

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**CURSO ESPECIAL DE TITULACIÓN**

**TRABAJO DOCUMENTAL**

**VIABILIDAD DE USO DE CENTRALES MICRO  
HIDROELÉCTRICAS EN EL ESTADO DE  
CHIAPAS.**

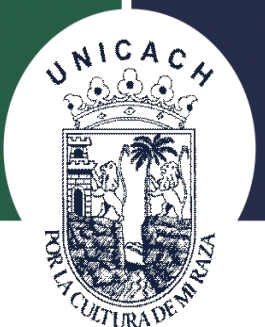
**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTA:  
ELESBAN ANTONIO VÁZQUEZ RUIZ**

**DIRECTOR:  
DR. CARLOS MANUEL GARCÍA LARA**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

SEPTIEMBRE 2021



## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
ANTECEDENTES.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
JUSTIFICACIÓN.....	13
MARCO TEÓRICO.....	16
OBJETIVO GENERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
METODOLOGÍA.....	20
CONCLUSION Y RECOMENDACIONES. ....	37
BIBLIOGRAFIA .....	38

## INDICE DE MAPAS

MAPA NO.1 GRADO DE MARGINACIÓN POR ESTADOS.	23
MAPA NO.2 GRADO DE MARGINACIÓN POR MUNICIPIO	26
MAPA NO 3 REGIONES HIDROLÓGICAS EN CHIAPAS	27
MAPA NO.4 SUBCUENCAS HIDROLÓGICAS EN CHIAPAS	28
MAPA NO.5 PRINCIPALES RÍOS EN CHIAPAS	29
MAPA NO.6 RUTEO DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	33

## INDICE DE TABLAS

TABLA NO.1 ÍNDICE ABSOLUTO DE MARGINACIÓN 2000 - 2010.	22
TABLA NO.2 ESTADOS CON GRADO MUY ALTO DE MARGINACIÓN.	24
TABLA NO.3 MUNICIPIOS CON GRADO MUY ALTO DE MARGINACIÓN.	25

## INDICE DE IMAGENES

IMG NO.1 FICHA DE SÍNTESIS PROYECTO EL LIMÓN	30
IMG. NO.2 FICHA SÍNTESIS PROYECTO JAMO	30
IMG. NO.3 FICHA SÍNTESIS PROYECTO VILLA NIZAO	31
IMG NO.4 ESQUEMA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA.	32
IMG NO.5 TURBINA PELTON	34
IMG NO.6 TURBINA FRANCIS	35
IMG NO.7 COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN MICRO HIDROELÉCTRICA	35
IMG. NO.8 PLANTA PARA UNA VIVIENDA RURAL	36
IMG NO.9 PLANTA PARA UNA PEQUEÑA COMUNIDAD	36
IMG NO.10 PLANTA PARA UNA PEQUEÑA GRANJA	36

# INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES.

De acuerdo a Eduardo Soria en su libro “Energía renovable para todos” hace mención que en 1880 se construyó la primera instalación que aprovechaba la fuerza del agua que caía desde una cierta altura para accionar una turbina que a su vez hacía girar un alternador que producía la electricidad. Era la central hidroeléctrica en Northumberland (Gran Bretaña). Aunque para muchos, la primera central hidroeléctrica del mundo se construyó en Appleton, en el Estado de Wisconsin (Estados Unidos) en 1882 (Soria, 2010).

Soria aclara que una central minihidráulica típica tiene los siguientes elementos: presa, toma de agua, conducción, cámara de carga, tubería forzada, central, equipos electromecánicos, descarga, subestación y línea eléctrica. Pero no todas son iguales. Normalmente se habla de tres tipos de centrales hidroeléctricas; Centrales de agua fluyente, centrales de pie de presa y centrales reversibles.

Así mismo el término “pequeña central hidroeléctrica” se refiere a las centrales hidroeléctricas con capacidad instalada en el rango de 0.2 kW (las cuales suministran a hogares rurales individuales) hasta 500 kW (suministran a aldeas o actividades industriales, o ambas). Las centrales dentro de este rango, aunque son similares en principio a las minicentrales hidroeléctricas (10 MW) y a las grandes centrales hidroeléctricas (100 MW), requieren un enfoque diferente en su diseño, desarrollo y operación (Jaime Loboguerrero, 2016).

Para Castellanos y Torrent, la implementación de micro centrales hidroeléctricas en zonas subdesarrolladas permite acceder a la energía eléctrica a comunidades rurales, cuando las dificultades para disponer del suministro a partir de las líneas eléctricas de transporte son insalvables por motivos de aislamiento o de coste económico. Las centrales que trabajan con caudal fluyente son aquellas instalaciones que, mediante una bocatoma, captan parte del caudal del río y lo conducen a través de canales hacia la turbina para aprovechar la energía del agua y después devolverla al cauce del río. Esta aplicación es la utilización más frecuente en aquellas centrales de mediana y pequeña potencia. Este tipo de centrales tiene un impacto en el medio ambiente mínimo.

En su investigación establecieron que, para una zona rural subdesarrollada, el sistema a instalar más utilizado son las centrales hidroeléctricas de agua fluyente. Estas presentan las siguientes ventajas e inconvenientes.

### **Ventajas**

- Fuente limpia y renovable de energía.
- Recurso ampliamente disponible en muchas zonas rurales.
- Bajos costos de operación y larga vida útil.
- Generación de energía generalmente continua.
- Son centrales eficientes (75%-90%).
- Se pueden combinar con sistemas de riego.
- Permiten el desarrollo productivo y económico de la comunidad rural.

### **Inconvenientes**

- Están condicionadas por las condiciones topográficas e hidrológicas del lugar, dado que las transmisiones a largas distancias se ven limitadas por el coste.
- La potencia del suministro está condicionada por el recurso natural existente. Esto implica que es difícil la posibilidad de extender el suministro en caso de producirse una demanda mayor.
- Es posible que según la temporada varíe el nivel del caudal, por lo tanto, es recomendable hacer un buen estudio hidrológico para evitar posibles problemas posteriores.
- Necesidad de estudios técnicos que implican un coste añadido (Castellanos y Torrent, s.f).

En el año 2010 se llevó a cabo el proyecto “Aprovechamiento micro hidroeléctrico en tres comunidades rurales aisladas” esto en el país de República Dominicana a cargo de la Alianza de Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA) y otras organizaciones más, con la finalidad de mejorar las condiciones de vida y la conciencia ambiental de poblaciones marginales de la República Dominicana , mediante el acceso al servicio eléctrico a partir del aprovechamiento sostenible de fuentes de energía renovable, bajo un enfoque comunitario. Dichas comunidades se caracterizaron por su marginalidad y altos niveles de pobreza y por consiguientes fuertes limitaciones en el acceso a servicios públicos de calidad. Específicamente, estas comunidades no disponen de energía eléctrica, ni hay perspectivas a mediano plazo de que llegue el servicio eléctrico interconectado nacional (AEA, 2012).

Una vez terminada dos de las tres estaciones micro hidroeléctricas, ellos concluyeron que con la puesta en funcionamiento de las Micro Centrales Hidroeléctricas de El Limón y El Jamo se está surtiendo un impacto positivo en el orden social, ambiental y económico, siendo beneficiarias 145 familias y las infraestructuras sociales de las comunidades (escuelas, centro de informática, iglesias, centros comunitarios). especialmente en grupos vulnerables como los jóvenes y niños, quienes se encuentran facilitados en la posibilidad de llevar

a cabo sus estudios en horas nocturnas. De la misma manera, se evidenciaron impactos en términos de alfabetización de adultos, facilitación del trabajo doméstico de las mujeres, atención a la familia, mayor limpieza de los ambientes domésticos. Con la llegada de la electricidad se pueden conservar los alimentos y medicamentos que requieren refrigeración, se aprovechan frutas para jugos mediante el uso de electrodomésticos. Los negocios mejoraron sus movimientos a partir de la venta de productos que requieren refrigeración. La gente tuvo acceso a la comunicación y a la televisión por cable y del sistema libre, así como a la corriente para cargar sus teléfonos móviles, entre otros (AEA, 2012).

Al poner en operación las micro centrales hidroeléctricas de El Limón y El Jamo, las familias han reducido el monto de dinero que utilizaban para la compra de gas, compra y carga de baterías, compra de pilas. Anteriormente, las familias gastaban entre 12 y 20 dólares mensuales, en la compra de gas kerosén, pilas secas, carga de baterías, entre otros. En la actualidad, las familias invierten menos del 50% de lo que gastaban antes de contar con la hidroeléctrica y tienen un servicio eléctrico propio eficiente y que responde a las necesidades de la gente (AEA, 2012).

Pero no todo es positivo en estos proyectos ya que de acuerdo a Álvaro Rehbein (2017), no existe un sistema que evalúe un proyecto de inversión para micro centrales hidroeléctricas (producción instalada inferior a 50 [kW]) de tipo fluvial de pasada, con un mínimo de 0.5 [kW] de potencia, en su factibilidad técnica, económica y legal de manera rápida y segura, donde el interesado pueda interiorizarse con los requerimientos necesarios, logrando seleccionar lo que necesita según las características y elementos que posea.

Por esta razón en el país de Costa Rica la empresa Cooperativa de Electrificación Rural San Carlos (COOPELESCA), con ayuda del Instituto Tecnológico de Costa Rica realizaron el “Estudio de prefactibilidad para la implementación de un proyecto de micro centrales hidroeléctricas” la cual realiza una propuesta interesante para dar solución a la problemática de falta de inversión la cual consiste en que sea la cooperativa la que solicite la concesión de aprovechamiento de agua para fuerza hidráulica, facultada bajo la ley 8345, y sea el propietario de la finca el que realice la inversión total de la micro central y que una vez construida, el propietario le arriende el equipo e instalaciones a COOPELESCA, bajo un contrato de arriendo de equipo. A través de este contrato COOPELESCA garantiza a los pequeños inversionistas el recibo de energía que estos generen, además a estos se les pagará un monto mensual que les permita cubrir la carga financiera y los costos de mantenimiento de la micro central, ya que en este proyecto se consideró a los productores de leche de la zona como la población del estudio, debido a que la mayoría de estos cuenta con



fuentes de agua en sus fincas que podrían ser aprovechadas para la micro generación, además de que prácticamente todos ellos son asociados a COOPELESCA (Vargas M. y Núñez L, 2005).

La participación de COOPELESCA R.L. garantiza a los inversionistas, un mercado estable y duradero que les permita recuperar la inversión y lograr dividendos razonables. Así mismo se busca mediante este proyecto ofrecer un beneficio social a los asociados, que cuenten con potencial de micro generación, promoviendo su bienestar social (Vargas M. y Núñez L, 2005).

Ahora bien, en la perspectiva social estos proyectos traen beneficios, así mismo en perspectiva económica, pero Gustavo Castro (2009) abre otra ventana a lo que debemos conocer de estos proyectos y nos expresa que en el caso de Panamá es un ejemplo de cómo, bajo el argumento de generar energía limpia, sustituyen la construcción de grandes represas por opciones que igualmente impactan en términos sociales, económicos, culturales y medioambientales. Al final, las empresas son las que terminan ganando. Mientras que la naturaleza y la población se quedan sin agua, las empresas reciben grandes beneficios fiscales y créditos blandos, lo que ha traído como consecuencia.

En particular en su artículo titulado "El mito de las micro hidroeléctricas. El caso panameño" habla del proyecto Estí en manos de AES la cual lleva funcionando cuatro años entre los distritos de Boquete y Gualaca. Durante este tiempo el río ha quedado seco y sólo se ven las piedras en el cauce. Los ganaderos se han visto obligados a traer agua para su ganado por medio de cisternas. El recurso natural ha sido privatizado y las empresas impiden que la población tome agua del río. Sobre el Río Piedra y el Río Chico se encuentra también en construcción el Proyecto Pedregalito, entre los distritos de Boquerón y Chiriquí. El cauce del río ya cuenta con poca agua y las máquinas trabajan a todo lo que dan para extraerle al agua unos cuantos mega watts más. Grandes anuncios se despliegan en los caminos con múltiples prohibiciones y leyendas como: "privado", "peligro", "no nadar", "no tomar fotografías", "no detenerse", "no tomar agua", "usted está siendo grabado", etcétera (Castro, 2009).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los 47 países menos adelantados del mundo están quedando cada vez más rezagados, en relación a los países en vías de desarrollo, ese fue uno de los hallazgos de un nuevo informe sobre esas naciones publicado este miércoles por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD). Paul Akiwumi, señaló que la falta de acceso a la energía tiene graves consecuencias en el desarrollo del sector industrial de esos países. “Solo un 1,8% de la ayuda al desarrollo extranjero se destina al sector de la energía, y esto es un elemento clave ya que la energía representa la columna vertebral para el desarrollo”. Según la UNCTAD, seis de cada 10 personas no tienen acceso a la electricidad en los países menos avanzados del mundo (Noticias ONU, 2017).

Los índices de pobreza y miseria en México están asociados a la carencia de servicios básicos, así como a deficiencias en educación, salud, y telecomunicaciones.

De acuerdo a NVI Noticias (2019), en México se tiene registrado 1.8 millones de personas que carecen de servicio de energía eléctrica, lo cual es equivalente a 1.5% de la población nacional. El mayor número de comunidades sin el servicio se ubica en el estado de Chihuahua con mil 445 poblados de 33 municipios. Chiapas ocupa el segundo lugar por debajo de Chihuahua, con un reporte de 805 comunidades en los 77 de los 124 municipios que conforman el estado, según información proporcionada por la CFE vía la Ley de Transparencia (María Sánchez, 2019).

La Comisión Nacional de Vivienda considera como población en situación de carencia por servicios básicos en la vivienda a todas las personas que residen en viviendas sin servicio de energía eléctrica (María Sánchez, 2019).

Mientras que la Comisión Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), considera como un indicador de carencia social el no contar con electricidad obtenida del servicio público, de panel solar o de planta particular (María Sánchez, 2019).

Lo anterior indica que entre el 1.5 y el 2% de los mexicanos cae en situación de pobreza solo por no tener acceso a los servicios básicos en la vivienda, lo que detona otras banderas rojas de marginación como el rezago educativo, la falta de seguridad social, las instituciones médicas casi inexistentes y el nulo acceso a internet. Los estados con más comunidades sin suministro son Chihuahua, Chiapas, Durango, Guerrero y Veracruz, pero incluso en la Ciudad de México existen localidades sin siquiera alumbrado público. Hasta 2017, avances significativos tuvieron lugar en cuanto a electrificación rural; desde entonces, los programas

destinados a satisfacer la demanda en estas zonas han desaparecido casi por completo. Las actualizaciones aún pendientes de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución hacen esta tarea particularmente difícil (Andrea Servín, 2021).

La ventaja de fomentar la generación renovable en macroproyectos públicos y privados cerca de comunidades alejadas de las urbes es clara; la ampliación de la infraestructura eléctrica facilitará la interconexión de poblados aislados brindándoles más y mejores oportunidades (Andrés Servín, 2021).

De acuerdo al índice de marginación por entidad federativa y municipio 2020 emitido por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) La estimación del índice de marginación por entidad federativa señala que Guerrero, Chiapas y Oaxaca son las demarcaciones con grado de marginación muy alto. Estos tres estados representan el 10.5 por ciento de la población nacional, con poco más de 13.2 millones de personas. En cambio, cinco entidades presentan muy baja marginación: Nuevo León, Ciudad de México, Coahuila, Aguascalientes y Jalisco, en donde residen casi 28 millones de personas, 22.2 por ciento de la población nacional y en el ámbito municipal, la estimación del índice de marginación muestra que prácticamente uno de cada tres municipios presenta alta y muy alta marginación, en donde se asientan más de 11.4 millones de personas, esto representa 9.1 por ciento de la población nacional. Los municipios con las peores condiciones sociales y económicas son: Batopilas de Manuel Gómez Morín (Chihuahua), Mezquital (Durango), Del Nayar (Nayarit), Mezquitic (Jalisco), Cochoapa el Grande (Guerrero), Sitalá (Chiapas), Carichí (Chihuahua), Urique (Chihuahua), Balleza (Chihuahua) y Chalchihuitán (Chiapas) (CONAPO, 2020).

El 27% de la población de Chiapas es indígena, y casi en su totalidad de estas poblaciones radican en zonas rurales distribuidos por todo el territorio de Chiapas, en su mayor parte en las zonas altas del estado (INEGI, 2010). En estas comunidades, por lo general, un gran porcentaje de viviendas aún no cuenta con energía eléctrica. Por lo que las fuentes de iluminación más utilizadas son los candiles de petróleo, las velas y pequeñas teas de ocote. En la mayoría de estas comunidades los que recolectan, preparan y usan la leña como fuente de energía para sus hogares son las mujeres y los niños, por lo tanto, son los que más están expuestos a los contaminantes que ahí se generan. La exposición al humo y a los gases producidos por la combustión de biomasa en los hogares incrementa significativamente el padecimiento de enfermedades respiratorias y ocasiona problemas con la absorción normal de oxígeno (Rodríguez, et al, 2012).

Una de las regiones que presentan esta problemática es la región XIV Tulijà Tzeltal Chol se localiza en la zona norte del estado compuesta por siete municipios entre ellos Sitalá que se encuentra dentro de los municipios con mayor índice de marginación a nivel Federal.

La extensión territorial de la región es de 4,640.1 km<sup>2</sup> representando el 6.2% del territorio del estado, la población total que habita es de 343,446 hab. ubicadas en 1602 localidades y su clima es cálido húmedo con lluvias en todo el año lo cual nos hace encontrar múltiples cuerpos de agua (Rodríguez, et al, 2012).

De acuerdo al censo nacional 2010 en el municipio cuenta con 12, 269 habitantes, cuenta con 126 localidades, de las cuales 97 de estas tienen población menor a 100 habitantes, 26 con una población de entre 100 a 499 habitantes, 3 de 500 a 1499 y 1 localidad de 1500 a 2499 habitantes (INEGI, 2010).

## JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a Ottavianelli y Cadena (2015) el acceso a la energía es una de las variables de mayor peso al momento de evaluar la calidad de vida, ya que es condicionante de muchas actividades relacionadas con el hombre. Puede decirse que está directamente vinculada a la inclusión social y la igualdad. Una quinta parte de la población mundial aún no tiene acceso a una fuente de electricidad confiable. Este hecho reduce drásticamente sus posibilidades de recibir una educación y un trabajo adecuados.

De acuerdo al Decenio de las Naciones Unidas de la Energía Sostenible para Todos (2014) la energía ayuda a erradicar la pobreza, aumentar la producción alimentaria, obtener agua potable, mejorar la salud pública y la educación, hacer frente al cambio climático, crear oportunidades económicas y empoderar a los jóvenes y las mujeres. Se reconoce que la energía es indispensable para el logro de los Objetivos y del desarrollo sostenible, como se destacó en numerosos debates internacionales, entre ellos la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, la Reunión Plenaria de Alto Nivel de la Asamblea General sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible y el debate temático de la Asamblea General sobre “El agua, el saneamiento y la energía sostenible en la agenda para el desarrollo después de 2015 ”.

. Mendieta D., Escribano J. y Esparcia J. (2017) menciona en su estudio Electricidad, desarrollo rural y buen vivir, que la electrificación rural pretende mejorar las condiciones de vida y disminuir la inequidad social. Bajo dicha premisa, analizamos seguidamente el acceso a la electricidad como una oportunidad para alcanzar el Buen Vivir y generar desarrollo rural en Ecuador. El acercamiento y uso de la electricidad a las poblaciones rurales facilita el acceso a otros servicios como el alumbrado público, el agua potable, los centros de salud, los equipamientos educativos, las comunicaciones, etc. La simple disponibilidad de estos servicios (nuevos o mejorados gracias a la electricidad) provoca cambios en las formas de vida de la población local, y significan un incremento en las posibilidades y oportunidades de los individuos y los colectivos sociales. De manera particular nos referimos a los servicios educativos y sanitarios que “se presentan como unos recursos notablemente valorados por la sociedad rural actual, por su potencialidad para favorecer procesos de desarrollo, y por el valor añadido que ofrecen al territorio en términos de calidad de vida, atractivo residencial, apoyo económico, etc”.

La electrificación de las escuelas rurales puede mejorar la educación de diferentes maneras. Puede afectar el rendimiento escolar indirectamente a través de la mejora de la infraestructura, como el tratamiento de aguas, saneamiento, calefacción y enfriamiento. Los efectos directos pueden reflejarse en que los niños puedan leer y escribir con más facilidad y en el aumento de las horas de estudio, la concentración y la motivación. Asimismo, la electrificación podría lograr que asistir a la escuela sea más atractivo y así alentar la asistencia. La electrificación puede ayudar a aumentar la calidad y la cantidad de maestros, dado que las escuelas rurales tienen más problemas para atraer y retener (buenos) maestros. El acceso a la electricidad también permite el uso de computadoras y otras tecnologías de información y comunicación (TIC) y el uso de instalaciones escolares para la alfabetización de adultos durante la noche (Mejdalani A. et. all., 2019).

Jiménez y Otson (1998) en su publicación de *Energía renovables para centros de salud rurales* hacen mención que la relación entre salud y energía es apremiante. La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que "La salud y la energía son factores interdependientes que en gran medida determinan el progreso del desarrollo rural. Una estrategia de energía para las áreas rurales será crítica en el logro permanente de mejoras de la salud.". Los programas de atención médica básica son esenciales para el avance de los programas de supervivencia infantil y la calidad general de las condiciones humanas. Las energías renovables son capaces de proporcionar electricidad suficiente y confiable, son mínimamente explotados. La electricidad confiable producida in situ ha probado ser capaz de proporcionar electricidad de alta calidad para refrigeración de vacunas, alumbrado, comunicaciones, aplicaciones médicas, suministro de agua limpia y sanitarios. También puede perfeccionarse la administración, la logística, distribución e información, educación y comunicación. En las localidades donde es difícil mantener un personal médico entrenado en el campo, la electricidad confiable puede proporcionar amenidades de estilo de vida altamente valorables, tales como alumbrado, música y comunicaciones radiales. Existen ejemplos exitosos de Centros de salud electrificados que generan el ingreso de operación para asistir al auto soporte financiero.

Para Valiente y García (2020) la pobreza energética se define como la incapacidad de un hogar para asegurar el nivel social y material adecuado de energía debido a la interrelación entre los altos precios de la energía, la falta de eficiencia energética de los hogares y los electrodomésticos, los bajos ingresos en el hogar y las necesidades energéticas de este, otras autoras amplían esta definición incluyendo el desarrollo de estrategias alternativas para lidiar con la escasez energética. La falta de suministro eléctrico aumenta la mortalidad y la

incidencia de accidentes domésticos, enfermedades cardiovasculares y respiratorias, gripe, asma y bajo peso al nacer, entre otras. Numerosas patologías se ven afectadas, en este contexto: conservación de la insulina, conexión del oxígeno domiciliario o del dispositivo CPAP, funcionamiento de camas articuladas e iluminación y riesgo de caídas son algunas de ellas.

## MARCO TEÓRICO

La marginación es un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigual distribución del progreso, en la estructura productiva y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto del proceso como de los beneficios del desarrollo (CONAPO, 2011). De esta manera, la marginación se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. En consecuencia, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social cuya mitigación escapa del control personal o familiar (CONAPO, 2011 y 2012), pues esas situaciones no son resultado de elecciones individuales, sino de un modelo productivo que no brinda a todos las mismas oportunidades. Las desventajas ocasionadas por la marginación son acumulables, configurando escenarios cada vez más desfavorables (CONAPO, 2013).

De acuerdo a la Dirección general de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid (2002) en el hogar, en la industria, en los servicios o en el transporte, disponer de energía eléctrica nos permite transformarla en trabajo útil, en calor o en frío, mediante una amplia diversidad de máquinas y aparatos. La electricidad es un fenómeno íntimamente ligado a la materia y a la vida. Todo lo que vemos a nuestro alrededor –y también lo que no vemos– está integrado por electrones, partículas que giran alrededor de los núcleos atómicos. Son precisamente estas partículas las responsables de los fenómenos electromagnéticos que hacen posible el aprovechamiento de la energía eléctrica por parte de los humanos. El movimiento de las cargas eléctricas a través de un medio conductor se conoce como corriente eléctrica, y se origina al poner en contacto dos elementos entre los que hay una diferencia de potencial. La corriente eléctrica continua es aquella que fluye de un punto a otro, siempre en el mismo sentido, mientras que la corriente alterna es aquella que fluye de un punto a otro, cambiando de sentido periódicamente. La electricidad comercial a gran escala procede de generadores que producen corriente alterna. La corriente de una pila o batería, en cambio, es del tipo continuo.

El aprovechamiento de la energía hidroeléctrica se remonta a 3.500 años en el pasado, con el surgimiento de las primeras ruedas hidráulicas. Desde mediados del siglo XIX, la energía hídrica se convirtió en un factor decisivo para la creciente industrialización. Cuando, en 1866, Werner von Siemens descubrió el principio dínamo eléctrico sentó las bases para la obtención de energía eléctrica. El principio es sencillo: la energía cinética del agua se convierte en eléctrica mediante sucesivas transformaciones de energía. Para lograrlo se



aprovecha un desnivel para conducir el fluido hacia una instalación situada más abajo. En ella se hace pasar el agua a gran presión por una turbina, provocando un movimiento rotatorio. A partir de la rotación de un rotor electromagnético impulsado por la turbina, se induce la tensión en los paquetes de bobinas del estator, que es una pieza que contiene un electroimán encargado de crear el campo magnético fijo y en la cual se produce la electricidad. Finalmente, de las terminales o bornes del estator es posible extraer energía eléctrica. Realizado este proceso, el agua se devuelve al río y se normaliza su curso (Culqui A. et al., 2018).

La generación hidroeléctrica inicia en el año de 1882, en las rudimentarias instalaciones de las pequeñas centrales localizadas en Inglaterra, Estados Unidos y Francia. En México, unos cuantos años después, se construyen sus primeras instalaciones. Batopilas en Chihuahua, fue la primera central del país en 1889; así, a nuestra nación se le considera pionera en la generación de energía eléctrica. Por 48 años, empresas privadas extranjeras instalaron pequeñas hidroeléctricas y comercializaron el producto en territorio mexicano. En 1937, el gobierno del presidente Lázaro Cárdenas creó la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con ello, la generación de energía eléctrica pasó a ser del Estado. Hoy en día, el mundo tiene la necesidad de recurrir al desarrollo sustentable, utilizando recursos renovables para generar energía eléctrica y abatir con ello el cambio climático. En ese sentido, en México, el recurso renovable que más le favorece por su geografía, topografía y relieve es el hídrico. Cabe señalar que desde el 14 de agosto de 1937, fecha en que se creó la CFE, el país cuenta con 64 centrales hidroeléctricas; de ellas, veinte son de gran importancia y las 44 restantes son centrales pequeñas; 57 son plantas hidroeléctricas que producen energía eléctrica y siete están fuera de operación. En total se tienen 181 unidades generadoras de este tipo. Las veinte centrales más grandes se distribuyen de la siguiente manera: cinco en la Gerencia Regional de Producción Noroeste, dos en la Gerencia Regional de Producción Norte, cinco en la Gerencia Regional de Producción Occidente, dos en la Gerencia Regional de Producción Central y seis en la Gerencia Regional de Producción Sureste (Ramos y Montenegro, 2012).

Las instalaciones de pequeño tamaño (micro hidráulicas), de potencia inferior a 100 KW, son más versátiles y no tienen efectos negativos sobre el medioambiente. Son numerosos los lugares aptos para el desarrollo de la energía hidráulica, teniendo también en cuenta que la tipología de los posibles usuarios es muy variada: entes locales, parques naturales, usuarios aislados, núcleos familiares, aldeas, empresas agrícolas y establecimientos de turismo rural, artesanos, empresas industriales, etc. Aunque sea difícil cuantificar el potencial micro hidráulico disponible (harían falta estudios muy detallados del territorio), es presumible que el residuo potencial pueda ser utilizado por las centrales hidroeléctricas de pequeño tamaño. De todos modos,

la ventaja de las micro centrales hidroeléctricas distribuidas sobre el territorio no es tanto la aportación energética que puede darse a la necesidad eléctrica nacional, cuanto el valor de la utilización del recurso hídrico a nivel local. El hidroeléctrico en pequeña escala bien proporcionado y ubicado, resulta económicamente competitivo respecto a las otras fuentes energéticas renovables y, considerando los costes globales reales, también respecto a las fuentes energéticas tradicionales. Las instalaciones micro hidráulicas representan por lo tanto una forma de energía valiosa, porque con un impacto medioambiental muy bajo utilizan una fuente energética renovable, que de otra manera se perdería (C.E.C.U., S.F).

En el año 2010 el gobierno del estado presentó el presupuesto devengado donde hacía mención a proyectos de abastecimiento eléctrico a comunidades marginadas, con un gasto de 31.6 millones de pesos, que con el fin de contribuir a la política pública establecida por el Ejecutivo del Estado de impulsar acciones en favor de los municipios con menor índice de desarrollo humano, se realizaron actividades de identificación de fuentes potenciales de recursos naturales para la instrumentación de 3 proyectos de generación de energías eléctricas limpias, que propicien mayor bienestar a la población y permitan el desarrollo de las actividades productivas; por lo que se atendieron los municipios de Ocoatepec, Huitiupán, Francisco León y Amatán. Con el propósito de dotar de energía eléctrica a comunidades con menor índice desarrollo humano que por su ubicación geográfica no disponen del servicio convencional, se realizaron 13 diagnósticos situacionales en las localidades identificadas para determinar la viabilidad de apoyo, instalándose 170 sistemas solares fotovoltaicos con una capacidad de 130 watts a igual número de viviendas de las comunidades de: San Miguel Arcángel, Santa Rosa Mamalik e Ik'Osilja, San Sebastián Segunda Sección, El Sumidero y El Mirador, de los municipios de Berriozábal, Chanal, Chilón, Cintalapa, Amatán, Francisco León, Huitiupán, Ocosingo y Acala; beneficiando a 789 personas de los cuales 384 son hombres y 405 mujeres (Gobierno del Estado, 2010).

## OBJETIVO GENERAL

- Analizar la viabilidad de uso de centrales micro hidroeléctricas en el Estado de Chiapas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar comunidades por índice de marginación en el estado de Chiapas.
- Análisis hidrográfico de la zona de estudio.
- Analizar centrales micro hidroeléctricas implementadas en comunidades rurales.
- Analizar documentalmente los factores bióticos y abióticos tomados en cuenta para un proyecto de central micro hidroeléctrica.

## METODOLOGÍA

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de la marginación, así como de sus indicadores, el CONAPO elaboró un ejercicio paralelo a la estimación del índice de marginación por componentes principales, con el objetivo de analizar la marginación a través del tiempo y dar cuenta de las transformaciones ocurridas en el país (CONAPO, 2013).

El valor del índice de marginación es la primera componente del método de componentes principales, aplicado a los nueve indicadores calculados para las entidades federativas y los municipios; una vez determinados los valores para cada área, se clasifican en cinco grupos diferenciados y delimitados mediante la técnica de estratificación óptima de Dalenius y Hodges (CONAPO, 2011 y 2012).

Los nueve indicadores que la CONAPO toma en cuenta para el índice de marginación son;

- Educación: La escasa o nula escolaridad repercute a nivel individual en la generación de oportunidades de movilidad social y a nivel comunitario, en tanto que en una población trabajadora pobremente capacitada influye en el ámbito laboral, en la innovación y en la productividad. No resulta extraño que la mayor marginación social se presente en comunidades en las que la población tenga bajos niveles educativos, situación que se acentúa en los grupos de mayor edad (CONAPO, 2004).
- Vivienda: La carencia de estos indicadores reduce el bienestar de los ocupantes limitando sus actividades domésticas y familiares, con consecuencias para el ingreso del hogar (CONAPO, 2013).
  - *Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin agua entubada*; La ausencia de agua entubada perjudica la salud y potencia la presencia de enfermedades gastrointestinales, dérmicas y respiratorias; y además dificulta las labores domésticas; así mismo, la necesidad de allegarse del recurso desde grandes distancias puede consumir grandes cantidades de trabajo familiar (CONAPO, 2004).
  - *Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin drenaje ni servicio sanitario*; La carencia de drenaje y servicio sanitario repercute sobre la higiene de las viviendas y la salud de sus

ocupantes, propiciando la transmisión de enfermedades gastrointestinales, entre otras, que pueden convertirse en problemas de salud pública y que repercuten en el gasto familiar (CONAPO, 2004), aumentando las disparidades sociales y afectando la calidad de vida (CONAPO, 2013).

- *Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica;* La falta de energía eléctrica en la vivienda limita el uso de bienes y servicios tecnológicos que permiten la preparación y conservación de alimentos, así como el acceso a sistemas de información, comunicación y entretenimiento que repercuten en la calidad de vida. Asimismo, supone el uso de fuentes de energía que además de elevar los costos afectan negativamente al medio ambiente y la salud de los ocupantes (CONAPO, 2004).
- *Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas con piso de tierra;* La presencia de piso de tierra se relaciona directamente con la salubridad de las viviendas y su vulnerabilidad ante enfermedades principalmente gastrointestinales; también influye en la confortabilidad, por ello se considera una limitante para el desarrollo integral de las familias y las comunidades (CONAPO, 2004).
- *Porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento;* El hacinamiento compromete la privacidad de las personas generando espacios inadecuados para el estudio, esparcimiento y actividades íntimas para el desarrollo pleno de las personas. Al afectar de estas maneras, se traduce en una desventaja para los individuos (CONAPO, 2004).
- Distribución de la población:
  - *Porcentaje de población en localidades con menos de cinco mil habitantes;* La residencia en localidades pequeñas, que en muchos casos se encuentran dispersas y aisladas, se asocia a la carencia de servicios básicos como disponibilidad de agua, drenaje, servicio sanitario, electricidad y a la inaccesibilidad a servicios educativos, lo cual repercute en los ingresos percibidos por la población y en consecuencia en su bienestar (CONAPO, 2004).

- Ingresos:
  - *Porcentaje de población ocupada con ingreso de hasta dos salarios mínimos*; El ingreso monetario determina las capacidades para adquirir bienes y servicios; además, en el caso de los trabajadores con baja capacitación se relaciona estrechamente con la productividad (CONAPO, 2004).

Una vez obtenido los valores de cada variable y aplicando la metodología establecida por el Sistema para la consulta de la Información Censal (SCINCE) (2010), de estratificación multivariada que consiste en obtener una medida unidimensional en la que se resume la información de las variables consideradas para la estratificación, llamada primera componente principal, y aplicar a ésta el método de estratificación univariada de Dalenius-Hodges la CONAPO emite la siguiente tabla (Tabla no.1)

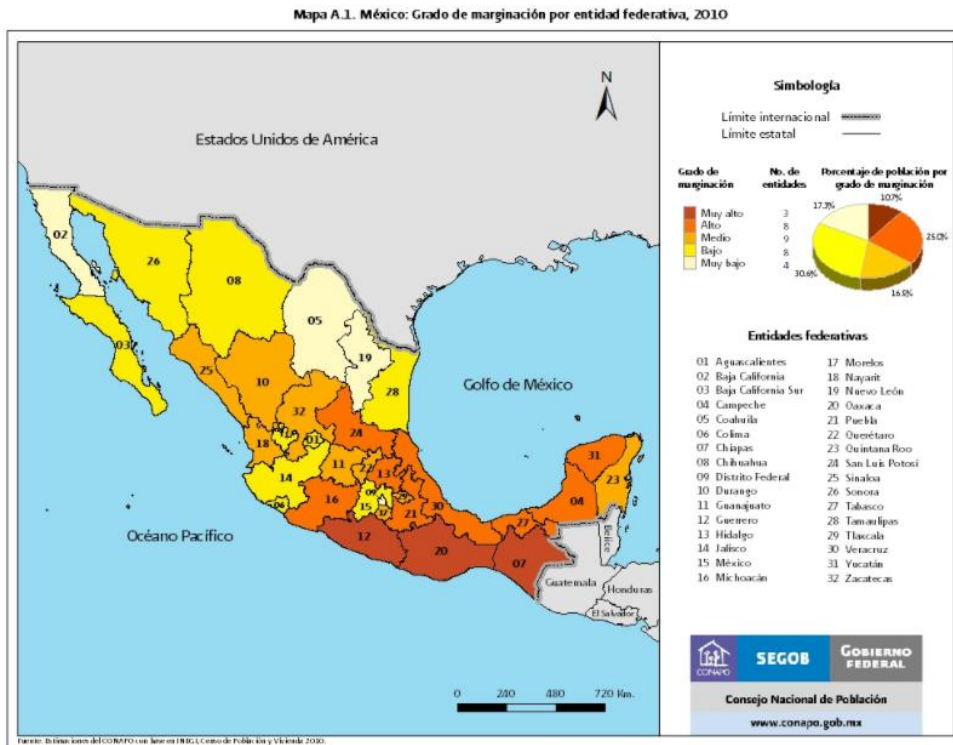
**Tabla no.1 Índice absoluto de marginación 2000 - 2010.**

Clave de la entidad federativa	Entidad federativa	Índice absoluto de marginación 2000	Índice absoluto de marginación 2010
	Nacional	22.96	16.83
20	Oaxaca	40.19	29.78
07	Chiapas	41.42	31.51
30	Veracruz	33.65	23.84
12	Guerrero	39.86	30.73
04	Campeche	28.56	19.61
13	Hidalgo	31.29	22.61
24	San Luis Potosí	28.93	20.39
27	Tabasco	29.93	21.84
32	Zacatecas	27.34	19.60
21	Puebla	29.67	22.01
25	Sinaloa	23.23	15.91
16	Michoacán	27.46	20.49
18	Nayarit	24.70	17.75
31	Yucatán	26.41	19.62
22	Querétaro	22.48	15.81
11	Guanajuato	24.07	17.77
23	Quintana Roo	19.75	13.59
10	Durango	23.07	17.20
06	Colima	17.86	12.07
17	Morelos	20.91	15.58
14	Jalisco	17.02	11.83
29	Tlaxcala	23.12	18.00
03	Baja California Sur	16.71	11.65
28	Tamaulipas	17.34	12.35
26	Sonora	17.26	12.44
15	México	18.56	13.85
19	Nuevo León	11.43	7.97
01	Aguascalientes	15.84	12.40
08	Chihuahua	16.26	12.90
05	Coahuila	13.34	10.19
09	Distrito Federal	10.68	7.68

Fuente: CONAPO Año: 2013

La Secretaría de Gobernación (SEGOB) en conjunto con la CONAPO, emite el mapa de los grados de marginación por entidad (Mapa no.1).

Mapa no.1 Grado de marginación por estados.



Fuente: CONAPO Año: 2013

Son un total de 283 municipios con un índice de marginación muy alto que el CONAPO (2016) los presenta en la siguiente tabla (Tabla no.2).

Tabla no.2 Estados con grado muy alto de marginación.

Entidad	Municipios (grado muy alto de marginación)	%	Padrón electoral (2016)	Lista nominal (2016)
Jalisco	2	1%	14,346	14,007
Yucatán	5	2%	29,966	29,203
Durango	2	1%	31,770	31,198
Michoacán	3	1%	37,440	36,914
San Luis Potosí	2	1%	38,616	38,275
Hidalgo	3	1%	44,585	44,462
Nayarit	3	1%	109,846	107,453
Chihuahua	9	3%	118,177	117,349
Puebla	22	8%	248,088	247,158
Veracruz	27	10%	508,102	507,008
Oaxaca	135	48%	625,297	623,129
Guerrero	36	13%	696,063	683,983
Chiapas	34	12%	959,684	938,984
<b>Total</b>	<b>283</b>	<b>100%</b>	<b>3,461,980</b>	<b>3,419,123</b>

Fuente: CONAPO      Año: 2016

Los tres estados mexicanos con mayor índice y grado de marginación son Guerrero, Chiapas y Oaxaca, con un valor superior a las dos unidades y un grado Muy alto de acuerdo a la CONAPO (2013).

Chiapas es el segundo estado con más municipios con muy alto grado de marginación con un total de 34 municipios, solo por debajo de Guerrero que cuenta con 36 municipios (CONAPO, 2016). Esta cantidad de municipios representan un 27.41% de la cantidad total de municipios con los que cuenta el estado (124 municipios de acuerdo al INEGI). El Diario Oficial de la Federación en la Declaración de Zonas de Atención Prioritaria 2020 considera, además de los municipios de muy alta marginación, 69 municipios con alta marginación y solo 1 (San Cristóbal de las Casas) con un nivel bajo de marginación (Navarro, 2019). De acuerdo con el artículo 29 de la Ley General de Desarrollo Social (LGDS), se consideran Zonas de Atención Prioritaria “las áreas o regiones, sean de carácter predominantemente rural o urbano, cuya población registra índices de pobreza, marginación indicativos de la existencia de marcadas insuficiencias y rezagos en el ejercicio de los derechos para el desarrollo social”. Su determinación se orientará por los criterios de resultados que para tal efecto defina el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL).



Los 34 municipios son presentados en una tabla emitida por el CONAPO en el año 2016, los cuales son los siguientes (Tabla no.3).

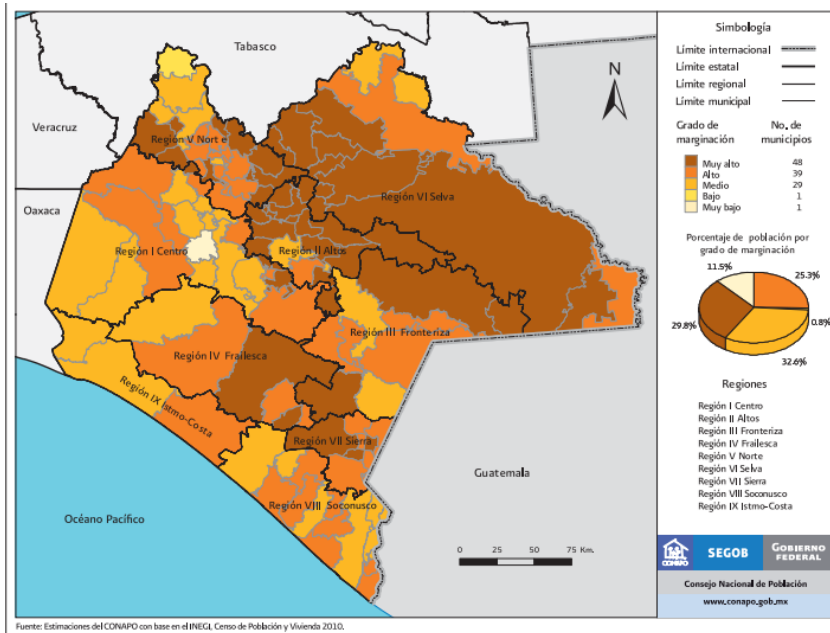
**Tabla no.3 Municipios con grado muy alto de marginación.**

#	Clave INEGI	Entidad	Municipio	Grado marginación 2015
1	7004	Chiapas	Altamirano	Muy alto
2	7005	Chiapas	Amatán	Muy alto
3	7007	Chiapas	Amatenango del Valle	Muy alto
4	7014	Chiapas	El Bosque	Muy alto
5	7022	Chiapas	Chalchihuitán	Muy alto
6	7023	Chiapas	Chamula	Muy alto
7	7024	Chiapas	Chanal	Muy alto
8	7026	Chiapas	Chenalhó	Muy alto
9	7031	Chiapas	Chilón	Muy alto
10	7039	Chiapas	Huitiupán	Muy alto
11	7052	Chiapas	Las Margaritas	Muy alto
12	7056	Chiapas	Mitontic	Muy alto
13	7058	Chiapas	Nicolás Ruíz	Muy alto
14	7059	Chiapas	Ocosingo	Muy alto
15	7060	Chiapas	Ocoatepec	Muy alto
16	7064	Chiapas	Oxchuc	Muy alto
17	7066	Chiapas	Pantelhó	Muy alto
18	7067	Chiapas	Pantepec	Muy alto
19	7075	Chiapas	Las Rosas	Muy alto
20	7076	Chiapas	Sabanilla	Muy alto
21	7077	Chiapas	Salto de Agua	Muy alto
22	7081	Chiapas	Simojovel	Muy alto
23	7082	Chiapas	Sitalá	Muy alto
24	7093	Chiapas	Tenejapa	Muy alto
25	7096	Chiapas	Tila	Muy alto
26	7098	Chiapas	Totolapa	Muy alto
27	7100	Chiapas	Tumbalá	Muy alto
28	7109	Chiapas	Yajalón	Muy alto
29	7110	Chiapas	San Lucas	Muy alto
30	7111	Chiapas	Zinacantán	Muy alto
31	7112	Chiapas	San Juan Cancuc	Muy alto
32	7115	Chiapas	Maravilla Tenejapa	Muy alto
33	7118	Chiapas	San Andrés Duraznal	Muy alto
34	7119	Chiapas	Santiago el Pinar	Muy alto

Fuente: CONAPO      Año: 2016

En la publicación “Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010” emitida por el CONAPO (2011) se publica el siguiente mapa (mapa no.2) donde se demuestra la distribución de la marginación en el estado de Chiapas.

## Mapa no.2 Grado de Marginación por municipio 2010



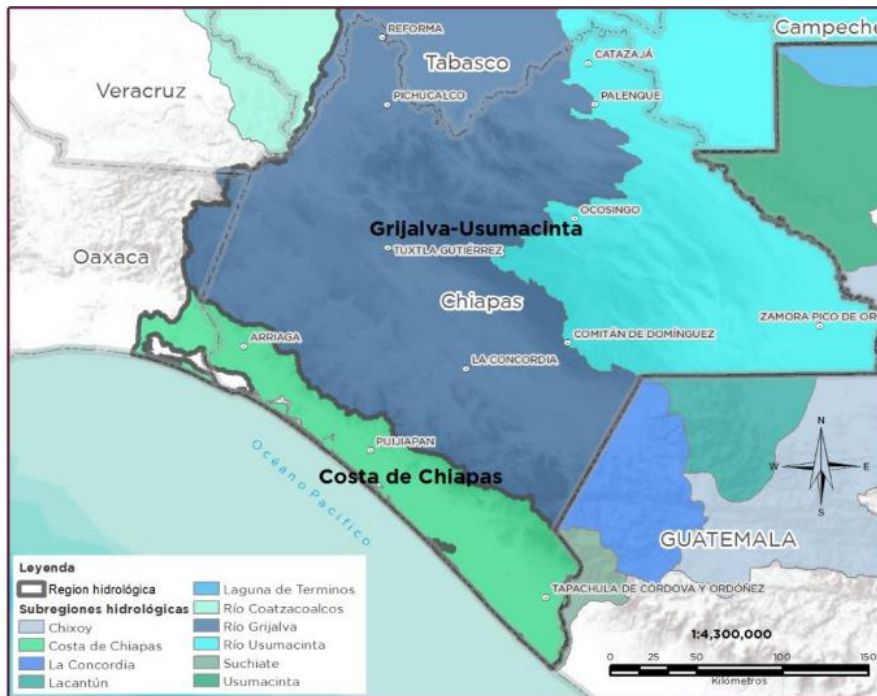
Fuente: CONAPO Año: 2011

La abundancia de agua dulce en México está en el sur, donde se concentra la mayor cantidad de ríos caudalosos, cuencas, sistemas laguneros, reservas hídricas, presas hidroeléctricas de más de 10 mil hectómetros cúbicos y las lluvias más copiosas del país (CONAGUA, 2018).

De acuerdo al Programa Estatal Hídrico 2019 – 2024 publicado por el Instituto Estatal de Agua, el Estado de Chiapas representa aproximadamente el 30% del total del recurso hídrico del país. En total, cuenta con 110 mil hectáreas de aguas continentales, 260 kilómetros de litoral, un mar patrimonial de 96 mil Km<sup>2</sup>, 75,230 hectáreas de esteros y 10 sistemas lagunarios. Chiapas se divide en dos regiones hidrológicas separadas por la Sierra Madre de Chiapas: RH23 “Costa de Chiapas”, con cursos de agua cortos caracterizados por crecidas anuales que vierten sus aguas al océano Pacífico y RH 30 “Grijalva – Usumacinta”, drenada por ríos de régimen regular que vierten sus aguas al océano Atlántico. La RH 23 Costa de Chiapas tiene una extensión territorial de 12,293 Km<sup>2</sup>, con precipitación promedio (del año 1981-2010) de 2,220 mm, de acuerdo a datos de CONAGUA hasta el año 2019 tenía un escurrimiento natural medio superficial interno de 12,551 hm<sup>3</sup> /año con un número de cuencas hidrológicas de 25, a su vez esta se divide en dos subregiones que son Costa de Chiapas y Suchiate. La RH 30, Grijalva-Usumacinta tiene una extensión territorial de 102,465 Km<sup>2</sup>, con precipitación promedio (del año 1981-2010) de 1,703 mm, hasta el año 2019 tenía un escurrimiento natural

medio superficial interno de 61,881 hm<sup>3</sup> /año con un número de cuencas hidrológicas de 83 (Instituto Estatal del Agua, s. f).

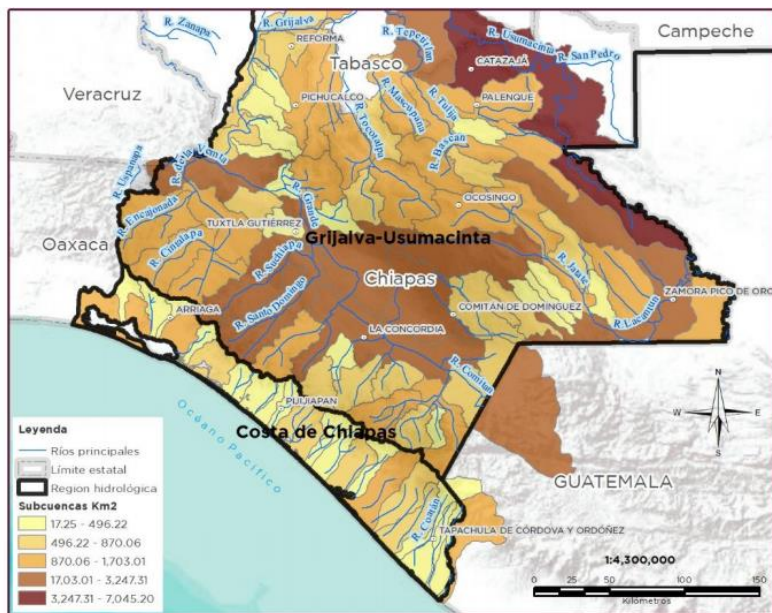
### Mapa no 3 Regiones hidrológicas en Chiapas



Fuente: CONAGUA Año:2020

De acuerdo a datos de la CONAGUA en el estado de Chiapas se ubican 92 subcuencas hidrológicas de las cuales la de mayor superficie es la subcuenca Usumacinta con 7,045.20 Km<sup>2</sup> seguida de la subcuenca Presa La Angostura, Lacantún y Presa Chicoasén.

## Mapa no.4 Subcuencas hidrológicas en Chiapas



Fuente: CONAGUA Año: 2010

Los ríos más importantes son Grijalva y Usumacinta. En el este se localiza el río Usumacinta que sirve como frontera natural entre México y Guatemala, sus afluentes (ríos más pequeños que depositan sus aguas en uno principal) como los ríos Lacantún, Lacanjá, Tzendales, Tzaconejá, Jataté y Santo Domingo. El río Grijalva, nacido de la unión de los ríos Selegua y Grandagalpa (Rincón Tigre) y el San Gregorio, que confluyen en el embalse de la presa La Angostura, a partir de allí se le denomina río Mezcalapa; este pertenece a la cuenca denominada río Grijalva. Sus afluentes nacen en la sierra de los Cuchumatanes, en el municipio de Chiantla, Guatemala, a unos 70 kilómetros de la frontera de Ciudad Cuauhtémoc, en Chiapas. El río cambia su curso de noroeste a norte hasta que llega a Tuxtla Gutiérrez en donde entra en lo que se conoce como el Cañón del Sumidero, alcanza su máxima profundidad registrada antes de llegar al embalse de la presa Chicoasén. En el oeste, centro y norte, los afluentes del río Grijalva son el Pichucalco, Suchiapa, La Venta, Santo Domingo, Ningunilo, Jaltenango y Tulijá, que aportan agua a las presas Nezahualcóyotl (Malpaso), Belisario Domínguez (La Angostura), Chicoasén y Ángel Albino Corzo (Peñitas). Estas presas son importantes generadoras de energía eléctrica para la entidad y el país. Otros ríos importantes en la Costa de Chiapas son Suchiate, Coatán, Cintalapa y Pijijiapan que descargan sus aguas en el Océano Pacífico. Éstos nacen en las sierras del Sur de Chiapas, cerca de la costa, por lo que son de corta longitud (Instituto Estatal del Agua, s. f).





tubos de PVC SDR-26 de 8 y 6 pulgadas y 60 tubos de acero de 8 pulgadas, para los tres proyectos (El Limón, Villa Nizao y El Jamo). Para el Limón y El Jamo, toda la tubería ha sido instalada. Los proyectos de El Limón y El Jamo están en funcionamiento, para la terminación del proyecto de Villa Nizao faltan 70 tubos y las redes eléctricas. Durante este proyecto Se han reforestado y/o conservado unas 230 hectáreas de bosques en las tres comunidades beneficiarias del proyecto. La contribución de AEA es de US\$182,000.00, de los cuales se recibieron dos desembolsos, por un valor total de US\$160,160.00: un primer desembolso por un valor de US\$91,000.00, de los cuales se reportaron gastos de US\$92,516,24; y un segundo desembolso por un valor de US\$69,160.00 reportando gastos por valor de US\$89,484.85, por un total de US\$182,001.09, lo que representa la totalidad del presupuesto aprobado. Se tiene un balance de pago pendiente de parte de AEA ascendente a US\$21,840.00. En el reporte emitido presentas tres cuadros los cuales son Fichas de síntesis sobre los avances que presentan los proyectos, los cuales son los siguientes.

**Img no. 1 Ficha de síntesis proyecto El Limón**

**Micro Hidroeléctrica El Limón**

**Cuadro 1. Ficha de síntesis sobre el avance en el proyecto**

<b>Actividades realizadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reuniones comunitarias</li> <li>- Construcción de casa de máquina</li> <li>- Adquisición e instalación de tubería de Tubería de generación</li> <li>- Adquisición de tubería de conducción de agua</li> <li>- Construcción de casa de máquinas</li> <li>- Instalación de tubería de conducción de agua</li> <li>- Diseño de redes eléctricas</li> </ul>
<b>Resultados alcanzados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casa de máquina construida, completada en un 100 %.</li> <li>- Adquisición e instalación de tubería de Tubería de conducción de agua (100%).</li> <li>- Sistema de generación instalado (100%).</li> <li>- 85 familias, micro empresas rurales, instalaciones sociales, centro de informática, escuela primaria cuentan con energía eléctrica (100%).</li> <li>- Un Comité de 5 comunitarios seleccionados por proceso de votación democrática en la Asamblea General Anual. (100%).</li> <li>- 3 técnicos comunitarios capacitados para el manejo del sistema hidroeléctrico (100%).</li> <li>- Un sistema de pago establecido para cada familia, las cuales pagarán entre 200 y 300 pesos mensuales, lo que permitirá contar con recursos económicos para el mantenimiento del sistema (100%).</li> <li>- Protección de la cuenca que alimenta el Arroyo El Limón (100%).</li> <li>- Comunitarios capacitados para el uso eficiente de la energía, cambio climático y sistema tarifario (100%).</li> </ul>
<b>Dificultades encontradas y soluciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las tormentas tropicales que han afectado al País en el último año generó retrasos en los trabajos de instalación de los componentes del proyecto, así como la pérdida de materiales ya adquiridos.</li> <li>- Hubo retrasos en la instalación de las redes eléctricas, la cual ha sido posible gracias al apoyo de la Unidad de electrificación Rural y Suburbana (UERS).</li> </ul>
<b>Actividades planificadas para los próximos dos meses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terminación del Sistema Hidroeléctrico Villa Nizao</li> </ul>

Fuente: AEA      Año: 2012

**Img. No. 2 Ficha síntesis proyecto Jamo**

**Micro Hidroeléctrica Jamo**

**Cuadro 3. Ficha de síntesis sobre el avance tenido en el proyecto**

<b>Actividades realizadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seis reuniones comunitarias</li> <li>- Organización de brigadas de trabajo</li> <li>- Cotización y adquisición de sistema de generación</li> <li>- Cotización y adquisición de tubería de conducción de agua</li> <li>- Instalación de sistema de generación</li> <li>- Instalación de tubería de conducción</li> <li>- Construcción de casa de máquina</li> <li>- Diseño de las redes eléctricas</li> </ul>
<b>Resultados alcanzados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casa de máquina construida en un 100%</li> <li>- Tubería de conducción de agua. La instalación está completa en un 100%.</li> <li>- Sistema de generación comprado, trasladado a la comunidad e instalado. (100%)</li> <li>- 60 Familias, micro empresas rurales, instalaciones sociales y escuela primaria cuentan con energía eléctrica. (100%)</li> <li>- 2 técnicos comunitarios capacitados para el manejo del sistema hidroeléctrico. (100%)</li> <li>- Diseño e instalación de las redes eléctricas completada en un 100%.</li> <li>- Reforestación y protección de áreas.</li> <li>- Capacitación de los beneficiarios en cambio climático y manejo del sistema microhidroeléctrico.</li> </ul>
<b>Dificultades encontradas y soluciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algunas familias beneficiarias tardaron en involucrarse a pleno ritmo en los trabajos. Para solucionar el problema, se llevaron a cabo varios encuentros con los beneficiarios del proyecto donde se socializaron nuevamente las reglas de participación en el mismo y se analizaron las razones a la base de la escasa participación. Fruto de estos encuentros ha sido la mejora considerable del involucramiento de los beneficiarios en las labores.</li> <li>- Se ha tenido retraso en el inicio de la instalación de las redes eléctricas. Se han gestionado fondos adicionales con el FONDO MARENA y SG-SICA-AEA para la obtención de recursos que facilitarían la realización de este componente.</li> <li>- Fue necesario realizar algunos reajuste en el diseño, lo cual implicó gastos adicionales no contemplados en el proyecto, lo cual ha llevado a gestión fondos adicionales con otras fuentes.</li> </ul>
<b>Actividades planificadas para los próximos dos meses</b>	-

Fuente: AEA      Año: 2012

## Img. No. 3 Ficha síntesis proyecto Villa Nizao

### **MICROHIDROELÉCTRICA VILLA NIZAO**

**Cuadro 2. Ficha de síntesis sobre el avance en el proyecto**

<b>Actividades realizadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reuniones comunitarias</li> <li>- Reparación de camino de acceso a la comunidad y a los sitios de implementación de las obras</li> <li>- Adquisición e instalación de sistema de generación</li> <li>- Adquisición de tubería de conducción de agua</li> <li>- Construcción de casa de máquina</li> </ul>
<b>Resultados alcanzados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casa de máquina. Se cuenta con la construcción de la casa de máquina completada en un 100%.</li> <li>- Construcción del camino de acceso a la obra de toma y cama de máquina (100%).</li> <li>- Adquisición de 200 tubos de PVC y 20 de hierro de 12, 10 y 8 pulgadas para la conducción del agua.</li> <li>- Adquisición e instalación de sistema de generación. (80%)</li> <li>- Diseño de las redes eléctricas</li> <li>- Reforestación de áreas críticas</li> </ul>
<b>Dificultades encontradas y soluciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultades burocráticas han determinado un retraso en el proceso de adquisición de la tubería.</li> <li>- Se han preparado propuestas de proyecto a dos potenciales fuentes de financiamiento (ECADER , BID, entre otras), para gestionar los fondos para las redes eléctricas y así poner en operación el sistema en el menor tiempo posible.</li> <li>- La tormenta tropical Isacc, arrastró el almacén donde se encontraban depositados 70 tubos de 10" de PVC y materiales de construcción, lo cual ha retrasado el avance del proyecto.</li> </ul>
<b>Actividades planificadas para los próximos dos meses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terminación de la instalación de la tubería de conducción de agua.</li> <li>- Instalación de las Redes Eléctricas.</li> <li>- Instalaciones eléctricas en las viviendas de la comunidad.</li> <li>- Prueba del sistema.</li> </ul>

Fuente: AEA      Año: 2012

En el reporte como forma de conclusión se puede leer lo siguiente; *Los sistemas hidroeléctricos de El Limón y El Jamo están terminados, siendo beneficiarias 145 familias y las infraestructuras sociales de las comunidades (escuelas, centro de informática, iglesias, centros comunitarios).*

*Con la puesta en funcionamiento de las Micro Centrales Hidroeléctricas de El Limón y El Jamo se está surtiendo un impacto positivo en el orden social, ambiental y económico, especialmente en grupos vulnerables como los jóvenes y niños, quienes se encuentran facilitados en la posibilidad de llevar a cabo sus estudios en horas nocturnas. Se evidencian impactos en términos de alfabetización de adultos, facilitación del trabajo doméstico de las mujeres, atención a la familia, mayor limpieza de los ambientes domésticos. Con la llegada de la electricidad se pueden conservar los alimentos y medicamentos que requieren refrigeración, se aprovechan frutas para jugos mediante el uso de electrodomésticos. Los negocios mejoran sus movimientos a partir de la venta de productos que requieren refrigeración. La gente tiene acceso a la comunicación y a la televisión por cable y del sistema libre, así como a la corriente para cargar sus teléfonos móviles, entre otros. Al poner en operación las micro centrales hidroeléctricas de El Limón y El Jamo, las familias han reducido el monto de dinero que utilizaban para la compra de gas, compra y carga de baterías, compra de pilas. Anteriormente, las familias gastaban entre 12 y 20 dólares mensuales, en la compra de gas kerosén,*

*pilas secas, carga de baterías, entre otros. En la actualidad, las familias invierten menos del 50% de lo que gastaban antes de contar con la hidroeléctrica y tienen un servicio eléctrico propio eficiente y que responde a las necesidades de la gente (AEA, 2012).*

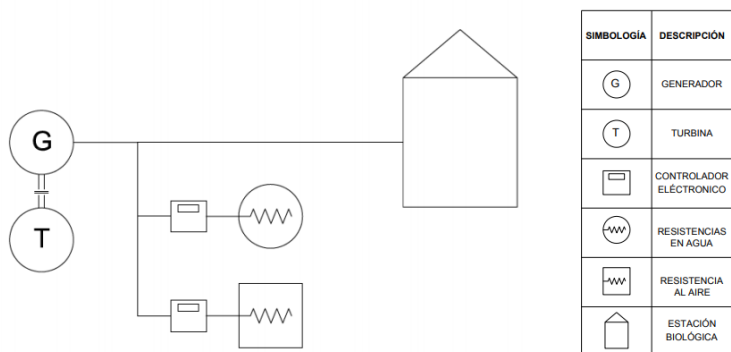
Con esto se observa un impacto positivo de manera social y económica, así como mejora en la calidad de vida dentro de la comunidad.

En el país de Costa Rica se lleva a cabo el diseño de una central micro hidroeléctrica para la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, se diseñó la central para abastecer todos los requerimientos energéticos de la reserva, se consideró la disponibilidad de equipo e infraestructura que se encuentra dentro de la reserva, así como de todas las condiciones topográficas que se presentan dentro de la misma, se diseña una toma de agua considerando futuras expansiones en la estación. El equipo electromecánico aplicado para este proyecto consta de una turbina Banki, dicha turbina se ajusta para operar a máxima capacidad de caudal (Rodríguez y Suarez 2013).

Se realiza un análisis económico para la ejecución de la micro central hidroeléctrica. Resultando que los costos por kilo watt están de acuerdo con plantas hidroeléctricas de similar tamaño. El proyecto contaba con un presupuesto de 20 millones de colones, los cuales se cumplieron englobando el equipo electromecánico, tubería de presión y depreciación del equipo (Rodríguez y Suarez 2013).

En el documento emitido por Rodríguez y Suarez (2013) se presenta la imagen (imagen no. 4) del esquema de la micro central hidroeléctrica.

**Imagen no. 4 Esquema micro central hidroeléctrica.**

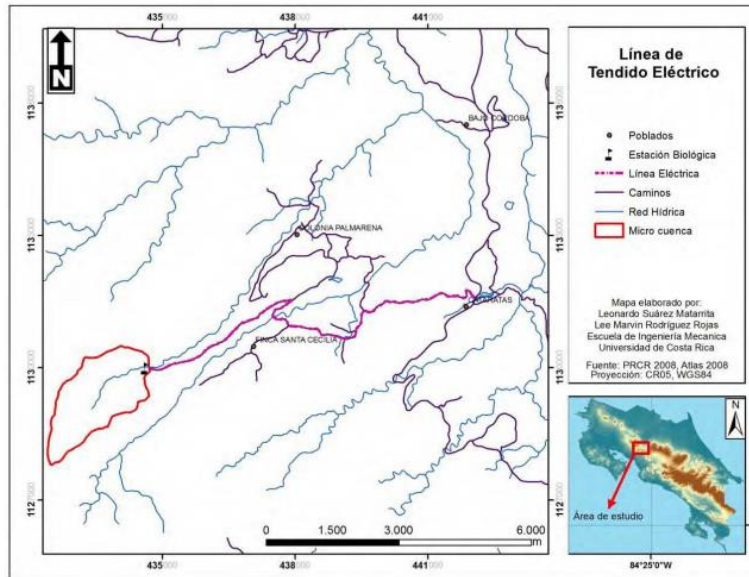


Fuente: Rodríguez y Suarez      Año: 2013



Así mismo se presenta un ruteo de las líneas de transmisión eléctrica, así como de la ubicación de la microcuenca y ubicación de la central micro hidroeléctrica (Mapa no.6).

**Mapa no.6 Ruteo de las líneas de transmisión eléctrica.**



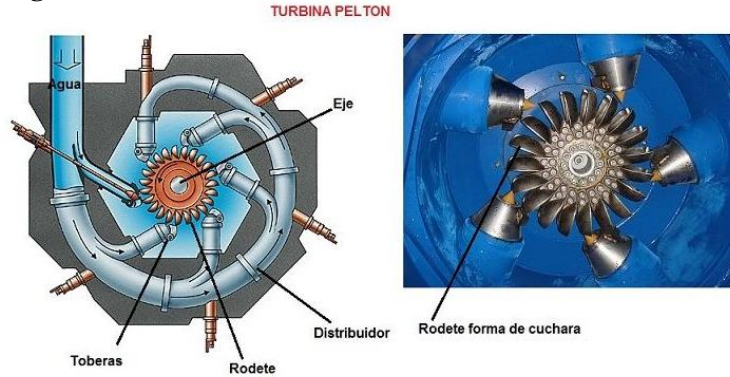
Fuente: Rodríguez y Suarez Año: 2013

Según Vinicio Vásquez (2015) existen factores a tomar en cuenta para el diseño de una estación micro hidroeléctrica como lo es la medición y las variaciones de caudal, ya que este factor nos ayuda saber la cantidad de recurso hídrico con el que se cuenta en su máximo y mínimo nivel del cuerpo de agua, la cual obedece a múltiples variables como son área de la cuenca hidrográfica, condiciones climatológicas, topografía del terreno y características geológicas de la cuenca. Otro factor de suma importancia es la altura o salto geodésico para el agua el cual consiste en la diferencia de altura que tiene el caudal para el recorrido del agua desde el punto de inicio de una tubería de presión hasta el punto de descarga del mismo ya que es este el factor que nos proporciona la energía potencial o fuerza con la que desciende el agua con su consecuente velocidad, para obtener este valor se tiene disponible varios métodos como lo es la medición por Gps, método de alfiler, método eclímetro,, método del nivel de ingeniero, método con mapa de curva de nivel etc. Otro factor importante es la el cálculo de la energía generada, que depende mucho de la turbina.

De acuerdo a Valdez Ingenieros S.A. de C.V. (2006) en México existen distintos modelos de turbinas los cuales son la turbina Pelton que de acuerdo a la descripción de Ariel Marchegiani (2004) convierte previamente la energía de presión del fluido en energía cinética, creando un chorro libre en la atmósfera. Este

chorro se hace incidir sobre los álabes de un rotor, que gira asimismo en el seno de la atmósfera, desviando el chorro, apareciendo por ello un par sobre él que se utiliza para extraer la energía.

**Imagen no. 5 Turbina Pelton**

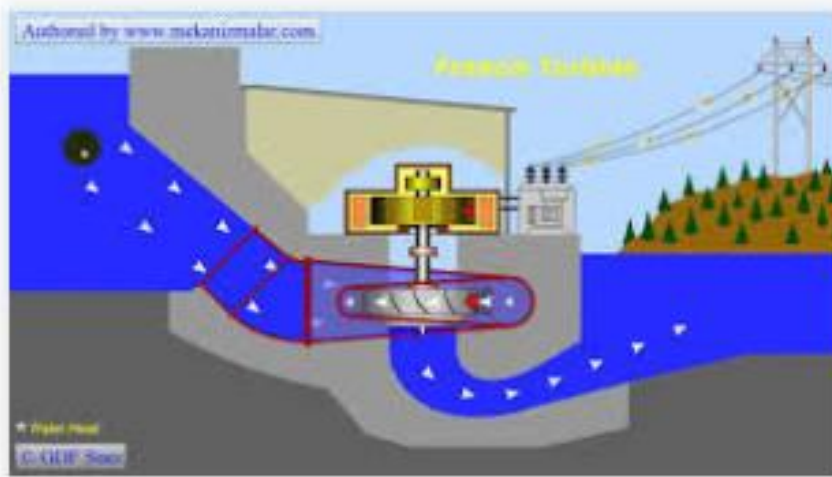


Fuente: Areatecnologia.com Año: 2021

El chorro se crea por medio de una tobera estacionaria convergente cónica, denominada inyector. Este inyector va dotado de una espiga central axilsimétrica capaz de moverse axialmente, la cual controla el área de paso. El inyector hace incidir la corriente tangencialmente al rotor, ocurriendo la deflexión del chorro sin concurrencia de una variación global de radio significativa y en media en un plano paralelo al eje del rotor y conteniendo al eje del inyector (Marchegiani, 2004).

El otro modelo disponible en México es la turbina Francis, una turbina de reacción, radial-axial, normalmente de eje vertical, aunque pueden ser horizontal como muestra la figura de más abajo. Se utiliza en saltos de altura intermedia (hasta los 200m) y con caudales muy variados de agua, entre 2 y 200 metros cúbicos por segundo. El distribuidor está compuesto de aletas móviles para regular el caudal de agua que conduce al rodete. El agua procedente de la tubería forzada entra perpendicularmente al eje de la turbina y sale paralela a él (Jorge, 2015).

Imagen no. 6 Turbina Francis

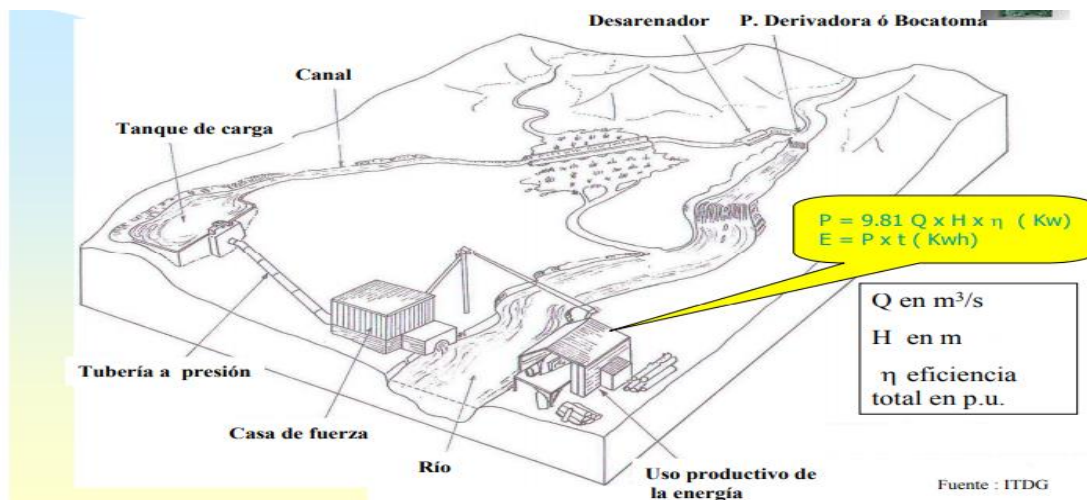


Fuente: maqhdraulicas Año: 2021

Otros modelos de turbinas con las que se cuentan en México son la turbina Kaplan (Axial), la turbina tubular (Axial), turbina Banki y turbina Garman.

De acuerdo a Valdez Ingenieros S.A. de C.V. (2006) y Soria (2010) los sistemas micro hidroeléctricos cuentan con los siguientes componentes, los cuales son importantes para una óptima producción, los cuales son; bocatoma, desarenador, canal, tanque de carga, tubería a presión, casa de fuerza, río y uso productivo de la fuerza (vivienda o comunidad) (Imagen no.7).

Imagen no.7 Componentes de una estación micro hidroelectrica



Fuente : ITDG

Fuente: Valdez Ingenieros S.A. de C.V. Año: 2006

Esta compañía nos proporciona opciones de cuáles pueden ser los valores para diferentes casos, como los son para una casa en el medio rural (imagen no.8), para una pequeña granja u hotel (imagen no.9) y para una pequeña comunidad rural p agroindustria (imagen no.10).

**Img. No.8 Planta para una vivienda rural**

**Para una pequeña casa en el medio rural**



	MHG-200LH	MHG-500LH	MHG-1000LH
<b>Caída</b>	1.5 m	1.5 m	1.5 m
<b>Gasto</b>	35 l / sec	70 l / sec	130 l / sec
<b>Potencia</b>	200 W	500 W	1000 W

**Img No.9 Planta para una pequeña comunidad**

**Para una pequeña comunidad rural ó agroindustria**



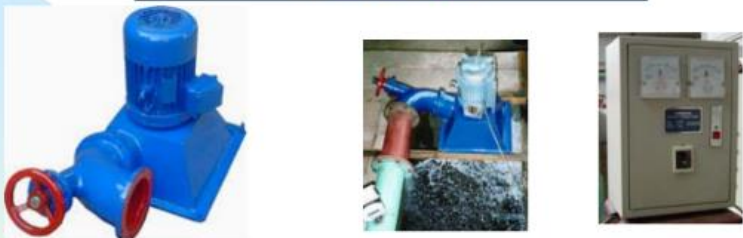
Rango típico de caída :	1.5m a 5m
Rango típico de gasto:	200 l / sec a 2000 l / sec
	1.7 kW a 60 kW

Fuente: Valdez Ingenieros S.A. de C.V. Año: 2006

Fuente: Valdez Ingenieros S.A. de C.V. Año: 2006

**Img No.10 Planta para una pequeña granja**

**Para una pequeña granja u hotel en medio rural**



	MGH-T1				MGH-T2			
<b>Caída H</b>	8m	9m	10m	11m	12m	14m	16m	17m
<b>Gasto Q (l / seg)</b>	21	22	23	23	26	28	30	30
<b>Potencia generador ( kW )</b>	0.60	0.78	0.9	1.00	1.22	1.54	1.88	2.00

Fuente: Valdez Ingenieros S.A. de C.V. Año: 2006

## CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.

Los índices de pobreza y marginación en México están estrechamente relacionados con la falta de servicios de educación, salud y telecomunicaciones, debido a la falta o deficiente servicio de energía eléctrica, todos los estados del país cuentan con uno o más municipios con nivel de marginación, ya sea bajo, alto o muy alto. Dentro de los estados con mayor índice de marginación se encuentra Chiapas, al contar con la mayoría de sus municipios clasificados con un índice alto de marginación y, de estos, 34 con un índice muy alto de marginación. Las regiones Selva y Altos del estado son las que tienen la mayor cantidad de municipios con un índice muy alto de marginación de acuerdo a los estudios estadísticos emitidos por INEGI, CONAPO, CONEVAL. De acuerdo a diferentes autores el acceso a la energía eléctrica es una de las variables de mayor peso al evaluar la calidad de vida, debido a que condiciona mucha de las actividades que se realiza y servicios a los que el individuo tiene acceso, la energía eléctrica ayuda a la erradicación de la pobreza, aumentar la producción alimentaria, obtener agua potable, mejorar la salud pública y la educación, hacer frente al cambio climático, crear oportunidades económicas y empoderar a los jóvenes y las mujeres.

Así mismo el estado es uno de los más ricos en recurso hídrico, gracias a que cuenta con múltiples cuerpos de agua, como ríos, arroyos, costas, lagos y lagunas, por esto el estado cuenta con cuatro centrales hidroeléctricas a lo largo del río Grijalva – Usumacinta.

En Chiapas contamos con múltiples ríos los cuales pueden ser aprovechados para la producción de energía eléctrica a pequeña y mediana escala, acercando el servicio de energía eléctrica a las comunidades rurales con índice muy alto de marginación, con esto se lograría la apertura de mejores servicios de educación y salud, mejorando considerablemente la calidad de vida de los habitantes de dichas comunidades, como se ha demostrado en proyectos aplicados en comunidades de similares características. Por lo tanto, aplicar este tipo de proyectos es muy viable, ya que contamos con los recursos hídricos, pero, para lograr la aplicación de estos proyectos se requiere inversión de Organizaciones no gubernamentales, así como de empresas privadas y un trabajo en conjunto con gobierno federal, estatal y municipal ya que el costo de estos proyectos es elevado, por esto muchas ocasiones no se llevan a cabo.

## BIBLIOGRAFIA

Soria E. (2010). *Hidráulica*, Energía Renovables para todos

Loboguerrero Uscátegui, Jaime (2016). *Pequeñas centrales Hidroeléctricas*. Una mirada a la experiencia africana en los años ochenta. Revista de Ingeniería, (44),60-63. ISSN: 0121-4993. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121046459010>

Castellanos J. y Torrent M. (S.F). *Aplicación en una zona rural subdesarrollada*. CENTRALES ELÉCTRICAS MICROHIDRÁULICAS.

Alianza de Energía y Ambiente con Centroamérica. (2012). *Aprovechamiento micro hidroeléctrico en tres comunidades rurales aisladas (República Dominicana)*. INFORME TÉCNICO FINAL

Rehbein A. (2017). TESIS: *APLICACIÓN DE UN ENFOQUE METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE MICRO CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE TIPO FLUVIAL DE PASADA CON UN MÍNIMO DE 0,5 [kW] DE POTENCIA*. Universidad Austral de Chile.

Vargas M. y Núñez L. (2005). PROYECTO DE GRADUACIÓN: *Estudio de prefactibilidad para la implementación de un proyecto de micro centrales hidroeléctricas por parte de COOPELESCA R.L*. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA SEDE REGIONAL SAN CARLOS

Castro G. (2009). *El mito de las micro hidroeléctricas. El caso panameño*. ECOPORTAL. [https://www.ecoport.net/temasespeciales/energias/el\\_mito\\_de\\_las\\_micro\\_hidroelectricas\\_el\\_caso\\_panameno/](https://www.ecoport.net/temasespeciales/energias/el_mito_de_las_micro_hidroelectricas_el_caso_panameno/)

Noticias ONU (2017). *Falta de acceso a la energía produce graves consecuencias en el desarrollo de los países menos adelantados*. New UN. <https://news.un.org/es/story/2017/11/1422672>

Sánchez M. (2019). *No tienen luz eléctrica 805 comunidades chiapanecas*. MVI Noticias. <https://www.nvinoticias.com/nota/129875/no-tienen-luz-electrica-805-comunidades-chiapanecas>

Servín A. (2021). *Energía eléctrica es trampolín de oportunidades*. Energíahoy. <https://energiyahoy.com/2021/01/06/energia-electrica-es-trampolin-de-oportunidades/>

CONAPO (2021). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2020*. Nota técnico-metodológica.a



- Rodríguez P., Villalobos J., Guillen H., y Castillejos C. (2012). *Diagnóstico de energía convencional (electricidad por red) de la región xiv tulijá- chol del estado de Chiapas*. 5° Congreso de Investigación UNACH.
- Ottavianelli E. y Cadena C., (2015). *Calidad de vida y acceso a la energía: dos casos de estudio*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 19, pp.12.47-12.56. ISSN 2314-1433
- Mendieta Vicuña, D.; Escribano, J.; Esparcia, J. (2017). *Electrificación, desarrollo rural y Buen Vivir. Un análisis a partir de las parroquias Taday y Rivera (Ecuador)*. Cuadernos Geográficos 56(2), 306-327
- Mejdalani A. et al., (2019). *Un futuro más brillante: el impacto de los programas de electrificación de las escuelas rurales sobre la tasa de abandono escolar en la educación primaria en Brasil*. Banco Internacional de Desarrollo. Nota técnica: IDB-TN-01590.
- Jiménez A. y Olson K. (1998). *Energía Renovable para Centros de Salud Rurales*. Programa de Energía de Villas de NREL.
- Valiente M. y García M. (2020). *Cuando los cortes de luz te quitan la salud*. No todo es clínica. AMF 2020;16(8):451-457.
- Consejo Nacional de Población (2011). *La situación demográfica de México 2011*. ISBN: 970-628-965-8
- Consejo Nacional de Población (2013). *La situación demográfica de México 2013*. ISBN: 978-607-427-174-4
- Dirección General de Industria, Energía y Minas (2002). *EL RECORRIDO DE LA ENERGÍA. LA ELECTRICIDAD*. Depósito legal: B-41679-2002
- Culqui A. et al. (2018). *Generador de energía hidráulica en función de aguas residuales*. Proyecto de ciencias elaboración de un generador de energía hidráulica que funcione a base de aguas residuales.
- Ramos L. y Montenegro M. (2012). *Las centrales hidroeléctricas en México: pasado, presente y futuro*. Tecnología y ciencias del agua. versión On-line ISSN: 2007-2422
- Confederación de Consumidores y Usuarios. (S.f). *Energía Mini-Hidráulica*. Proyecto RES & RUE Dissemination.
- Consejo Nacional de Población (2004). *La situación demográfica de México 2004*. ISBN: 970-628-832-5
- Consejo Nacional de Población (2017). *La situación demográfica de México 2016*. ISBN: 978-607-427-290-1

Rodríguez L. y Suárez L. (2013). Trabajo final de graduación *Diseño de una micro central hidroeléctrica para la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes*. Universidad de Costa Rica.

Valdez Ingenieros S.A. de C.V. (2006). *Panorama actual de la micro y minihidráulica en México*. Seminario de eficiencia energética y energías renovables en proyectos turísticos comunitarios.

Marchegiani A. (2004). *TURBINAS PELTON. MAQUINAS HIDRAULICAS*