de C\$ 375,881.56, realizado con fondos propios por una empresa local bajo supervisión de Hidrogesa.

### **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LOS NIVELES DE LOS EMBALSES APANÁS Y ASTURIAS.**

A fin de conocer la variación de los niveles de los embalses Apanás y Asturias en tiempo real, con ello aporte y extracción de agua para la generación. Esta se hará por instrumento ubicado en puntos estratégicos de los embalses, información que será recepcionada en un centro de control y reenviada a la planta o al despacho nacional de carga.

El resultado es constar con planos e información que permita la ejecución y puesta en marcha de un sistema que permita conocer la variación de los niveles en tiempo real.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

El monitoreo del proyecto es de C\$ 200,000.00, con origen de fondo propio, realizado con facultad de tecnología de la universidad nacional de ingeniería bajo supervisión de Hidrogesa.

### **DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LOS MECANISMOS DE SOBRE VELOCIDAD DE LA PLANTA CENTROAMÉRICA**

Diseñar fabricar y montar el péndulo de sobre velocidad. Mecanismo que permita proteger el túnel y la tubería de presión ante un incremento de velocidad, provocado por falla en la válvula de cierre (esférica) de la unidad de generación. El resultado es dotar de mecanismo de protección que permita conservar la integridad del túnel y la tubería de presión.

El monto del proyecto es de 130,000.00 córdobas realizado con fondos propios. El diseño y montaje fue realizado por personal de hidrogesa, únicamente se contrató su fabricación.

### **ELABORAR LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LICITAR LA EVALUACIÓN DE QUE SI PERMITA REPOTENCIAR LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE HIDROGESA.**

El proyecto consiste en describir los sistemas de cada planta tales como: Instrumentación, Control, Protección, Transformación, Turbina, Generadores entre otros, haciendo énfasis en las debilidades de cada uno y planteando la necesidad de ejecutar algún trabajo a fin de optimizarlo y obtener un máximo provecho de los recursos tales como: La capacidad de almacenamiento, La caída neta, y la infraestructura, por lo que se traduce en mayor potencia.

El resultado es constar con un documento que sirva de orientación a una firma consultora que realizara el estudio y las recomendaciones.

El monto del proyecto es de C\$15,000,000.00 realizado con fondos propios por una empresa extranjera con experiencia y prestigio en el tema, bajo supervisión de Hidrogesa.

## **PLANTA SANTA BÁRBARA.**

### **3. DESCRIPCIÓN Y ESTADO TÉCNICO DE LAS INSTALACIONES**

#### **PRESA**

Presa encargada de retener aguas provenientes del río Viejo, a diferencia de la presa del Mancotal, está construida por concreto, tiene una altura de 23 m, con una longitud de 606 m. Se encuentra en buenas condiciones. Su sistema de auscultación fue rehabilitado hace 4 años.

#### **VERTEDERO**

Estructura de concreto compuesta de 4 bloques de hormigón y cuatro compuertas. Estructura y mecanismo recientemente rehabilitados.

#### **DIQUE FUSIBLE**

Canales de Aducción y terreno delimitado con una longitud total de 2,700 m, con un fondo variable de 3.5 m a 6 m, forma trapezoidal. Reconstruido después del Mitch, se encuentra en buenas condiciones, salvo leves daños en talud alejado del dique, no perjudiciales.

#### **OBRA DE TOMA**

Obras civiles y equipos recientemente mejorados.

### **CÁMARA DE VÁLVULAS**

Estructura de la obra civil en muy buenas condiciones, equipo de válvula recientemente rehabilitado.

### **TUBERÍA FORZADA**

Se encuentra en buen estado, lo mismo que sus juntas de expansión, amerita solamente pintura de protección.

### **SISTEMA ANTINCENDIOS**

Pendiente su construcción para cubrir todo el complejo, incluso la villa de operadores.

El sistema antincendios propio de los equipos recibe atención y mantenimiento de acuerdo a las normas operativas.

### **EDIFICIOS**

Sala de controles, casa de máquinas, almacén, se encuentran en buenas condiciones, solamente ameritan reforzar el sistema de impermeabilización del techo.

### **CANALES DE ADUCCIÓN**

Canales de aducción No.1, No.2, sifón y bermas. Todas estas obras se encuentran en condiciones normales, salvo que requiere algún mejoramiento del drenaje lateral, controlar leves filtraciones en el sifón, vigilar y darle mantenimiento a las bermas.

### **PUENTE TÚNEL SAN SEBASTIÁN**

Con una longitud de 128m.

#### **TÚNEL DE ADUCCIÓN NO.1 Y NO. 2**

Túneles con una Longitud total de 4,663 mts y diámetro de 3 mts.

#### **CARRETERA DE ACCESO**

Vía de acceso hacia los edificios de la planta Santa Barbará de 17 Km de longitud. 17 km rehabilitado después del Mitch. Todas estas obras se encuentran en muy buenas condiciones.

Es importante señalar que recientemente se ha concluido el proyecto PREECESIN FASE II, mediante el cual se doto a planta Centroamérica de un nuevo equipo limpia rejas. También se doto a planta Santa Bárbara de un moderno sistema de vigilancia de niveles de embalse La Virgen debidamente automatizados, con transmisión de datos mediante ondas de radio y debidamente enlazados, para operación en automático de las obras de control hidráulico y con el sistema operativo de la planta.

#### **TIPOS DE MANTENIMIENTOS.**

En la planta Carlos Fonseca se realizan mantenimientos menores cada 800 horas trabajadas, mantenimientos mayores cada 5 años, y mantenimientos rutinarios en verano, que estos implican desmontaje, revisión y montaje de equipos.

#### **MODERNIZACIÓN Y MEJORAS DE LA PLANTA.**

- \* Cambio de rodete de 15 alavés con uno de 17 alavés, esto mejoro la potencia instalada de la planta.
- \* Cambio de sistema de control PLC a sistema SCADA.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

- \* Rebobinado de los generadores, debido a que el cobre del embobinado anterior ya presentaba desgaste.
- \* Repuestos de Turbina del generador.
- \* Repuestos de reguladores de velocidad.
- \* Repuestos reguladores de voltaje.
- \* Repuestos para el sistema de Aire Comprimido (compresor de Alta presión y repuestos).
- \* Nuevo rectificador y banco de batería de 125 VCC.
- \* Repuestos para generador 31.5 MVA (materiales para reacuñado).
- \* Modernización del Sistema de Medición Comercial (SIMEC).
- \* Rehabilitación de línea 24.9 KVA vertedero-obra de toma.
- \* Rehabilitación de línea 24.9 KVA Cámara de Válvulas.
- \* Reparación de 3 Km de caminos de acceso (obra de toma, pozo de oscilación, cámara de válvulas).
- \* Rehabilitación de cinco casas en villa de trabajadores.
- \* Construcción de taller de maquinado y automotriz en el área mecánica.
- \* Construcción de sistema hídrico contra incendios (casa de máquinas, oficinas administrativas, villa de trabajadores).
- \* Pintura de edificio de Casa de Máquinas y Almacén.

## **PLANES A IMPLEMENTAR EN LOS AÑOS FUTUROS**

### **Modificación de los segmentos deslizantes de las turbinas de la planta Santa Bárbara.**

La descripción del proyecto consiste en conformar a las dimensiones requeridas para reemplazar los segmentos deslizantes.

El resultado es de contar con un stock de repuestos para un mantenimiento mayor, reduciendo así la duración del mismo.

El monto del proyecto es de C\$ 103,316.00, realizado con fondos propios ejecutado por una empresa local bajo supervisión de Hidrogesa.

### **Diseño del sistema contra incendio de los transformadores de 31.5 MW de la planta Santa Bárbara.**

Con esto se pretende asegurar el suministro de agua a los aspersores de transformadores, reemplazando la totalidad de la tubería soterrada la que ha presentado fuga. Además de restaurar el sistema a de control a fin de garantizar su actuación en el momento requerido.

El resultado es constar con planos e información que permita construir un sistema contra incendio capaz de actuar en el instante.

El proyecto se realizó con personal de hidrogesa, los orígenes de fondo fue con recursos propios ejecutados por una empresa local bajo supervisión de hidrogesa.

**Diseño y construcción de la nueva estación de almacenamiento de combustible de la planta Santa Bárbara.**

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Construir contenedor de concreto que albergara al tanque de combustible, este contenedor tendrá la capacidad de captar en un 100% el volumen de tanque, si ocurriera un derrame y evitar la contaminación del medio ambiente.

Es importante mencionar que se construirá una nueva estación de almacenamiento por lo tanque existentes ya que tienen más de 15 años de estar soterrados y podrían presentar fugas.

Tener una unidad de captación y almacenamiento del combustible seguro que armonice con el medio ambiente.

El monto del proyecto es de 350,000.00 córdobas realizado con recursos propios, ejecutado por una empresa local bajo supervisión de Hidrogesa.

La construcción de este trabajo se encuentra en proceso licitatorio, solo se cuenta con el diseño y TDR que se efectuó con personal de hidrogesa.

### **Diseño y construcción de compuertas de desfogue de la planta Santa Bárbara.**

Construir 5 compuertas del desfogue de la planta y su mecanismo de izaje que permita reducir el despeje de planta, ya que se podrán realizar trabajo en ambas unidades de forma simultánea.

El monto del proyecto es de 700,000.00 córdobas realizado con recursos propios.

### **Diseño de extractor de maleza acuática para el Embalse La Virgen.**

El proyecto consiste en diseñar un mecanismo que permita la extracción de la maleza, este será fácil construcción, ejecutara un número de operaciones no mayor de cuatro y operado por una sola persona.

Las razones por lo que se quiere retirar la maleza acuática (lirio acuático), es porque esta representa un consumo adicional del recurso hídrico por

evapotranspiración, ya que además de evaporarse el agua, es consumida por la planta, otro problema que representa es la de obstruir el flujo del agua al canal para generación.

El objetivo es el de constar con documentos y planos que nos permita licitar su construcción.

**MEJORAS EN LAS PLANTAS HIDROELECTRICAS CARLOS FONSECA Y CENTROAMERICA PARA LOS AÑOS FUTUROS**

**C\$ 22.9 millones en reparación de canales y nuevas obras de aseguramiento en planta hidroeléctrica Carlos Fonseca.**

Según el boletín informativo de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (INE) El pasado mes de agosto del año 2012 concluyeron las obras de reparación y reforzamiento preventivo de los canales uno y dos destinados al aseguramiento del flujo de agua desde el embalse la virgen hasta la Planta Carlos Fonseca.

Las obras civiles se iniciaron en el mes de marzo del año 2011 con la reconstrucción de un trecho de pared del margen izquierdo del canal dos, el cual se desplomo a consecuencia del socavamiento derivado de las fuertes precipitaciones presentadas en la primera parte del periodo lluvioso del año 2010. Más adelante tras un recorrido de un kilómetro, pasa al canal dos por medio de una estructura denominada sifón, que sirve de enlace para salvar en ese punto una pronunciada diferencia de altitud por la existencia de una quebrada.

Desde ese punto la corriente de agua hace otro recorrido, hasta llegar a las instalaciones de obra de tomas, sitio en donde ingresa a través de unas compuertas a un túnel de concreto reforzado. El destino final del recurso son las

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

dos turbinas Hidroeléctrica de la planta Carlos Fonseca en donde se da la generación de 50 MW.

La importancia de mantener el debido flujo en este canal estriba en asegurar el flujo de agua requerido, que impulsaran las turbinas, que a su vez hacen girar los dos generadores de 25 MW de la planta hidroeléctrica.

La otra parte de esta obra se centró en el reforzamiento de las obras civiles horizontales, consistentes en la construcción de varios kilómetros adicionales de canaletas de concreto con bolones de piedra y gran número de tragantes en los bordes de varios caminos de comunidades adyacentes a los dos canales.

El objetivo principal de esta segunda etapa de la obra es acopiar la mayor parte del agua de las corrientes producidas por las lluvias para depositarlas sin riesgo alguno en quebradas que confluyen en el Rio Viejo.

### **Bypass para reforzar seguridad de generación de hidroeléctricas de ENEL.**

Según el boletín informativo de la Empresa Nicaragüense de Electricidad Con el fin de asegurar la estabilidad energética que proveen al país las plantas hidroeléctricas administradas por ENEL, se realizara la construcción de un bypass en la planta Centroamérica.

El bypass es una obra que consiste en la construcción de una tubería de desvío de agua con el fin de mantener en operación a la planta Carlos Fonseca, o a las que se construyen o están en proyectos en esa cuenca, cuando la hidroeléctrica Centroamérica, suspenda su generación y no desagüe el recurso hídrico que le llega del lago Apanás, lo cual garantiza la independencia de las plantas.

## CAPITULO V

# IMPORTANCIA DE LA CONTRIBUCIÓN DE LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS ESTATALES A LA MATRIZ ENERGÉTICA.

### ANALISIS ECONOMICO.

En el presente trabajo se pretende demostrar desde una punto de vista económico la importancia de las plantas hidroeléctricas estatales en la matriz energética del país, asumiendo el hecho que, ninguna de estas plantas, ni la Centroamérica y la Carlos Fonseca existieran, y mediante una serie de cálculos dar a conocer la cantidad de dinero que estas plantas ahorran al país solo por el simple hecho de producir con energía limpia y renovable.

El potencial de energía renovable en Nicaragua es aprovechado al mínimo, y hace que las facturas petroleras del país aumenten anualmente. El potencial renovable del país para generar energía eléctrica es de 5,500 megavatios pero en el país solo se aprovechan 334.5 megavatios, es decir apenas se explota el 6%.

En la matriz energética se analizan las diferentes fuentes de energía, que se hace con ella, de donde proviene y como la usan. La generación de energía bruta por tipo de planta en Nicaragua se divide en:

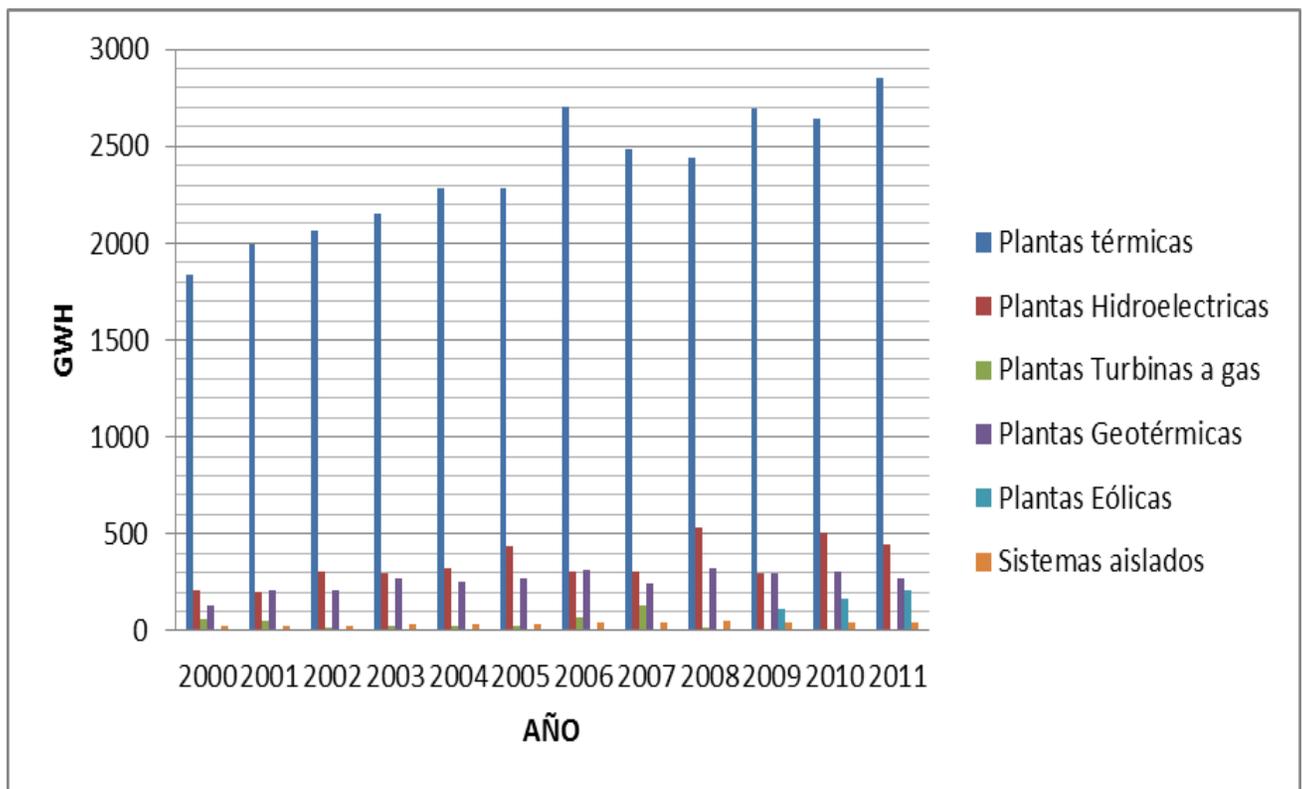
- \* Plantas térmicas.
- \* Plantas hidroeléctricas.
- \* Plantas turbina a gas.
- \* Plantas geotérmicas.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

- \* Plantas eólicas.
- \* Sistemas aislados

En la actualidad Nicaragua cuenta con una matriz energética compuesta de energía térmica y realmente es una opinión generalizada que la matriz energética debe modificarse, debido a que si nosotros observamos la producción de energía total en Nicaragua se nota claramente como la dependencia de la producción de energía está casi totalmente a manos de la energía que producen las plantas térmicas.

En la siguiente grafica se muestra la generación de energía en Nicaragua por los diferentes tipos de plantas existentes en el país desde los últimos 11 años:



63

<sup>63</sup> Tabla de niveles de producción de energía por tipo de planta, datos obtenidos de la Empresa Nicaragüense de Energía.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

A como se mencionó anteriormente, y se afirma en la tabla anterior, la producción de energía a base de derivados de petróleo es excesiva, y significa que el país en ningún momento ha podido reducir gastos en la compra de petróleo, y no solo eso, también hay que tomar en cuenta todo el daño que se ha realizado al medio ambiente debido a las grandes cantidades de  $\text{Co}_2$ <sup>64</sup> que estas producen y que favorecen al cambio climático el cual es el problema socio ambiental más importante en la actualidad, y cabe mencionar que también deterioran la calidad de aire que respiramos.

La principal propuesta que se ha hecho para disminuir estas emisiones de gases de efecto invernadero es la de aumentar en lo mayor posible que se pueda la producción de energía a partir de fuentes renovables.

En Nicaragua con una producción tan pobre de energía hidráulica que apenas logra cubrir un 10% de la demanda total del país, es muy difícil pensar que las plantas hidroeléctricas han contribuido en gran parte a la matriz energética del país y siendo estas las plantas de fuentes renovables que más energía producen. Pero realmente si lo vemos desde un punto de visto económico, la importancia de estas dos plantas estatales tienen hacia Nicaragua es grande.

Si lo analizamos desde el punto antes mencionado, y pensáramos cuánto dinero ha ahorrado el país en la compra de barriles de fuel oíl, solamente en los últimos 11 años, podríamos darnos cuenta de que estas plantas aportan más de lo que parece al país y a su desarrollo.

Si nosotros supusiéramos que las plantas hidroeléctricas estatales del país no existieran, toda la energía que estas plantas producen se hubiera tenido que suplir con algún otro método de producción de energía y debido al crecimiento

---

<sup>64</sup>  $\text{Co}_2$ , dióxido de carbono,

de la población del país y de sus necesidad se hubiera tenido que dar una respuesta rápida a esta necesidad, pero la pregunta seria, ¿Con que tipo de planta se hubiera tenido que producir energía para poder cubrir la demanda del país?

La producción de energía a base de derivados de petróleo, siempre es la primera opción de producción de energía, debido a dos cosas:

- \* Flexibilidad
- \* Tiempo

Cuando hablamos de flexibilidad, se refiere al hecho de que una central térmica tiene la facilidad o mejor dicho la ventaja de poder ser construida prácticamente en cualquier lugar de un país, esto a diferencia de otros tipos de plantas no es posible.

En el caso de las plantas hidroeléctricas para que esta pueda ser construida, obligatoriamente tiene que existir una caída de agua, lo cual no es común ver en cualquier parte del país, y por lo general los lugares en los cuales estas caídas de agua existen son muy alejados o en la actualidad son lugares en los cuales la energía eléctrica no está desarrollada, esta es una de las principales causas por las que la inversión de una planta hidroeléctrica es mayor que la de una planta térmica.

Por otro lado, cuando hablamos de tiempo, nos referimos al hecho de que el tiempo de construcción de una planta hidroeléctrica es muchísimo más grande que el de una planta térmica debido a la gran cantidad de obras civiles que obligatoriamente debe poseer una planta hidroeléctrica.

A como sabemos la población de un país aumenta con el pasar de los años, esto va de la mano con la energía, debido a que en un país a mayor población mayor

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

demanda de energía. Y ante esta realidad el país está en la obligación de cubrir esta demanda en el menor tiempo posible, sin tener que llegar al punto racionar la energía, algo que en Nicaragua en los últimos años se ha tenido que tomar como una opción por el poco desarrollo energético.

En estos casos, las plantas térmicas juegan un papel muy importante, ya que son la solución más conveniente, debido al reducido tiempo que tarda en construirse una de estas centrales relativamente con respecto al tiempo de construcción de una planta hidroeléctrica.

No obstante, el hecho que una planta térmica sea una solución rápida, no significa que a largo plazo sea una buena opción, debido a que, aunque la inversión que se realizar para poder construir una planta hidroeléctrica es demasiado elevada, debido a la gran cantidad de obras civiles y el costo que tiene poder llevar la energía producida por una de estas plantas hacia los distintos hogares o negocios en las ciudades.

La realidad es que a largo plazo las plantas térmicas significan muchos gastos para el país debido a la incesante compra de combustibles para que estas puedan producir, y también cabe mencionar que con el paso del tiempo los derivados del petróleo sin excepción aumenta de precio, caso contrario al de las plantas hidroeléctricas, debido a que como ya se había mencionado al inicio estas representan una gran inversión pero con el paso del tiempo estas significan un gran ahorro para el país, debido a que el combustible que estas plantas usan es agua, un recurso renovable, que no representa ningún gasto hacia el país.

Pero para poder saber que tanto han aportado estas plantas hidroeléctricas estatales a la matriz energética y al desarrollo del país, primero tenemos que

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

calcular la cantidad de barriles de fuel oil<sup>65</sup> que en este caso, estas plantas térmicas hubieran tenido que utilizar para poder suplir la energía producida de los últimos 11 años de las plantas hidroeléctricas estatales y cubrir dicha demanda. Y para eso primero tenemos que conocer cuál ha sido la producción de las plantas hidroeléctricas estatales en los últimos 11 años.

---

<sup>65</sup> Fuel Oil, es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada. De aquí se obtiene entre un 30 y un 50% de esta sustancia. Es el combustible más pesado de los que se puede destilar a presión atmosférica. Y es el combustible derivado del petróleo necesario para producir energía eléctrica.

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

En las siguientes dos tablas se muestra la producción en GWH, de las plantas hidroeléctricas estatales:

### Registro de los últimos 11 años de producción de energía de la planta Centroamerica

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Potencia(GWH)	125.49	130.18	187.04	176.43	203.59	236.32	192.63	173.43	298.89	185.01	272.8	229.78

66

### Registro de los últimos 11 años de producción de energía de la planta Carlos Fonseca

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Potencia(GWH)	81.72	66.53	116.3	120.96	117.39	196.78	114.98	132.07	231.86	108.59	226.94	210.91

67

<sup>66</sup> Datos obtenidos en el Ministerio de energía y minas(MEM)

<sup>67</sup> Datos obtenidos en el Ministerio de energía y minas(MEM)

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al desarrollo del País

Otro valor que necesitamos para realizar nuestro cálculo, es el rendimiento promedio de las plantas térmicas en los últimos diez años, el cual lo tomaremos de la siguiente tabla, en la cual se encuentran todas las plantas térmicas existentes del país:

**Rendimiento promedio de una planta termica**

Descripcion	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Plantas térmicas</b>		<b>15.24</b>	<b>15.23</b>	<b>15.11</b>	<b>15.34</b>	<b>15.36</b>	<b>15.49</b>	<b>15.28</b>	<b>16.11</b>	<b>15.76</b>	<b>15.79</b>	<b>15.57</b>	<b>15.92</b>
Nicaragua(GEOSA)	KWh/Gln. Fuel Oil	13.34	13.21	13.27	13.31	13.49	13.44	13.48	13.45	13.48	13.34	12.98	13.09
Managua(GECSA)		13.45	13.09	12.85	12.74	12.72	12.74	12.22	13	12.42	12.41	12.39	12.74
Censa - Amfels		15.63	15.94	16.28	16.41	16.55	16.4	16.49	16.21	18.3	17.65	16.55	16.48
Empresa Energetica De Corinto, Ltda.		17.49	17.63	17.52	17.62	17.65	17.62	17.53	17.62	17.81	17.8	17.64	17.58
Tipitapa power company		16.73	16.7	16.64	16.68	16.74	16.53	16.54	16.51	16.49	16.49	16.53	16.72
Generadora San Rafael, S.A. (Gesarsa)						12.71			14.55	14.26	14.95	13.55	15.45
Che Guevara 1 (Tipitapa)(ALBANISA)	KWh/Gln. Fuel Oil + Diesel										16.41	16.36	16.32
Che Guevara 2 (Masaya)(ALBANISA)											16.49	16.44	16.45
Che Guevara 3 (Managua)(ALBANISA)											16.46	16.41	16.33
Che Guevara 4 (Masaya)(ALBANISA)											16.56	16.5	16.44
Che Guevara 5 (Masaya)(ALBANISA)											16.55	16.49	16.46
Che Guevara 6 (Nagarote)(ALBANISA)											16.7	16.67	16.74
Che Guevara 7 (Nagarote)(ALBANISA)												16.15	16.63
Che Guevara 8 (León)(ALBANISA)												16.66	16.62
Che Guevara 9 (ALBANISA)													16.81

68

<sup>68</sup> Datos obtenidos en la Empresa Nicaragüense de Energía(INE)

## PROCEDIMIENTOS DE CALCULOS DE FUEL OIL POR AÑO.

Después de tener los valores de estas tablas procederemos a calcular la cantidad de galones de fuel oil por año, utilizando la siguiente formula:

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{\text{Energía producida en un año por la planta hidro}}{\text{Rendimiento promedio de las plantas termicas}}$$

Se realizara este cálculo para ambas plantas hidroeléctricas estatales:

### Planta Santa Bárbara ahora conocida como Carlos Fonseca

Año 2000

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{81.719\text{Gwh}}{\frac{15.2\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 5,376,250\text{gln. fuel oil}$$

Año 2001

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{66.643\text{Gwh}}{\frac{15.2\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 4,384,407.89\text{gln. fuel oil}$$

Año 2002

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{116.3\text{Gwh}}{\frac{15.1\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 7,701,986.75\text{gln. fuel oil}$$

Año 2003

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{120.963\text{Gwh}}{\frac{15.34\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 7,885,462.84\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2004**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{117.385\text{Gwh}}{\frac{15.4\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 7,622,402.59\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2005**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{196.78\text{Gwh}}{\frac{15.5\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 12,695,483.87\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2006**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{114.98\text{Gwh}}{\frac{15.3\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 7,515,032.67\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2007**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{132.07\text{Gwh}}{\frac{16.1\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 8,203,105.59\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2008**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{231.857\text{Gwh}}{\frac{15.8\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 14,674,493.67\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2009**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{108.59\text{Gwh}}{\frac{15.8\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 6,872,784.81\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2010**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{226.94\text{Gwh}}{\frac{15.6\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 14,547,435.89\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2011**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{210.94\text{Gwh}}{\frac{15.9\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 13,264,779.87\text{gln. fuel oil}$$

### **Planta Centroamérica**

**Año 2000**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{125.49\text{Gwh}}{\frac{15.2\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 8,255,921.05\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2001**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{130.18\text{Gwh}}{\frac{15.2\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 8,564,473.68\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2002**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{187.04\text{Gwh}}{\frac{15.1\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 12,386,754.96\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2003**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{176.43\text{Gwh}}{\frac{15.34\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 11,501,303.78\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2004**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{203.59\text{Gwh}}{\frac{15.4\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 13,220,129.87\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2005**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{236.32\text{Gwh}}{\frac{15.5\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 15,246,451.61\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2006**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{192.63\text{Gwh}}{\frac{15.3\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 12,590,196.07\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2007**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{173.43\text{Gwh}}{\frac{16.1\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 10,772,049.68\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2008**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{298.89\text{Gwh}}{\frac{15.8\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 18,917,088.60\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2009**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{185.01\text{Gwh}}{\frac{15.8\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 11,709,493.67\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2010**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{272.80\text{Gwh}}{\frac{15.6\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 17,487,179.48\text{gln. fuel oil}$$

**Año 2011**

$$\text{Glns de fuel oil} = \frac{229.78\text{Gwh}}{\frac{15.9\text{Kwh}}{\text{Gln. fuel oil}}} = 14,451,572.32\text{gln. fuel oil}$$

Debido a que el resultado es igual a la cantidad de galones de fuel oíl, se realizara otro cálculo para convertir la unidad de medida de galones a barriles de fuel oíl, y para eso sumaremos la cantidad de galones de todos los años anteriormente calculados y lo dividiremos entre 42:

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{\text{Gnl fuel oil}}{42}$$

De donde;

42, es la cantidad de galones de fuel oíl necesarios para formar una barril de fuel oíl.

Planta Carlos Fonseca

**Año 2000**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{5,376,250 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 128,005.95$$

**Año 2001**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{4,384,407.89 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 104,390.66$$

**Año 2002**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{7,701,986.75 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 183,380.63$$

**Año 2003**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{7,885,462.84 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 187,749.11$$

**Año 2004**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{7,622,402.59 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 181,485.77$$

**Año 2005**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{12,695,483.87 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 302,273.42$$

**Año 2006**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{7,515,032.67 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 178,929.34$$

**Año 2007**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{8,203,105.59 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 195,312.03$$

**Año 2008**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{14,674,493.67 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 349,392.70$$

**Año 2009**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{6,872,784.81 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 163,637.73$$

**Año 2010**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{14,547,435.89 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 346,367$$

**Año 2011**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{13,264,779.87 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 315,828.09$$

### Planta Centroamérica

**Año 2000**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{8,255,921.05 \text{ Gln. fuel oil}}{42 \text{ Gln. fuel oil}} = 196,569.54$$

**Año 2001**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{8,564,473.68 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 203,916.04$$

**Año 2002**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{12,386,754.96 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 294,922.73$$

**Año 2003**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{11,501,303.78 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 273,840.56$$

**Año 2004**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{13,220,129.87 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 314,764.99$$

**Año 2005**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{15,246,451.61 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 363,010.75$$

**Año 2006**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{12,590,196.07 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 299,766.57$$

**Año 2007**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{10,772,049.68 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 256,477.37$$

**Año 2008**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{18,917,088.60 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 450,406.87$$

**Año 2009**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{11,709,493.67 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 278,797.46$$

**Año 2010**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{17,487,179.48 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 416,361.41$$

**Año 2011**

$$\text{Barriles de fuel oil} = \frac{14,451,572.32 \text{Gln. fuel oil}}{42 \text{Gln. fuel oil}} = 344,085.05$$

Después de haber realizado todos estos cálculos se puede hablar de una gran cantidad de barriles de fuel oil que el país hubiera comprado, por lo tanto, procederemos a calcular cual hubiera sido esta inversión en córdobas.

Para poder calcular este valor se deberá agregar una tabla nueva, la cual nos mostrara el costo del barril de fuel oil en córdobas:

## Plantas Hidroeléctricas Estatales: Su Aporte al Desarrollo del País

Año	Costo del barril de Fuel oil(C\$/Barril)
2000	300.3
2001	271.74
2002	333.06
2003	410.34
2004	532.14
2005	842.94
2006	1068.9
2007	1215.48
2008	840.4
2009	1129.1
2010	1593.03
2011	2212.98

Con los valores anteriores podemos realizar el cálculo de los costos totales de los barriles de fuel oil, utilizando la siguiente ecuación:

*Costos totales=cantidad de barriles de fuel oil\*costo prom. del barril de fuel oil*

### Planta Carlos Fonseca

#### Año 2000

Costos totales = 128,005.95 Barriles fuel oil \* 300.3 C\$/Barriles de fuel oil = C\$ 38,440,186.78 o en dólares q es igual a \$3,029,171.53.

#### Año 2001

Costos totales = 104,390 Barriles fuel oil \* 271.74 C\$/Barriles de fuel oil = C\$ 28,366,938 o en dólares q es igual a \$2,109,066.

**Año 2002**

Costos totales = 183,380.63 Barriles fuel oil \* 333.06 C\$/Barriles de fuel oil = C\$ 61,076,752 o en dólares q es igual a \$4,286,087.

**Año 2003**

Costos totales = 187,749.11 Barriles fuel oil \* 410.34 C\$/Barriles de fuel oil = C\$ 77,040,969.79 o en dólares q es igual a \$5,098,674.37.

**Año 2004**

Costos totales = 181,485.77 Barriles fuel oil \* 532.14 C\$/Barriles de fuel oil = C\$ 96,575,837.64 o en dólares q es igual a \$6,062,513.

**Año 2005**

Costos totales = 302,273.42 Barriles fuel oil \* 842.94 C\$/Barriles de fuel oil = C\$ 254,798,356.65 o en dólares q es igual a \$15,230,027.29.

**Año 2006**

Costos totales = 178,929.34 Barriles fuel oil \* 1068.9 C\$/Barriles de fuel oil = C\$ 191,257,571.5 o en dólares q es igual a \$10,885,462.23.

**Año 2007**

Costos totales = 195,312.03 Barriles fuel oil \* 1215.48 C\$/Barriles de fuel oil = C\$ 237,397,866.22 o en dólares q es igual a \$12,867,093.

**Año 2008**

Costos totales = 349,392.70 Barriles fuel oil \* 840.4 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 293,629,625 o en dólares q es igual a \$15,034,799.02.

**Año 2009**

Costos totales = 163,637.73 Barriles fuel oil \* 1129.1 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 184,763,360 o en dólares q es igual a \$9,052,589.

**Año 2010**

Costos totales = 346,367 Barriles fuel oil \* 1593.03 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 551,773,022 o en dólares q es igual a \$25,497,829.11.

**Año 2011**

Costos totales = 315,828.09 Barriles fuel oil \* 2212.98 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 698,921,246.60 o en dólares q es igual a \$30,953,111.009.

**Planta Centroamérica**

**Año 2000**

Costos totales = 196,569.54 Barriles fuel oil \* 300.3 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 59,049,489.81 o en dólares q es igual a \$4,653,230.08.

**Año 2001**

Costos totales = 203,916.04 Barriles fuel oil \* 271.74 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 55,412,144 o en dólares q es igual a \$4,119,862.007.

**Año 2002**

Costos totales = 294,922.73 Barriles fuel oil \* 333.06 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 98,226,964.45 o en dólares q es igual a \$6,893,120.31.

**Año 2003**

Costos totales = 273,840.56 Barriles fuel oil \* 410.34 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 112,367,735.39 o en dólares q es igual a \$7,436,646.94.

**Año 2004**

Costos totales = 314,764.99 Barriles fuel oil \* 532.14 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 167,499,041.77 o en dólares q es igual a \$10,514,691.88.

**Año 2005**

Costos totales = 363,010.75 Barriles fuel oil \* 842.94 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 305,996,281.60 o en dólares q es igual a \$19,152,449.

**Año 2006**

Costos totales = 299,766.57 Barriles fuel oil \* 1068.9 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 320,420,486.67 o en dólares q es igual a \$18,236,794.91.

**Año 2007**

Costos totales = 256,477.37 Barriles fuel oil \* 1215.48 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 311,743,113.68 o en dólares q es igual a \$16,896,645.72.

**Año 2008**

Costos totales = 450,406.87 Barriles fuel oil \* 840.4 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 378,521,933.54 o en dólares q es igual a \$19,381,563.

**Año 2009**

Costos totales = 278,797.46 Barriles fuel oil \* 1129.1C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 314,790,212.08 o en dólares q es igual a \$15,423,332.29.

**Año 2010**

Costos totales = 416,361.41 Barriles fuel oil \* 1593.03C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 663,276,216.97 o en dólares q es igual a \$30,650,472.13.

**Año 2011**

Costos totales = 344,085.05 Barriles fuel oil \* 2212.98 C\$/Barriles de fuel oil =  
C\$ 761,453,333.94 o en dólares q es igual a \$22,722,468.28.

Una vez realizados los cálculos de los costos por año y por planta, solo resta  
sumar los costos por año de los barriles de fuel oil, para obtener un valor total:

Costos totales =  $\Sigma$  Costos totales por año de cada planta =

**C\$6,262,798,686.08 o su equivalente en dólares que es  
\$144,759,653**

Podemos observar que el impacto que tienen las plantas hidroeléctricas en las  
facturas petroleras es positivo, sabiendo que son **6,262,798,686.08** córdobas los  
que en los últimos 11 años han ahorrado al país en la compra de derivados del  
petróleo.

Se espera que en un futuro estas cifras aumenten, con el desarrollo de nueva tecnología y nuevos proyectos hidroeléctricos y de cualquier tipo de energía renovable.

De tal forma que, se disminuya en la mayor cantidad posible la producción de energía a base de derivados de petróleo, debido al daño que este tipo de producción de energía produce al medio ambiente y a la economía del país.

Nicaragua produce 845 megavatios de los cuales 334.5 megavatios son producidos por energía renovable, por lo tanto, si las mejoras y modernizaciones hacia las plantas hidroeléctricas y al sector de fuentes renovables son mayores y mejores, esa cantidad de dinero ahorrado solamente por las plantas hidroeléctricas puede aumentar, de tal forma que ese dinero se utilice para fondos en otros proyectos que aporten al desarrollo del país.

## CONCLUSIONES

1. Se recopiló toda la información particularizada posible, de forma tal que esta información servirá a desarrollo de los futuros proyectos hidroeléctricos.
2. Se elaboró un plan de gestión ambiental para ambas plantas, el cual servirá para mitigar o prevenir la contaminación al medio ambiente.
3. Se elaboró un estudio que determinó las fortalezas, las oportunidades, las destrezas y las amenazas (FODA) de las plantas hidroeléctricas desde el periodo inicial de estas.
4. Se presentaron los planes de desarrollo, y el estado actual de las estructuras más importantes de las plantas hidroeléctricas.
5. Se determinó mediante un análisis económico la importancia de la contribución de las plantas hidroeléctricas en la matriz energética.

## GLOSARIO

**ACTIVIDADES ANTRÓPICAS:** Cualquier acción o intervención realizada por el ser humano sobre la faz del planeta. Son actividades antrópicas, por ejemplo: la deforestación, la pesca, la agricultura, las mayorías de las emisiones de gases de carbono a la atmósfera (de origen fabril, vehicular, etc.)

**CÁMARA DE VÁLVULAS :** recinto en el cual se aloja una válvula que por lo general es del tipo mariposa, dada su característica de cierre rápido comparada con otros tipos de válvulas, así también como la posibilidad de operar(cerrar) con flujo.

**DESECACIÓN DE HUMEDAD:** Extracción o eliminación de la humedad de un terreno o cuerpo.

**DIQUE FUSIBLE:** Algunos diques se diseñan como diques fusibles, es decir, que pueden destruirse con el paso de las aguas sobre los mismos, aumentando así capacidad de evacuación y la seguridad del embalse

**DINAMO:** es un generador eléctrico destinado a la transformación de flujo magnético en electricidad mediante el fenómeno de la inducción electromagnética, generando una corriente continua.

**EMBALSE:** Deposito artificial de agua, que generalmente se crea en el lecho de un río al cual se le bloquea su cauce por medio de un dique o una presa, y del que se toma el agua que mueve las turbinas para la generación de energía eléctrica.

**ESCORRENTIA:** Es un término geológico de la hidrología, que hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.

Es el agua generada por una cuenca en la forma de flujo superficial y por tanto constituye la forma más disponible del recurso.

**EVAPOTRANSPIRACION:** Es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

**GOLPE DE ARIETE:** Se denomina golpe de ariete al aumento o disminución de presión en una tubería, ocasionados por fluctuaciones súbitas de caudal. Cuando la carga de trabajo de la turbina, disminuye bruscamente, el regulador de velocidad de la turbina cierra la admisión de agua, y los efectos de inercia de ésta provocan una sobrepresión, especialmente en la parte de la tubería situada junto al distribuidor de la turbina. Cuando aumenta la carga, ésta demanda más agua y el regulador abre la admisión, provocando una subpresión en la tubería.

**HIERRO COLADO:** es un tipo de aleación conocida como fundición, cuyo tipo más común es el conocido como hierro fundido gris. Esta aleación ferrosa contiene en general más de 2% de carbono y más de 1% de silicio, además de manganeso, fósforo y azufre.

**MACRÓFITAS ACUÁTICAS:** Constituyen formas macroscópicas de vegetación acuática.

**MEDICION HIDROMETRICA:** Medición de la cantidad de agua que circula por la sección de un río, tubería o canal.

**MEDICION PLUVIOMETRICA:** Medición de la precipitación a lo largo y ancho de un territorio específico.

**PÉNDULO DE SOBRE VELOCIDAD:** dispositivo de presión diferencial que se instala en la proximidades de la tubería de presión, su objetivo es proteger la tubería aguas debajo de la tubería, este trabaja con dos sensores a cada lado de la tubería estos miden la presión y transmiten la señal a un elemento que compara las presiones, si son iguales o la diferencia entre las mismas está dentro de un determinado rango, no existe operación alguna. Pero si la presión aguas abajo se disminuye en forma considerable, es un indicador del aumento de la velocidad y en consecuencia se produce una orden de cierre a la válvula.

**PRESA:** Es una estructura que actúa como barrera, interrumpiendo la libre circulación de un río a través de su cauce normal. La finalidad de las presas es obtener una elevación del nivel de agua represada y crear un depósito de dimensiones adecuadas para almacenar y regular la utilización del fluido, constituyendo en definitiva el embalse apropiadamente dicho.

**PRESA DE ROCA (HORMIGON):** Están constituidas en su mayor parte por roca, la cual para evitar filtraciones y fugas de agua debe ser impermeabilizada, esto se logra agregando a la presa una capa de material particulado de composición fina.

**PRESA DE TIERRA:** Son las que están conformadas de tierra compactada en más de un 50%. Las homogéneas, están compuestas casi en su totalidad por dicho material, otras presentan un núcleo impermeabilizado, capas de gravilla y un volumen de tierra aplicado en su parte más externa.

**ESCOLLERA (RIPRAP):** Obra hecha con piedras o bloques de cemento u hormigón echados al fondo del agua para formar un dique de defensa contra el oleaje del mar. Es una cubierta permanente de roca utilizada para estabilizar orillas de los arroyos

**RODETE:** Es elemento esencial de la turbina, provisto de alabes en los que se da el intercambio energético entre el agua y la máquina.

**TRANSVASAR:** Trasladar un líquido de un recipiente a otro.

**TUBO DE DESFOGUE O DIFUSOR:** Es un conducto de desagüe, generalmente de ensanchamiento progresivo. Conduce el agua desde la salida del rodete hasta el canal de fuga.

**TUBERIA DE PRESION:** Es el medio para conducir el agua desde el embalse, cámara de presión o desde el túnel de conducción hasta la casa de máquinas.

**TUNEL DE CONDUCCION O DE ADUCCION:** Ducto a través del cual se lleva el agua desde el embalse hasta la tubería de presión, se caracteriza por tener una pendiente muy baja con el objeto de minimizar las pérdidas por fricción.

**TURBINA TIPO FRANCIS:** Es una turbina de reacción que actúa por el agua que se mueve a una velocidad relativamente baja, pero bajo presión. El agua llega al cuerpo de la turbina (rodete) a través de un sistema denominado de distribución que es totalmente cerrado.

**VERTEDERO:** También denominados aliviaderos, tienen como función permitir la evacuación de volúmenes de agua en exceso, que superan el nivel normal del embalse. Normalmente, las aguas que se evacuan se vierten al antiguo cauce del río embalsado.

## BIBLIOGRAFIA

### Instituciones

- \* Manuela Flores. Responsable Del Dpto. de Seguimiento y Evaluación, División de Generación - ENEL. Generadora Hidroeléctrica S.A. “Situación Actual de las Plantas Hidroeléctricas”. Marzo 2002.
- \* Manuela Flores. Responsable Del Dpto. de Seguimiento y Evaluación, División de Generación - ENEL. Generadora Hidroeléctrica S.A. “Presentación al Comité de Privatización”. Mayo 2002.
- \* Ing. Carolina Sirias M. Generadora Hidroeléctrica S.A. “Programa Ambiental”. Agosto 2006.
- \* Ministerio de Energía y Minas. Empresa nacional de Luz y Fuerza (ENALUF). “Sistema Interconectado Nacional Planta Santa Bárbara, Estudio de Factibilidad Técnico-Económico”. ELC Electroconsult Milán Italia. Marzo de 1967.
- \* Ministerio de Energía y Minas. Empresa Nacional de Luz y Fuerza. “Proyecto Centroamérica, Informe Final”. ELC Electroconsult. Milán Italia, Mayo de 1966.
- \* Empresa Nicaragüense de Electricidad. Boletín Informativo, Quinta Edición. Noviembre 2011.
- \* Asamblea Nacional de Nicaragua. Revista Conservadora del Pensamiento Centroamericano. “Inauguración de la Planta Hidroeléctrica CENTROAMERICA”. Marzo 1965 Edición 54.

### Internet

- \* Mayorga, E., González J, &Berríos, M. “Análisis de Riesgos Naturales, Municipio de Jinotega”. Sección 2.  
[http://cosude-ah-ac.org/sites/default/files/Estudios\\_Nicaragua/Jinotega.pdf](http://cosude-ah-ac.org/sites/default/files/Estudios_Nicaragua/Jinotega.pdf)
- \* Universidad de Cantabria Grupo Geotecnia “Suelos Parcialmente Saturados”. Capítulo 5.  
<http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/geotecnia-i/materiales-de-clase/capitulo5.pdf>
- \* Mijail Antonio, Siria Isabel. SNV Nicaragua. “BIODIVERSIDAD y MEDIO AMBIENTE EN EL CONTEXTO LOCAL EN NICARAGUA”. Septiembre 2006. pág.15 y 16

[http://www.impactalliance.org/file\\_download.php?...S...ECbioymedio..](http://www.impactalliance.org/file_download.php?...S...ECbioymedio..)

\* Ruth Selma Herrera. Revista Envío Digital número 283. Octubre 2005  
<http://www.envio.org.ni/articulo/3053>.

\* CENTRO HUMBOLDT. “Informe Sistemas Productivos de Energía”.  
Nicaragua, julio 2008  
[http://www.simas.org.ni/files/publicacion/Sistema\\_Productivo\\_Energia.pdf](http://www.simas.org.ni/files/publicacion/Sistema_Productivo_Energia.pdf)

\* Revista Arquitectura & Construcción. “Ingeniería: Un Proceso  
Intelectual Y Emocional”. Edición No.51  
<http://www.construccion.com.ni/articulo?idarticulo=192>

\* Alberto Mora. Revista En Vivo, Entrevista a Ernesto Martínez Tiffer  
Presidente Ejecutivo de ENEL. “NICARAGUA: Energía eléctrica - "Por  
primera vez en la Historia nuestra sobrepasamos los 1,000 vatios como  
capacidad instalada". 24 de Julio del 2012  
<http://tortillaconsal.com/tortilla/es/node/11556>

\* LEY DE REFORMA Y ADICIÓN AL ARTÍCULO 135 DE LA LEY No.272 “LEY DE  
LA INDUSTRIA ELÉCTRICA” LEY No. 494, Aprobada el 1 de Julio del año  
2004  
<http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/d0c69e2c91d9955906256a40077164a/3a14516398206697062570a100583c1b?OpenDocument>

\* Nieves Capote Figueroa. EL ESCARAMUJO año 5 número 22. “REPRESAS  
HIDROELÉCTRICAS EN NICARAGUA”. 12 de Septiembre de 2011, San  
Cristóbal de las Casas, Chiapas, México  
<http://otrosmundoschiapas.org/index.php/component/content/article/118-el-escaramujo/1063-el-escaramujo-22-represas-hidroelectricas-en-nicaragua.html>

\* Erving Sánchez Rizo. Revista El 19 Digital. “Modernizarán plantas  
hidroeléctricas Carlos Fonseca y Centroamérica”. 05 de Diciembre de 2012  
[http://www.el19digital.com/index.php?option=com\\_content&id=46987](http://www.el19digital.com/index.php?option=com_content&id=46987)

\* Empresa Nicaragüense de Electricidad. Hidroeléctricas.  
[http://www.enel.gob.ni/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16&Itemid=20](http://www.enel.gob.ni/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=20)

## **Informes**

- \* EMGESA S.A. E.S.P., INGETEC S.A. “Estudio De Estudio De Impacto  
Ambiental Del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo”. REV. 4 - Octubre, 2008

- \* Proyecto COPALAR. “Minutas de reunión en INE entre Misión de la URSS y Técnicos Nicaragüenses, Informe Preliminar de la Misión”. 25 de Agosto de 1980
- \* J.Roberto Jovel. Naciones Unidas, Consejo Económico y Social. “Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos en C.A, 1970 a 1980”. Limitado Cepal/Mex/72/33/TAO/LAT/126. Octubre de 1972

## **Libros**

- \* Valinda Sequeira Calero, Astralia Cruz Picón. “Investigar es Fácil”. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua). Edición 2004.

# ANEXOS



Fotografía 1: Turbinas tipo Francis de la planta Centroamérica en casa de máquinas.



Fotografía 2: Turbinas tipo Francis Planta Carlos Fonseca en casa de máquinas.



**Fotografía 3:** Banco de baterías 125Vcc de la planta Carlos Fonseca.



**Fotografía 4:** Subestación eléctrica planta Centroamérica.



**Fotografía 5:** Transformador de potencia de la subestación de la planta Centroamérica.



**Fotografía 6:** Tubería forzada de la planta Centroamérica.



**Fotografía 7:** Tubería de aducción de la planta Carlos Fonseca.



**Fotografía 8:** Personal de la planta Centroamérica desmontando una de las turbinas para realizar mantenimiento.



**Fotografía 9:** personal de la planta Centroamérica Desmontando el eje de una de las turbinas realizar el debido mantenimiento.



**Fotografía 10:** Vista panorámica de los árboles plantados en la planta Carlos Fonseca.



Fotografía 11: Diferentes tipos de serpientes que habitan en los alrededores de la planta Centroamérica.



Fotografía 12: Diferentes tipos de aves que habitan en los alrededores de la planta Centroamérica.



Fotografía 13: Diferentes tipos de especies que habitan en los alrededores de la planta Centroamérica.



**Fotografía 14:** Obra de toma de la plantas Centroamérica.



**Fotografía 15:** Canal de desfogue de la planta Carlos Fonseca.