



UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

# UNIVERSIDAD DE CUENCA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**“ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE  
LANCHAS SOLARES PARA TRANSPORTE EN LOS RÍOS DE LA AMAZONÍA  
SUR DEL ECUADOR”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTORES:**

Franklin Rodrigo Guamán Quilli

Jorge Luis Ordóñez Domínguez

**DIRECTOR:**

Juan Leonardo Espinoza Abad. Ph.D.

**TUTOR:**

José Jara Alvear Ph.D. (c)

**CUENCA - ECUADOR**

**2014**



## RESUMEN

El presente documento indica las posibles opciones para la propulsión de pequeñas embarcaciones (Lanchas Solares) a través de un motor eléctrico fuera de borda que se alimenta con un banco de baterías cuya energía se la puede recargar con la captación de la radiación solar mediante paneles fotovoltaicos. Se realiza un análisis para el sistema considerando ventajas y limitaciones sobre aspectos ambientales, económicos y sociales. En función de los requerimientos (velocidad, tiempo y recorrido) que se debe cumplir para reemplazar el sistema convencional a gasolina, se obtiene un modelo de Lancha Solar que permita tener mayor continuidad en el transporte fluvial dentro de la región Sur de la Amazonia del Ecuador. Además, será de suma importancia para el proyecto Yantsa Li Etsari porque facilitará el ingreso de los técnicos de la Centro Sur hacia las comunidades localizadas a orillas de los ríos que cuentan con los Sistemas Fotovoltaicos. El sistema propuesto de Lanchas Solares contribuirá en la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> y ayudará a preservar el medio ambiente de la selva amazónica. Con esto se busca demostrar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto para la navegación en los ríos de la región de estudio (Morona Santiago).

**Palabras clave:** transporte fluvial, energía solar, paneles fotovoltaicos, propulsión con energías limpias.



### **ABSTRACT**

This document shows the different options for the propulsion of small boats (Solar Boats) through an electric outboard motor that is powered by a battery bank whose energy can be recharged with the capture of solar radiation, through photovoltaic panels. We have developed an analysis for the system considering the advantages and limitations of environmental, economic and social issues. In function of this requirements (speed, time and distance) for replacing the conventional system of gasoline, we obtain a solar boat model, which let have a greater continuity in the river transport into of the south amazon region of Ecuador. Besides, it will be very important to Yantsa Li Etsari project, because this will let the entrance of the technicians of the Centrosur, to visit to the communities that are located around of the rivers that have photovoltaic systems.

The proposed Solar Boat System contributes to reduce CO<sub>2</sub> emissions and help to preserve the environment of the Amazon rainforest. This seeks to demonstrate the feasibility and sustainability of the project for navigation on rivers in the study region (Morona Santiago).

**Keywords:** river transport, solar energy, solar panels, clean energy propulsion.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
INDICE .....	4
<b>CAPITULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DEL ECUADOR Y SU REGIÓN AMAZÓNICA. ....</b>	<b>19</b>
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL ECUADOR:.....	19
1.1.1 SALUD EN EL ECUADOR. ....	21
1.1.2 EDUCACIÓN EN EL ECUADOR.....	24
1.1.3 MATRIZ ENERGÉTICA DEL ECUADOR: ESTRUCTURA Y PROYECCIONES.....	25
1.1.4 TRANSPORTE COMO PARTE DE LA MATRIZ ENERGÉTICA ECUATORIANA. ....	27
1.1.4.1.1 MOVILIDAD.....	28
1.2 SITUACION ACTUAL DE LA AMAZONÍA DEL ECUADOR. ....	31
1.2.1 INDICADORES SOCIO-ECONÓMICOS DE LA AMAZONÍA. ....	34
1.2.2 SALUD. ....	35
1.2.3 EDUCACIÓN.....	36
1.2.4 ENERGÍA. ....	37
1.3 MOVILIDAD EN LA REGIÓN SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA.....	39
1.4 ACCESO FLUVIAL EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA.....	41
<b>CAPITULO 2. ENERGIAS RENOVABLES Y SUS APLICACIONES .....</b>	<b>43</b>
2.1 ENERGIAS RENOVABLES.....	43
2.1.1 INTRODUCCIÓN: EVOLUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO Y EN ECUADOR. ....	43
2.1.2 ENERGÍA RENOVABLE EN EL ECUADOR. ....	45
2.1.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	51
2.2 PROYECTO YATSA II ETSARI.....	54
2.2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO. ....	54
2.2.2 POBLACIÓN. ....	54
2.2.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS.....	54
2.2.4 SERVICIOS BÁSICOS. ....	55
2.2.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO (SFD) IMPLEMENTADO. ....	61
2.2.6 VOLTAJE NOMINAL DEL SISTEMA. ....	61
2.2.7 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.....	61
2.2.8 USOS DE LA ENERGÍA. ....	62
2.2.9 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SFD IMPLEMENTADO. ....	62



2.3 ESTADO DEL ARTE DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA NÁUTICA. ....	64
2.3.1 TECNOLOGÍAS DE MOVILIDAD ELÉCTRICA QUE EXISTEN PARA SUSTITUIR LOS COMBUSTIBLES FÓSILES EN APLICACIONES NÁUTICAS. ....	65
2.3.1.1 MOTORES ELÉCTRICOS.....	65
2.3.1.2 SISTEMAS HÍBRIDOS (ELÉCTRICO-DIÉSEL). ....	65
2.3.1.3 BARCOS ELÉCTRICOS CON CABLE. ....	66
2.3.1.4 BARCOS ALIMENTADOS POR ENERGÍA SOLAR. ....	67
2.3.2 COMPONENTES IMPORTANTES DE UN BARCO O BOTE SOLAR. ....	68
2.3.2.1 MOTORES FUERA DE BORDA E INTRABORDAS ....	68
2.3.2.2 OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN UN BOTE SOLAR: BATERÍAS DE LITIO Y PLOMO-ÁCIDO.....	70
2.3.2.3 SISTEMAS DE TRACCIÓN.....	72
2.3.2.4 SISTEMAS DE CONTROL.....	73
<b>CAPÍTULO 3. DEMANDA DEL TRANSPORTE FLUVIAL EN LOS RÍOS DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO</b> .....	74
3.1 INTRODUCCIÓN .....	74
3.2 CONECTIVIDAD FLUVIAL EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO. ....	74
3.2.1 CONECTIVIDAD FLUVIAL EN LOS VALLES SUBANDINOS.....	75
3.2.2 CONECTIVIDAD FLUVIAL EN LA LLANURA AMAZÓNICA. ....	76
3.2.3 SISTEMA FLUVIAL. ....	77
3.3 CASO DE ESTUDIO: MOVILIDAD FLUVIAL EN EL PROYECTO YANTSA II ETSARI.....	79
3.4 PROBLEMÁTICA QUE SE PRESENTA AL UTILIZAR EL SISTEMA DE TRASPORTE ACTUAL.....	80
3.4.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE. ....	83
3.4.2 PERIODICIDAD EN EL SERVICIO. ....	84
3.4.3 NAVEGABILIDAD DE LOS RÍOS.....	85
3.4.4 COSTOS, PASAJEROS Y CARGA POR TRANSPORTE.....	85
<b>CAPÍTULO 4. DISEÑO DE CADA COMPONENTE DE UNA EMBARCACION SOLAR- ELÉCTRICA</b> .....	87
4.1 INTRODUCCIÓN. ....	87
4.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO. ....	87
4.2.1 CONCEPTO DE DISEÑO. ....	87
4.3 DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE EMBARCACIONES EXISTENTES.....	90
4.4 METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	94
4.4.1 FORMA DE LA EMBARCACIÓN.....	95



4.5 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA.....	96
4.5.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CARENA (V) .....	96
4.5.2 CALCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE .....	97
4.5.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.....	98
4.5.4 CÁLCULO DE LA ENERGÍA REQUERIDA EN BATERÍAS .....	99
4.5.4.1 DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS .....	100
4.5.5 CÁLCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	102
4.5.6 CÁLCULO DEL REGULADOR PARA EL SISTEMA .....	104
4.5.6.1 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE ENTRADA DEL REGULADOR .....	104
4.5.6.2 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE SALIDA DEL REGULADOR .....	105
4.6 RENDIMIENTO DEL SISTEMA.....	105
4.7 DESARROLLO DE CÁLCULOS PARA LOS SISTEMAS PROPUESTOS .....	105
4.7.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA “CANOA PEQUEÑA” .....	105
<b>CAPITULO 5. SIMULACION DE RUTAS Y ESCENARIOS .....</b>	<b>115</b>
5.1 ESPECIFICACIÓN DE RUTAS .....	115
5.2 CENTROS DE CARGA .....	118
5.3 SIMULACIÓN DE AUTONOMÍA Y POTENCIA DE LANCHAS SOLARES-ELÉCTRICAS.....	121
5.4 COMPARACIÓN ENTRE EL SISTEMA DE MOVILIDAD ACTUAL Y EL PROPUESTO. ....	129
5.4.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	129
5.4.2 INVERSIÓN: LANCHA CONVENCIONAL VS LANCHA SOLAR.....	132
5.4.3 CALIBRACIÓN DE MODELOS CON LOS DATOS RECOLECTADOS .....	133
5.4.3.1 LANCHA SOLAR .....	133
5.4.3.2 LANCHA CONVENCIONAL.....	135
5.4.3.3 CALIBRACIÓN DE LA LANCHA SOLAR EN UN PERIODO DE 12 AÑOS. ....	136
5.4.3.4 SISTEMA CONVENCIONAL PARA UN PERIODO DE 12 AÑOS .....	140
5.4.3.5 VALOR PRESENTE NETO.....	141
5.4.3.6 BENEFICIOS ADICIONALES DEL PROYECTO .....	144
5.4.3.6.1 TURISMO.....	145
5.4.3.6.2 MEJORAS EN EL TRANSPORTE FLUVIAL.....	147
<b>CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>148</b>
CONCLUSIONES.....	148
RECOMENDACIONES. ....	150
<b>ANEXOS .....</b>	<b>152</b>



<b>Capítulo 3</b> .....	152
Anexo 3.1 .....	152
Anexo 3.2 .....	156
<b>Capítulo 4</b> .....	157
Anexo 4.1 .....	157
Anexo 4.2 .....	157
Anexo 4.3 .....	161
<b>Capítulo 5</b> .....	164
Anexo 5.1 .....	164
Anexo 5.2 .....	164
Anexo 5.3 .....	168
Anexo 5.4 .....	177
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	183

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### Capítulo 1

Ilustración 1.1: Producto Interno Bruto del Ecuador.....	20
Ilustración 1.2: Ingresos per cápita del Ecuador con respecto a los países de la región.....	21
Ilustración 1.3: Nutrición en el Ecuador. ....	22
Ilustración 1.4: Consumo de tabaco en el país. ....	23
Ilustración 1.5: Consumo de alcohol en el país. ....	23
Ilustración 1.6: Porcentaje de educación en el país. ....	24
Ilustración 1.7: Distribución de la Matriz Energética del Ecuador. ....	25
Ilustración 1.8: Demanda Eléctrica en el Ecuador. ....	26
Ilustración 1.9: Plan de expansión de energía en el Ecuador. ....	26
Ilustración 1.10: Producción Nacional de Petróleo.....	27
Ilustración 1.11: Vehículos en el Ecuador.....	29
Ilustración 1.12: Auto Híbrido. ....	29
Ilustración 1.13: Entrada y salida de los puertos del país.....	30
Ilustración 1.14: Porcentaje de entrada y salida de pasajeros en el Ecuador.....	31



Ilustración 1.15: xi ronda petrolera y territorios indígenas. ....	33
Ilustración 1.16: Actividad económica por región .....	34
Ilustración 1.17: Actividad petrolera en la Amazonía.....	36
Ilustración 1.18: Índice de educación en la Amazonía Ecuatoriana.....	37
Ilustración 1.19: Vivienda Shuar con sistema fotovoltaico .....	38

## Capítulo 2

Ilustración 2.1: Producción de energía global en el mundo. ....	44
Ilustración 2.2: Célula fotovoltaica. ....	52
Ilustración 2.3: Conexiones de la Célula Fotovoltaica. ....	53
Ilustración 2.4: Ubicación del Proyecto Yantsa Li Etsari. ....	54
Ilustración 2.5: Trabajo de campo, Proyecto Yatsa Li Etsari. ....	60
Ilustración 2.6: Segunda etapa del Proyecto "Yantsa li Etsari" .....	60
Ilustración 2.7: SFD implementado en el proyecto "Yantsa ii Etsari". ....	61
Ilustración 2.8: Straussee Ferry. ....	67
Ilustración 2.9: Motores fuera de borda en la Amazonia Ecuatoriana. ....	69
Ilustración 2.10: Motores fuera de borda en el exterior. ....	70
Ilustración 2.11: Baterías de litio funcionamiento.....	70
Ilustración 2.12: Baterías de litio funcionamiento.....	71
Ilustración 2.13: Motores usados en las comunidades Shuar.....	72
Ilustración 2.14: Movilidad en las comunidades Shuar. ....	73

## Capítulo 3

Ilustración 3. 1: Canoa y Balsa para transporte en la Amazonía.....	75
Ilustración 3.2: Red Vial Estatal En Morona Santiago.....	76
Ilustración 3.3: Gabarra para cruzar carros por el rio Morona. ....	78
Ilustración 3.4: Puerto Kashpaim (Trabajo de campo, Autores). ....	78
Ilustración 3.5: Vivienda beneficiada por el proyecto Yantsa li Etsari. ....	79
Ilustración 3.6: (a) Planta de Canelón, (b) Planta de Caoba, (c) Ceibo Gigante de la Amazonía Ecuatoriana. ....	81
Ilustración 3.7: Canoas artesanales convencionales utilizadas para la navegación. ....	82
Ilustración 3.8: Contaminación del agua por derrame de aceite y combustible.....	84



Ilustración 3.9: Bancos de arena y escombros que dificultan la navegabilidad en los ríos.....85

## Capítulo 4

Ilustración 4.1: Esquema de generación básico.....88

Ilustración 4.2: Esquema de sistema de propulsión eléctrico.....88

Ilustración 4.3: Concepto de diseño. ....89

Ilustración 4.4: Diseño sin cubierta de paneles solares. ....89

Ilustración 4.5: Canoa adaptada con un motor de 13hp. ....90

Ilustración 4.6: Canoa grande adaptada con un motor de 60 hp. ....91

Ilustración 4.7: Motor Honda 13 HP, motor Yamaha 60 HP. ....92

Ilustración 4.8: Motor 13HP adaptado con un tubo metálico y hélice al extremo, en una canoa Shuar. ....93

Ilustración 4.9: Canoa de fibra de vidrio.....93

Ilustración 4.10: Unión entre los ríos Cangaime (izquierda) y Macuma (derecha) formando el río Morona. ....94

Ilustración 4.11: Relación desplazamiento/eslora en el eje de las abscisas. ....97

Ilustración 4.12: Relación desplazamiento/eslora en el eje de las abscisas. ....106

## Capítulo 5

Ilustración 5.1: Rutas consideradas para la lancha Solar. ....115

Ilustración 5.2: Ruta uno río Mangosiza y sus comunidades. ....116

Ilustración 5.3: Ruta 2 con sus comunidades. ....117

Ilustración 5.4: Descripción de los ríos que forman la ruta dos, Río Morona y Río Cangaime. ....117

Ilustración 5.5: Ruta tres con sus comunidades, Río Macuma. ....118

Ilustración 5.6: Mapa centros de Carga.....120

Ilustración 5.7: Comparación de costos para Sistemas Propulsados durante el primer año. ....136

Ilustración 5.8: Ciclos de vida de las Baterías. ....137

Ilustración 5.9: Años de vida de las baterías. ....137

Ilustración 5.10: Vida útil de los motores. ....138

Ilustración 5.11: Precio de los motores eléctricos.....138

Ilustración 5.12: Secuencia para cálculo del VPN. ....141

Ilustración 5.13: Entrada de Extranjeros al Ecuador.....145



Ilustración 5.14: Porcentaje de Demanda de Turismo Interno en Ecuador. ....	146
Ilustración 5.15: Changuina tradicional de la cultura Shuar. ....	146

## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo 1

Tabla 1.1: Grupos Culturales en el Ecuador.....	19
Tabla 1.2: Actividad Física en el Ecuador.....	23
Tabla 1.3: Porcentaje de Educación en el País.....	24
Tabla 1.4: Total de vehículos en el Ecuador. ....	29
Tabla 1.5: Principales puertos en el país. ....	30
Tabla 1.6: Aeropuertos en Ecuador. ....	31
Tabla 1.7: Áreas protegidas en la región. ....	32
Tabla 1.8: Incremento poblacional en la Amazonia.....	34
Tabla 1.9: Indicadores básicos en las provincias de la Amazonia. ....	35
Tabla 1.10: Cobertura de electrificación en el Ecuador. ....	39
Tabla 1.11: Mejoramiento de accesibilidad a las comunidades. ....	40

### Capítulo 2

Tabla 2.1: Proyectos emblemáticos del Ecuador.....	47
Tabla 2.2: Estadística de Energía Renovable en el Ecuador.....	49
Tabla 2.3: Comunidades Del Proyecto "Yantsa Li Etsari".....	55
Tabla 2.4: Proyección de la demanda, fuente Centro Sur primera etapa.....	62
Tabla 2.5: Uso de energía diaria promedio por domicilio.....	62
Tabla 2.6: Características principales del SFD.....	63

### Capítulo 3

Tabla 3.1: Comparación entre PAO. ....	83
--	----

### Capítulo 4

Tabla 4.1: Características de canoas utilizadas dentro de los puertos. ....	91
---	----



Tabla 4.2: Resultados de los cálculos de los dos modelos propuestos. ....	113
<b>Capítulo 5</b>	
Tabla 5.1: Datos técnicos de los componentes de la Lancha Solar pequeña. ....	120
Tabla 5.2: Coordenadas de los centros de Carga. ....	121
Tabla 5.3: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 3 horas, peso 1.1Ton. ....	122
Tabla 5.4: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 3 horas, peso 2.689Ton. ....	122
Tabla 5.5: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 3 horas, peso 1.659Ton. ....	123
Tabla 5.6: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 4 horas, peso 1.1Ton. ....	123
Tabla 5.7: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 4 horas, peso 2.689Ton. ....	124
Tabla 5.8: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 4 horas, peso 1.659Ton. ....	124
Tabla 5.9: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 9 horas, peso 1.1Ton. ....	125
Tabla 5.10: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 9 horas, peso 2.689Ton. ....	126
Tabla 5.11: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 9 horas, peso 1.659Ton. ....	126
Tabla 5.12: Peso de componentes de la lancha solar. ....	127
Tabla 5.13: Capacidad de carga de la Embarcación Solar. ....	128
Tabla 5.14: Características de las canoas convencionales Vs Lancha Solar. ....	132
Tabla 5.15: Inversión total de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 3 horas. ....	134
Tabla 5.16: Inversión total de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 4 horas. ....	134
Tabla 5.17: Inversión total de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 9 horas. ....	135
Tabla 5.18: Costo y emisión CO2 de la lancha Convencional. ....	135



Tabla 5.19: Inversión en 12 años de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 3 horas.....	139
Tabla 5.20: Inversión en 12 años de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 4 horas.....	139
Tabla 5.21: Inversión en 12 años de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 9 horas.....	139
Tabla 5.22: Lancha convencional en 12 años. ....	140
Tabla 5.23: Lancha convencional en 12 años. ....	142
Tabla 5.24: Ingresos por transporte en 12 años. ....	142



## Universidad de Cuenca

**Fundada en 1867**

Yo, Franklin Rodrigo Guamán Quilli, autor de la tesis “Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de lanchas solares para transporte en los ríos de la Amazonía sur del Ecuador.”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 05 de Noviembre de 2014

---

Franklin Rodrigo Guamán Quilli

0105368765



## Universidad de Cuenca

**Fundada en 1867**

Yo, Jorge Luis Ordóñez Domínguez, autor de la tesis “Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de lanchas solares para transporte en los ríos de la Amazonía sur del Ecuador”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 05 de Noviembre de 2014

---

Jorge Luis Ordóñez Domínguez

0105836803



## Universidad de Cuenca

Fundada en 1867

Yo, Franklin Rodrigo Guamán Quilli, autor de la tesis “Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de lanchas solares para transporte en los ríos de la Amazonía sur del Ecuador”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 05 de Noviembre de 2014

---

Franklin Rodrigo Guamán Quilli

0105368765



## Universidad de Cuenca

**Fundada en 1867**

Yo, Jorge Luis Ordóñez Domínguez, autor de la tesis “Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de lanchas solares para transporte en los ríos de la Amazonía sur del Ecuador”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 05 de Noviembre de 2014

---

Jorge Luis Ordóñez Domínguez

0105836803



### DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicar especialmente a Dios y a la Virgen del Cisne por haberme ayudado y cuidado en cada instante de mi vida.

También quiero dedicar a mi esposa e hija por brindarme su apoyo y comprensión en todo momento y hacerme sentir una persona amada. Les Amo Mucho Mónica y Valentina.

A mis padres Manuel y Targelia por ser mi fortaleza, por apoyarme y darme amor durante toda mi vida.

A mis hermanas Olga, Graciela, Sonia, Sandra, Lourdes y el resto de mi familia por estar a mi lado siempre que lo he necesitado.

### AGRADECIMIENTOS

Primero quiero dar gracias a Dios, y después a mis padres y hermanas por apoyarme en mi carrera, también quiero dar gracias a mi esposa e hija ya que han sido un pilar fundamental en mi vida.

Un especial agradecimiento al Director de nuestra tesis Ph.D. Juan Leonardo Espinoza por guiarnos en la tesis, y a nuestro tutor el Ing. José Jara por habernos ayudado con sus conocimientos y su apoyo en nuestro estudio.

**FRANKLIN GUAMÁN QUILLI**



### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis le agradezco en primer lugar a Dios y a la Virgencita del Cisne por cuidarme y permitir que una meta más en mi vida se cumpla, porque gracias a su bendición he tenido el privilegio de rodearme de excelentes personas como lo son mi familia, amigos, profesores, etc.

A mis padres y familia, por ser el pilar fundamental que me motivó de manera incondicional a seguir siempre adelante hasta llegar a cumplir mi sueño.

A la Universidad de Cuenca, de manera muy especial a los Ingenieros Juan Leonardo Espinoza y José Jara, por brindarnos su apoyo en la realización de la tesis, ya que con sus conocimientos y gran motivación permitieron terminar con éxito esta etapa de estudio.

### DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a:

Siempre en primer lugar a mi Dios por darme salud y vida para llegar a cumplir mis objetivos.

A mis amados padres Néstor y Rosa, por brindarme su gran amor, apoyo incondicional y paciencia, porque gracias a ellos he tenido la oportunidad de vivir los mejores momentos de mi vida, los amo mucho.

A mi tío David por ser como un segundo padre para mí, porque siempre me brindó sus consejos y apoyo incondicional.

A mi pequeño hermanito Fernando y hermanas Fernanda, Gabriela, Verónica, Mercedes y Marisol, por apoyarme y estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos, y no podía olvidarme de mi querida sobrinita Camila que con su presencia angelical trajo mucha felicidad a nuestra casa, los/as quiero muchísimo.

En general a toda mi familia por confiar en mí y estar siempre conmigo brindándome su cariño, amistad y apoyo, tengan presente que todos ustedes son muy importantes para mí.

A todos mis amigos por su incondicional amistad y estar siempre ahí en los buenos y malos momentos.

**Jorge Luis Ordóñez Domínguez**



## CAPITULO 1

### SITUACIÓN ACTUAL DEL ECUADOR Y SU REGIÓN AMAZÓNICA

#### 1.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL ECUADOR

El Ecuador, cuya superficie es 283.560Km<sup>2</sup>, se divide en cuatro regiones Costa, Sierra, Amazonia y Región Insular. La población total estimada del Ecuador es de 16.112.414 millones (INEC, 2014), la mayor parte de esa población está concentrada en las regiones Costa y Sierra.

Datos del INEC indican que la población se encuentra distribuida en las urbes con un 75% y en la parte rural el país cuenta con un 25% (PROECUADOR, 2013)

El país cuenta con diversos grupos culturales, destacando los siguientes:

Tabla 1.1: Grupos Culturales en el Ecuador. (Petroecuador, 2011)

#### GRUPOS CULTURALES DEL ECUADOR

SIERRA	COSTA	AMAZONIA
Kichwua Kara	Awa	Ai´ Cofán
Kichwua Kitucara	Chachi	Kichwua Amazónico
Kichwua Purua	Epera	Sionas-Secoya
Kichwua kañari	Tsa´ Chilas	Huaorani
Kichwua Palta	Montubio del norte	Shiwiar
Pupo	Montubios	Zápara
Chagra	Cholo	Achuar
Chagra del sur	Afro ecuatorianos (Esmeraldas)	Shuar
Chazo	Campesino	
Afro ecuatorianos (Chota)		



En cuanto a la distribución por género, la población femenina se estima representa un 50.06% y masculina un 49.94%.” (PROECUADOR, 2013)

Datos del (INEC, 2011-2012) revelan que la población económicamente activa representa el 44% de la población a diciembre del 2012. En este mismo año, la tasa de desempleo en el país cerró con un 4.12% siendo la más baja de los últimos años, en cambio la tasa de ocupación plena represento el 42.79% siendo esta superior en 1.5% puntos en relación al año 2011.

El marco económico del país ha sufrido cambios dentro de los cuales tenemos la evolución del PIB, que en el año 2012 fue de 88.186 millones de dólares, siendo la tasa de crecimiento del 4.20% en el periodo 2007-2012. Otro cambio importante está en la inflación registrada en el año 2012 que fue del 4.27% (PROECUADOR, 2013) siendo esta baja con relación a otros países latinoamericanos.

Las importaciones del Ecuador han sido crecientes en los últimos cinco años, alcanzando 22.945 millones de dólares en el año 2011, siendo su tasa de crecimiento promedio anual del 15.50%. En cuanto a las exportaciones también han sufrido un crecimiento en los últimos cinco años, siendo su tasa de crecimiento anual del 11.74% positivo (PROECUADOR, 2013).

En cuanto al ingreso per cápita del Ecuador tenemos:

En el año 2012 el PIB se ubicó en USD 64,009 millones y su crecimiento, con relación al año 2011, fue de 5.1%.

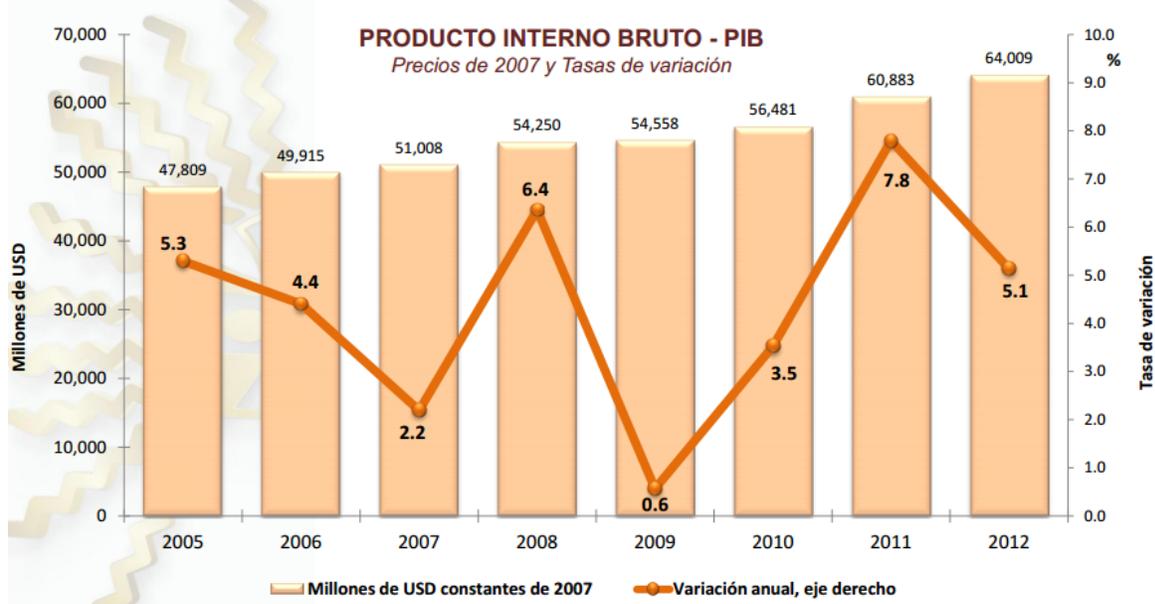


Ilustración 1.1: Producto Interno Bruto del Ecuador. (Banco Central del Ecuador, 2014)



Y con respecto a los países latinoamericanos y de América del sur tenemos:

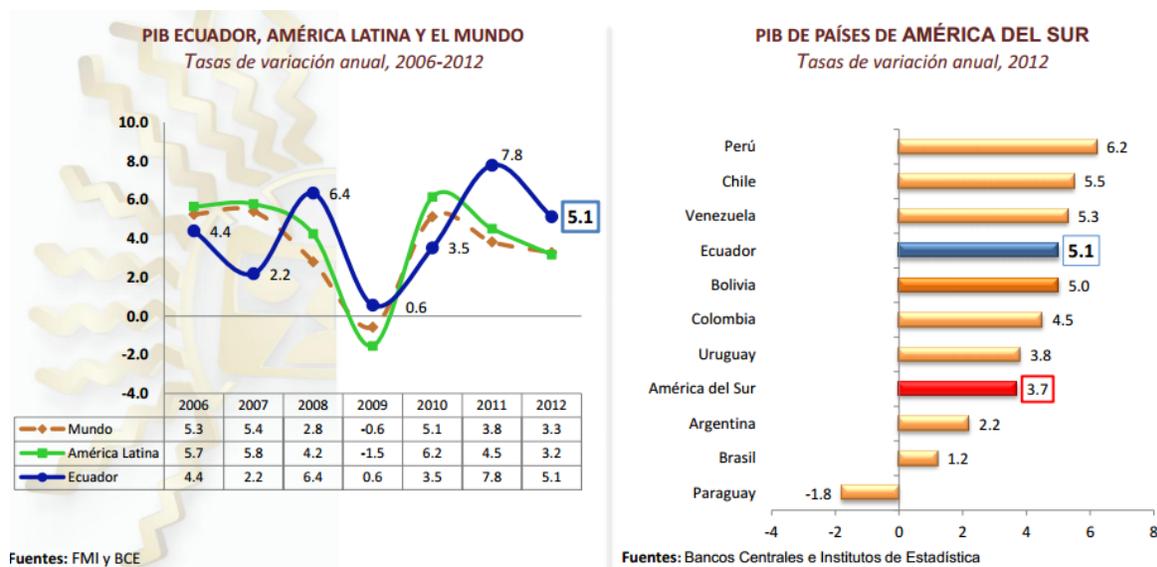


Ilustración 1.2: Ingresos per cápita del Ecuador con respecto a los países de la región. (Banco Central del Ecuador, 2014)

## 1.1.1 SALUD EN EL ECUADOR

La salud pública en el país está incluida en la Constitución, siendo la encargada de garantizar el derecho a la salud, su protección y promoción. Por ello, la salud es hoy en día un objetivo fundamental, siendo un indicador muy importante de la calidad de vida que tiene la población.

Los factores que afectan gravemente a la salud de los individuos son: la mal nutrición, la inactividad física, las dietas no saludables, la exposición al tabaco y el consumo de alcohol.

La mala nutrición a menudo inicia en el periodo fetal, se extiende en la adolescencia y sigue en el trayecto de la vida, esto conlleva a tener mayor probabilidad de tener enfermedades debido al bajo nivel de defensas en el cuerpo humano.

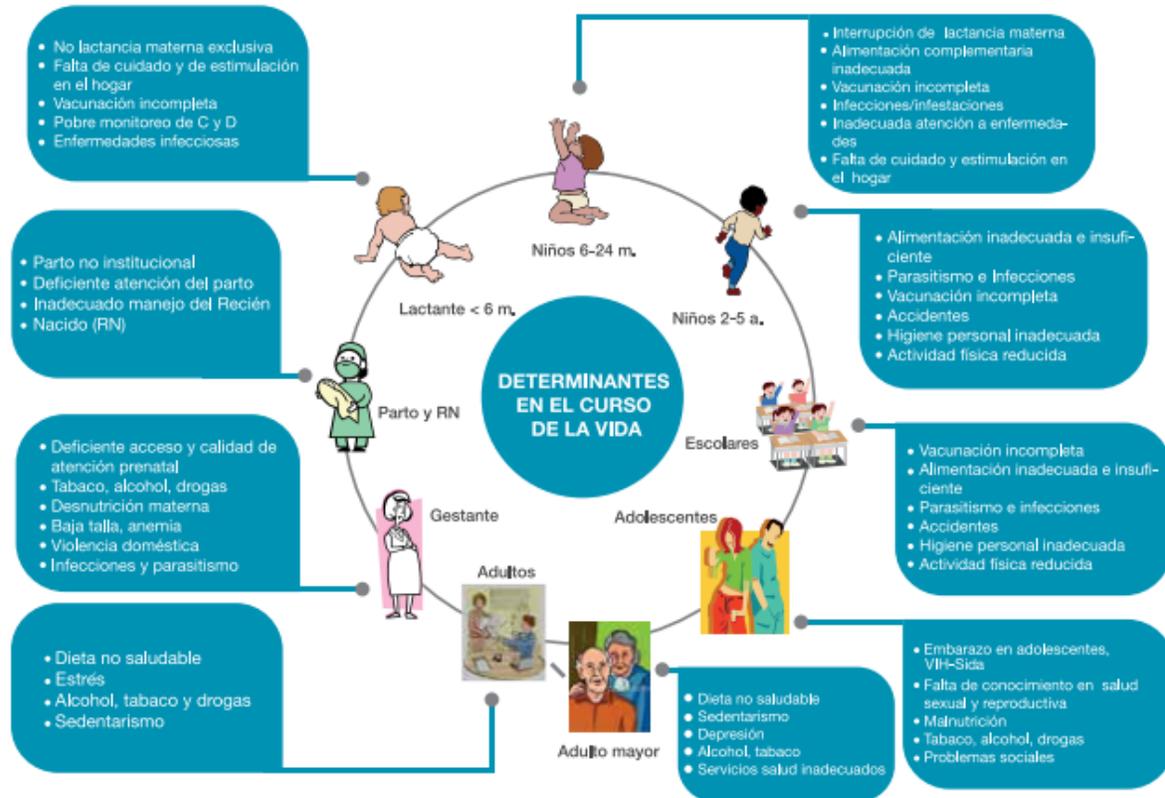


Ilustración 1.3: Nutrición en el Ecuador. (INEC, 2014)

Por su parte la inactividad física también es un problema severo, ya que al hacer ejercicio periódicamente tenemos un mejor control sobre nuestra salud, un mejor estado de ánimo etc. los factores que nos llevan a no realizar ejercicio son actividades como: ver televisión, videojuegos, internet, etc.

Enfermedades como la diabetes se puede presentar con gran riesgo en personas sedentarias (alto consumo de grasas, azúcares), al no tener un metabolismo adecuado, la diabetes presenta una de las mayores tasas de mortalidad en el mundo.



Tabla 1.2: Actividad Física en el Ecuador. (INEC, 2014)

Edad en rangos	Componentes estudiados
5 a < 10 años	Tiempo dedicado a ver televisión y videojuegos
10 a < 20 años	Tiempo dedicado a ver televisión y videojuegos
10 a < 18 años	Actividad física y asistencia a clases de educación física
18 a < 60 años	Actividad física en adultos en el área urbana <ul style="list-style-type: none"><li>- Actividad física relacionada con el transporte</li><li>- Actividad física en tiempo libre</li><li>- Actividad física global</li></ul>

Por su parte el consumo del tabaco y el alcohol va creciendo en la población, encuestas realizadas por el INEC muestran que el consumo de tabaco y alcohol se inicia muy a menudo a los 10 años debido a los amigos o simplemente por ser un problema cultural en el caso del alcohol.

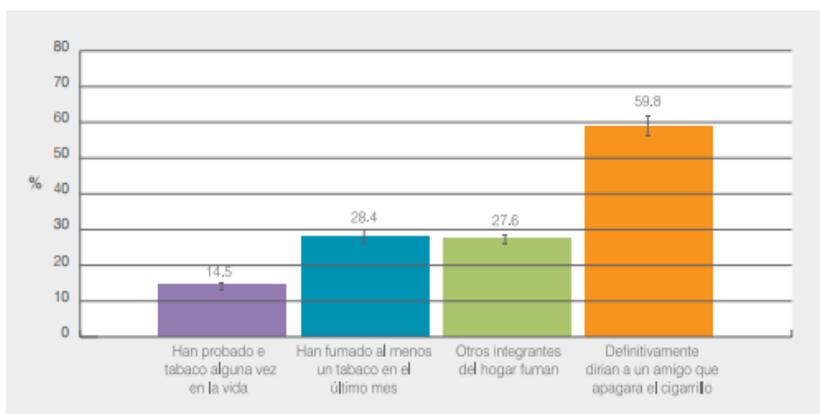


Ilustración 1.4: Consumo de tabaco en el país. (INEC, 2014)

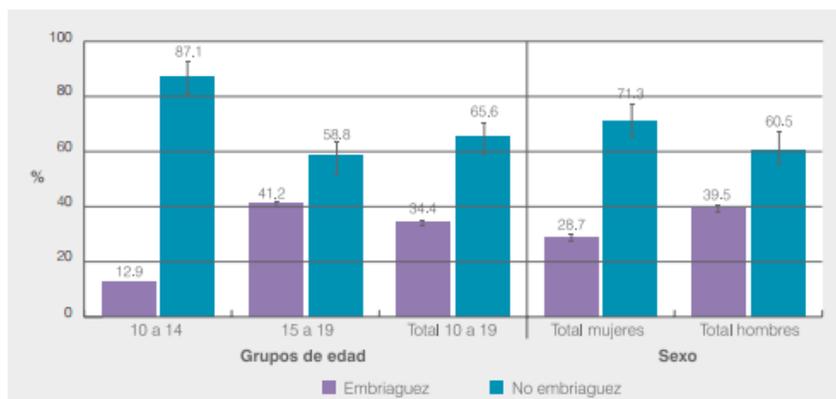


Ilustración 1.5: Consumo de alcohol en el país. (INEC, 2014)



### 1.1.2 EDUCACIÓN EN EL ECUADOR

A partir de la entrada en vigencia de la actual Constitución en el año 2008, la educación en el país ha sufrido muchos cambios relacionados con su infraestructura, su modo de evaluación etc.

Por ejemplo, Art. 26 de la Constitución de la República establece que “la educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado”.

La educación básica en el comprende diez años de enseñanza que fue aprobada en la última reforma a la constitución ecuatoriana en este periodo tenemos los siguientes niveles: jardín, nivel primario y tres años de bachillerato. Este desarrollo de la persona se da de los 5 a los 14 años de edad.

En la educación media o bachillerato tenemos tres años de educación que equivale a los tres últimos años de educación media del sistema anterior. En un periodo de 15 a 17 años de edad.

Tabla 1.3: Porcentaje de Educación en el País. (INEC, 2014)

Año	2004	2007	2010	2013	
<b>País</b>	<b>89,4%</b>	<b>91,4%</b>	<b>94,8%</b>	<b>96,1%</b>	
Area	Urbana	92,2%	93,6%	96,4%	97,0%
	Rural	84,7%	87,7%	92,2%	94,7%
Sexo	Hombre	89,2%	91,2%	94,4%	95,8%
	Mujer	89,5%	91,6%	95,2%	96,5%
Etnia	Indígena	84,1%	88,9%	93,1%	95,5%
	Mestizo	89,9%	91,9%	95,1%	96,2%
	Afroecuatoriano	88,4%	89,7%	93,3%	96,9%
	Montubio	-	-	93,0%	93,6%

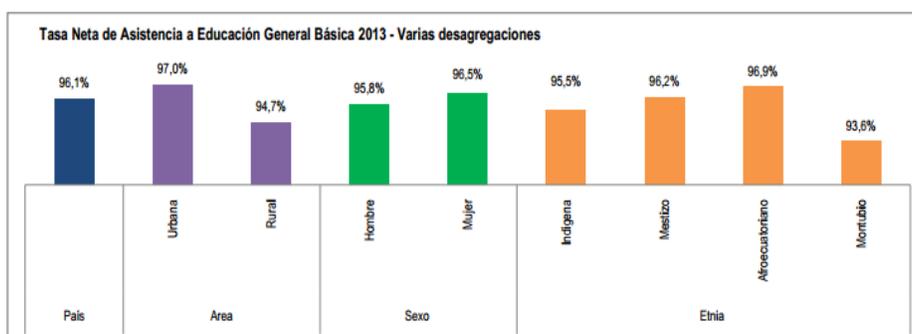


Ilustración 1.6: Porcentaje de educación en el país. (INEC, 2014)



En cuanto a la educación superior está constituida por universidades públicas, privadas, institutos tecnológicos, etc.

La educación superior ha tenido varios cambios en los últimos años desde su sistema de evaluación para la ubicación de los estudiantes según su desempeño intelectual, como también evaluaciones a los profesionales. La mayor garantía de la educación en el Ecuador se basa en la constitución ecuatoriana.

### 1.1.3 MATRIZ ENERGÉTICA DEL ECUADOR: ESTRUCTURA Y PROYECCIONES

Entre 1970 y 2008, la demanda de energía primaria total de Ecuador creció en el 4,1% anual entre 1970 y 2008. Así, en cuarenta años, la demanda de energía se ha multiplicado por un factor de 4,7 pasando de 18,3 Mbep (Barriles de petróleo equivalente) en 1970 a 86 Mbep en 2008.

La estructura de la matriz ha variado pero, en general, las tres fuentes dominantes de energía en el país son: petróleo, hidroelectricidad y biomasa. La modernización del país se ha manifestado en la estructura de su matriz energética. Mientras en 1970, el 44% de la matriz se basaba en el consumo tradicional de biomasa (carbón vegetal y leña, principalmente), en 2008 apenas el 6%. La energía que más ha incrementado su parte en la matriz es el petróleo, del 50% en 1970 al 81% en 2008. La hidroelectricidad también incrementó su participación, pero en mucho menor intensidad, del 1% en 1970 al 10% en 2008.

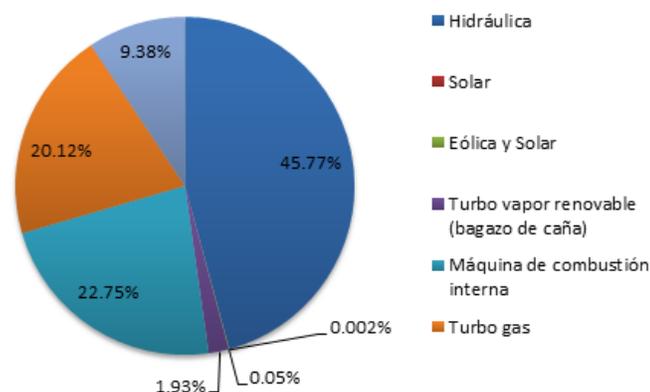


Ilustración 1.7: Distribución de la Matriz Energética del Ecuador. (OLADE, 2011)

Respecto al consumo de energía por sectores en el país, el transporte es el que mayor cantidad demanda, después está el residencial y en tercer lugar la industria.

La demanda eléctrica en el país se presenta de la siguiente manera:

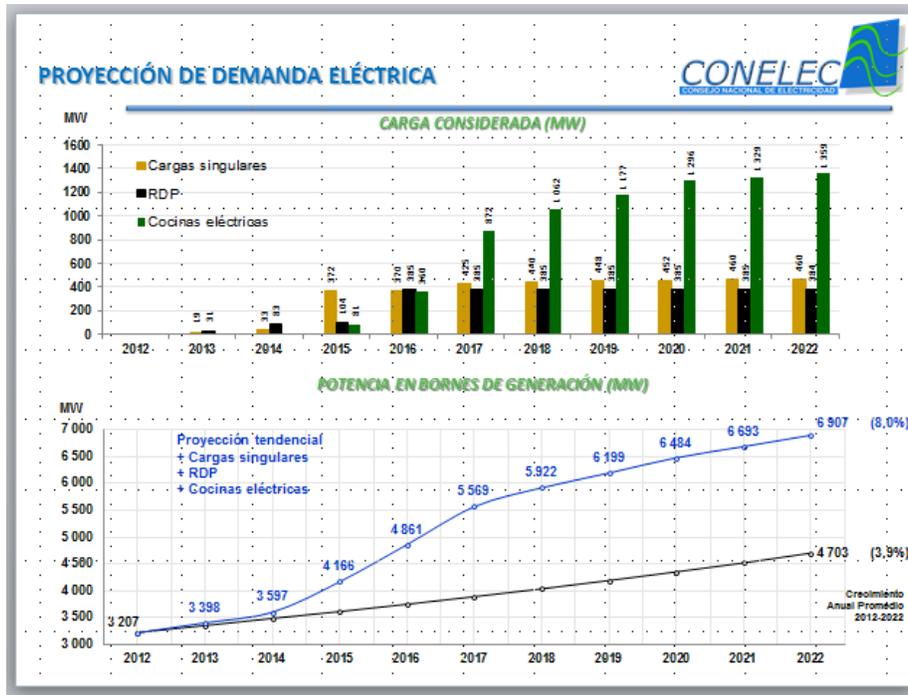


Ilustración 1.8: Demanda Eléctrica en el Ecuador. (Luna, 2013)

Mientras que el plan de expansión de la matriz energética del país se da de la siguiente manera:

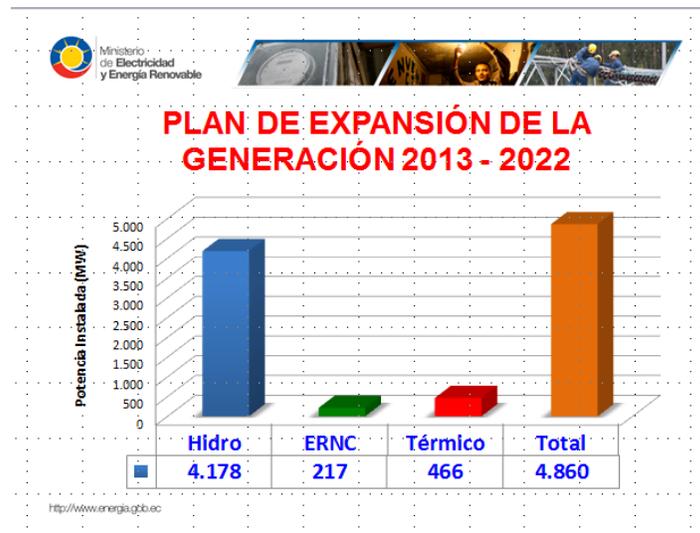


Ilustración 1.9: Plan de expansión de energía en el Ecuador. (Noboa, 2012)



## • Ecuación petrolera: reservas-producción

La producción de petróleo de Ecuador ha tenido una tasa de crecimiento del 4,8% desde 1972 hasta 2010, mayor al ritmo de incremento de la demanda de energía primaria del 3,9% entre 1970 y 2008 (Ilustración 1.10) (Petroecuador, 2007; BCE, 2011).

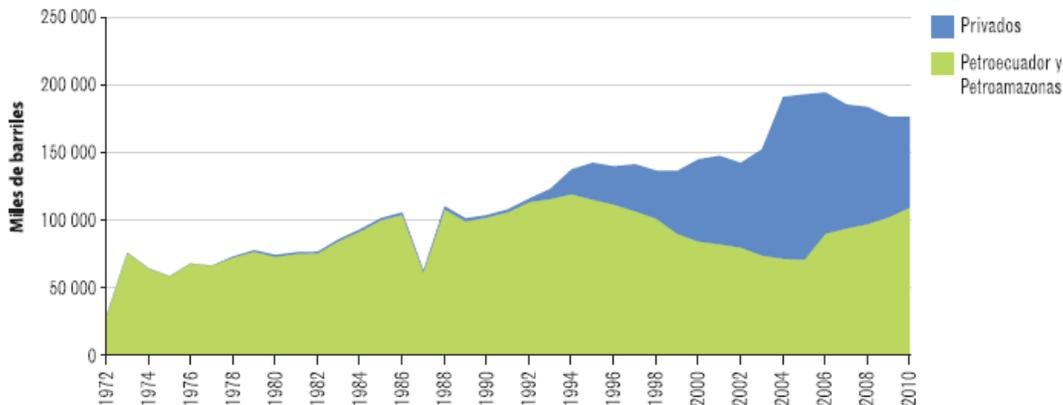


Ilustración 1.10: Producción Nacional de Petróleo. (Petroecuador, 2011)

La cantidad de producción y reservas totales, es decir de crudo explotado y por explotar, en Ecuador es de 9000 millones de barriles (9 Gb), considerando tan sólo la explotación de petróleo convencional.

La cantidad ya extraída es 4 Gb, cerca de la mitad del total de reservas (Laherrère 2008). El ritmo futuro del declive de la producción dependerá de la explotación del complejo ITT. Puesto que el consumo de energía y la población misma tienden a crecer mientras la producción nacional decrece, el pico petrolero significa que en un momento se requerirá importar crudo (Laherrère, 2008).

### 1.1.4 TRANSPORTE COMO PARTE DE LA MATRIZ ENERGÉTICA ECUATORIANA

El transporte es el principal sector de consumo dentro de la matriz energética ecuatoriana, representando en 2008 más de la mitad del consumo de energía (55%). Esto se debe, en parte, a los subsidios de derivados de petróleo (Laherrère, 2008).

Los subsidios a derivados, y otros factores que han fomentado la expansión del parque automotor, han alimentado el creciente consumo de gasolinas y diésel para transporte. Esto se traduce en el incremento del presupuesto estatal



destinado a financiar los bajos precios de la energía. De esta manera, de USD 275 millones gastados para cubrir la brecha entre el costo de importación y el costo de venta interna de los derivados en 2004, esto ha crecido diez veces para 2011; USD 2017 millones. La mitad de este financiamiento se va en el subsidio a diésel (USD 1093 millones) aun cuando la cantidad energética aportada por la gasolina a la matriz sea similar, el subsidio gastado en esta es menor (USD 524 millones) (BCE, 2011).

Una iniciativa, anunciada en el 2011, para incentivar la producción de combustibles alternativos es la identificación de 400 000 hectáreas aptas para sembrar biocombustibles a base de caña de azúcar para la producción de etanol y palma africana para biodiesel. Se comprende como áreas aptas las que no presionan ecosistemas naturales ni compiten con terreno para sembrar otros cultivos alimenticios. Por ello, se ha emprendido un programa piloto en Guayaquil y se entregan incentivos a ingenios azucareros para que produzcan biocombustibles (Noboa, 2012).

### 1.1.4.1 MOVILIDAD

En el Ecuador, siendo el sector transporte el principal sector consumidor de energía, es importante mencionar sus principales fuentes de movilidad: vehículos, barcos, aviones.

#### ➤ Vehículos

El principal medio de transporte en el Ecuador es el terrestre con un 95% de vehículos de uso particular, el 3% son de alquiler, el 1% pertenecen al Estado y a los municipios le pertenece la pequeña cifra del 0.3%. (INEC, 2011-2012). La Tabla 1.4 muestra el número de vehículos para los años 2011 y 2012.

El incremento del parque automotor es más pronunciado para los vehículos destinados al transporte de personas, con referencia a los vehículos destinados a la carga. (INEC, 2011-2012).



Tabla 1.4: Total de vehículos en el Ecuador. (INEC, 2011-2012)

AÑOS	TOTAL	PARTICULAR	ALQUILER	ESTADO	MUNICIPAL
2011	1.418.339	1.354.346	45.282	14.575	4.136
2012	1.509.458	1.436.303	49.996	17.721	5.438

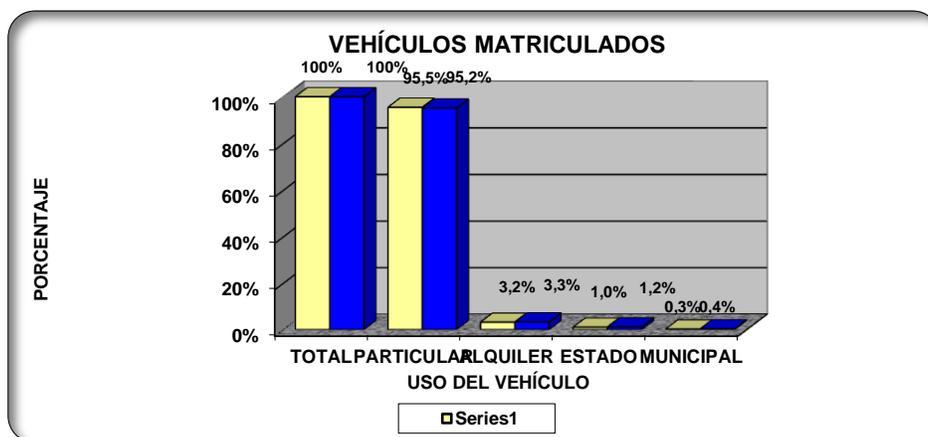


Ilustración 1.11: Vehículos en el Ecuador. (INEC, 2011-2012)

En el país existe también un pequeño porcentaje de vehículos híbridos, es decir con un sistema de motor eléctrico/baterías y a su vez un sistema con motor convencional (funciona con derivados de petróleo) (Ver, las marcas que ofertan este tipo de vehículos en el país son: Toyota, Ford, y Hyundai desde el 2009. (Universidad de las Americas, 2010)



Ilustración 1.12: Auto Híbrido. (Universidad de las Americas, 2010)

### ➤ Transporte Marítimo

El transporte marítimo en el Ecuador es de gran importancia ya que el país debe contar con puertos adecuados para satisfacer las diferentes necesidades de movilidad, turismo, comercio, etc. En los últimos años, los puertos más usados fueron los de Guayaquil, Manta y Esmeraldas.



En los puertos del país entraron 2.823 y salieron 3.161 naves, estadísticamente ese total se distribuyó de la siguiente manera: el 63% entro en Guayaquil y salió el 56%, en Manta entro el 13% y salió el 13%, en Esmeraldas entro un 8% y salió un 11% (INEC, 2011-2012).

Tabla 1.5: Principales puertos en el país. (INEC, 2011-2012)

PUERTOS	NAVES ENTRAD.	NAVES SALIDAS
GUAYAQUIL	1.778	1.778
MANTA	378	378
ESMERALDAS	231	113
POT. BOLÍVAR	116	356
LA LIBERTAD	101	40
BALAO	145	426
EL SALITRAL	74	74
<b>TOTAL</b>	<b>2.823</b>	<b>3.165</b>

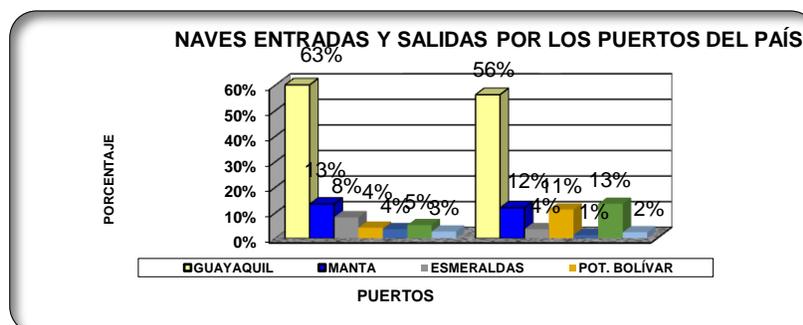


Ilustración 1.13: Entrada y salida de los puertos del país(INEC, 2011-2012).

## ➤ Transporte Aéreo

En cuanto al transporte Aéreo Internacional tenemos, en el año 2012 entraron al país 1.589.970 pasajeros, más de la mitad lo hicieron por el aeropuerto de Quito con el 58%, el 40% lo hizo por Guayaquil, tan solo el 2% lo hizo por los aeropuertos de Esmeraldas y Santa Rosa.

En este mismo año salieron del país 1.573.527, de los cuales el 54.7% lo hizo por Quito, 44.65 por Guayaquil, y el 0.7% por los aeropuertos de Esmeraldas y Santa Rosa (INEC, 2011-2012).



Tabla 1.6: Aeropuertos en Ecuador. (INEC, 2011-2012)

AEROPUERTOS	PASAJ. ENTRAD.
QUITO	932.692
GUAYAQUIL	646.583
ESMERALDAS	10.679
SANTA ROSA	16
<b>TOTAL</b>	<b>1.589.970</b>

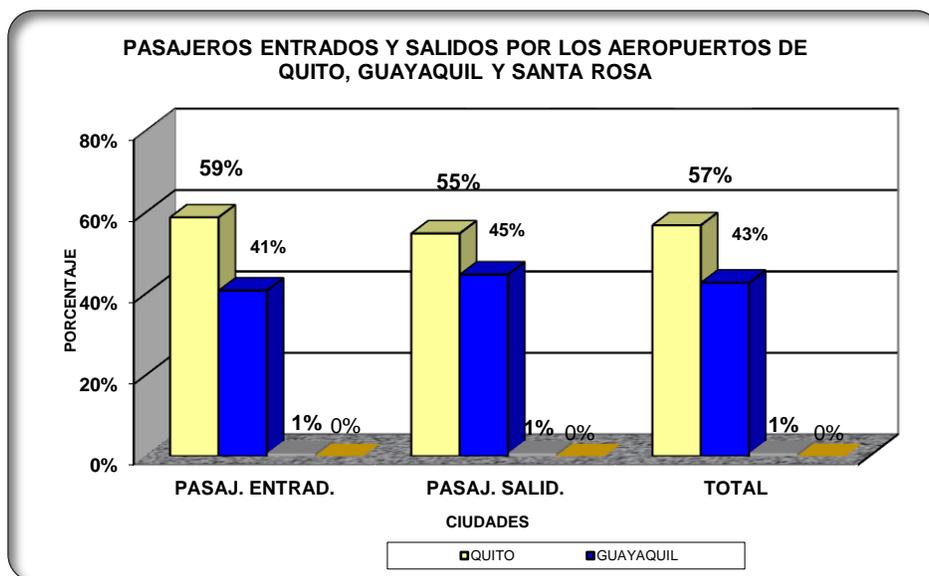


Ilustración 1.14: Porcentaje de entrada y salida de pasajeros en el Ecuador (INEC, 2011-2012).

## 1.2 SITUACION ACTUAL DE LA AMAZONÍA DEL ECUADOR

La Amazonía constituye uno de los espacios más extraordinarios del planeta, debido a la enorme riqueza natural y cultural que alberga. Los territorios amazónicos han sido ocupados desde tiempos inmemoriales por poblaciones de orígenes y características diversas, son mundialmente reconocidos por su potencial biológico y eco sistémico, que proporciona innumerables bienes y servicios a las poblaciones locales, y de todo el mundo (Izko, 2010-2030).

La región cuenta con varias áreas protegidas por su diversidad de fauna y flora:



Tabla 1.7: Áreas protegidas en la región. (Izko, 2010-2030)

Pueblo Indígena	Provincia	Área Protegida (AP)
Cofán	Sucumbíos	Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Parque Nacional Cayambe - Coca, Reserva Ecológica Cofán Bermejo
Secoya	Sucumbíos	Reserva de Producción Faunística Cuyabeno
Siona	Sucumbíos	Reserva de Producción Faunística Cuyabeno
Waorani, Tagaeri y Taromenane	Orellana, Napo y Pastaza	Parque Nacional Yasuní
Kichwa	Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza	Parque Nacional Yasuní, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Reserva Ecológica Cayambe - Coca, Parque Nacional Sumaco - Napo - Galeras, Reserva Ecológica Antisana, Reserva Biológica Limoncocha
Shuar	Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe	Parque Binacional El Cóndor, Refugio de Vida Silvestre El Quimi, reserva Biológica El Zarza, Parque Nacional Colambo-Yacuri (área de amortiguamiento), Parque Nacional Sangay (zona de amortiguamiento), Reserva Biológica Cerro Plateado, Reserva biológica Limoncocha, Parque Nacional Podocarpus (área de amortiguamiento, zona baja)

El ecosistema de la región amazónica abarca tres grupos humanos: indígenas, colonos y una población flotante que básicamente está vinculada con la actividad petrolera y maderera de la región. La comunidad indígena está constituida por una gran variedad de nacionalidades (Tabla 1.7). La mayor parte del territorio son bosques tropicales, los cuales han ido cambiando con el pasar de los años y la llegada de los colonos desde otras partes del país, esto se originó principalmente desde el año de 1970 (Malessa, 2010). El patrón de uso de este grupo humano, ha sido la conversión del bosque nativo a cultivos, pastos y la extracción de madera además de la actividad petrolera que es la causante la mayor parte de la destrucción en la amazonia del Ecuador.

La creciente demanda de madera en las regiones de la costa, sierra, amazonia e incluso de países como Perú y Colombia, ha traído consigo una gran extracción de madera y por lo tanto una gran presión en la amazonia ecuatoriana, en este escenario las comunidades indígenas han tenido una participación activa aunque de una manera informal e incluso ilegal, el problema en si es la deforestación en gran escala, ya que en pequeñas proporciones no tiene un gran impacto ambiental debido a que la población local de la amazonia usa la madera para la construcción de pequeñas viviendas, para la cocina o para la construcción de pequeñas embarcaciones, esto se pudo observar cuando realizamos el estudio en algunas zonas de la amazonia (Izko, 2010-2030).

Además de la actividad maderera están las petroleras que llegaron a la Amazonía desde los años cincuenta del siglo pasado (Vogliano, 2009) y han sido el mayor

conflicto ambiental en la zona, el país basa toda su economía en la actividad hidrocarburífera lo cual le llevó a una gran dependencia y a dividir el territorio en bloques para facilitar el acceso a grandes transnacionales a la explotación del petróleo, y con ello mayores ingresos económicos para el país.

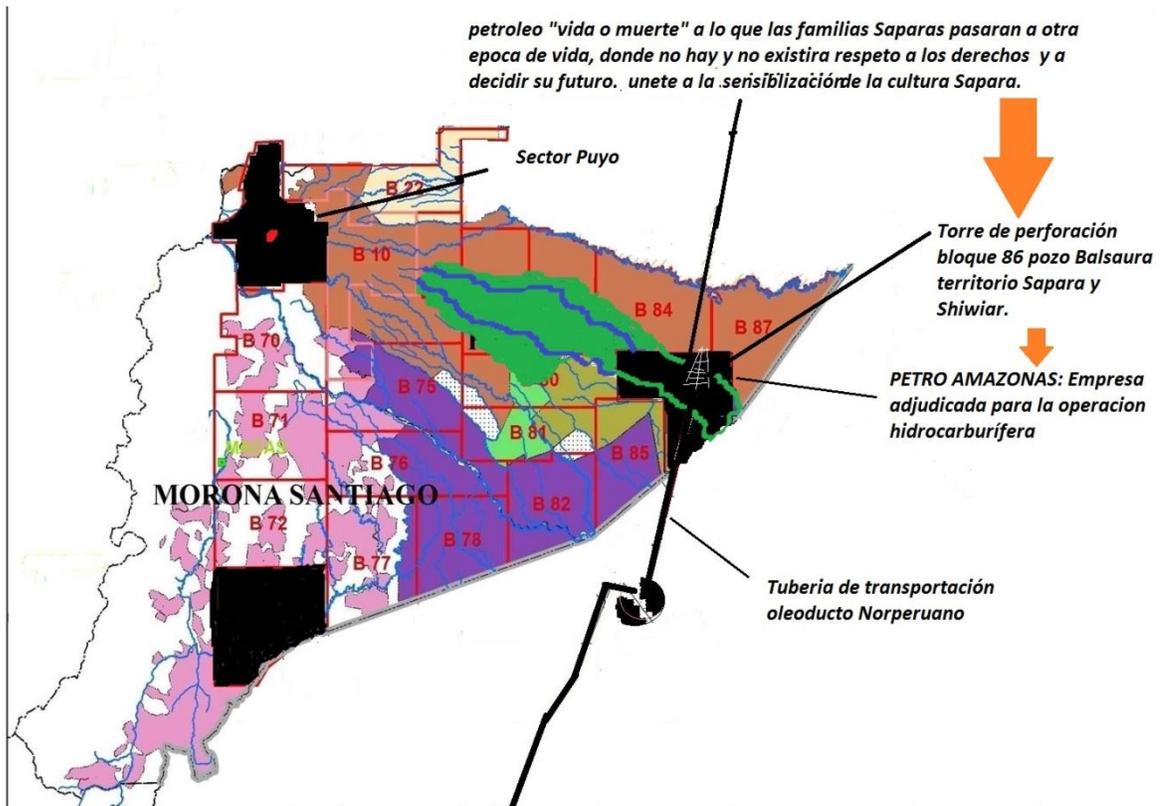


Ilustración 1.15: XI RONDA PETROLERA Y TERRITORIOS INDÍGENAS. (Karu, 2012)

Las petroleras han causado grandes destrozos en la amazonia, dañando a su paso terrenos, agua y asentamientos humanos.

La amazonia contribuye al país con el 99.6% de crudo, pero los recursos que se destinan para esta parte del país son del 0.4% tan solo, siendo esta región del Ecuador la que mayor índice de pobreza tiene. (Karu, 2012)

Además de tener los mayores costos de comercialización del producto refinado en esta parte del país con un precio de alrededor del 2.10\$ por galón de gasolina y 1.80\$ el galón de diésel y tener una gran actividad de contrabando de este producto para países vecinos.



### 1.2.1 INDICADORES SOCIO-ECONÓMICOS DE LA AMAZONÍA

En términos políticos y administrativos, la Amazonía se extiende a lo largo de 115 744,9 km, el 47% del territorio continental, y abarca de noreste a sureste – las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, que incluyen cotas altitudinales por encima de los 2 000m.s.n.m.

La Amazonia ecuatoriana ha tenido un incremento poblacional importante en la última década, lo que podemos observar en la Tabla 1.8.

Tabla 1.8: Incremento poblacional en la Amazonia. (Izko, 2010-2030)

Provincia/año	2001	2010	Incremento (%)
Sucumbíos	133 517	174 522	30,71
Orellana	89 443	137 848	54,12
Napo	82 206	104 047	26,57
Pastaza	64 116	84 329	31,53
Morona Santiago	120 487	147 866	22,72
Zamora Chinchipe	80 079	91 219	13,91
TOTAL	569 848	739 831	29,9*

En el Ecuador los establecimientos económicos se encuentran distribuidos de la siguiente manera: en la Sierra el 53%, en la Región Costa el 42,3%, en la Región Amazónica el 4,4% y solo el 0,3% en la Región Insular.

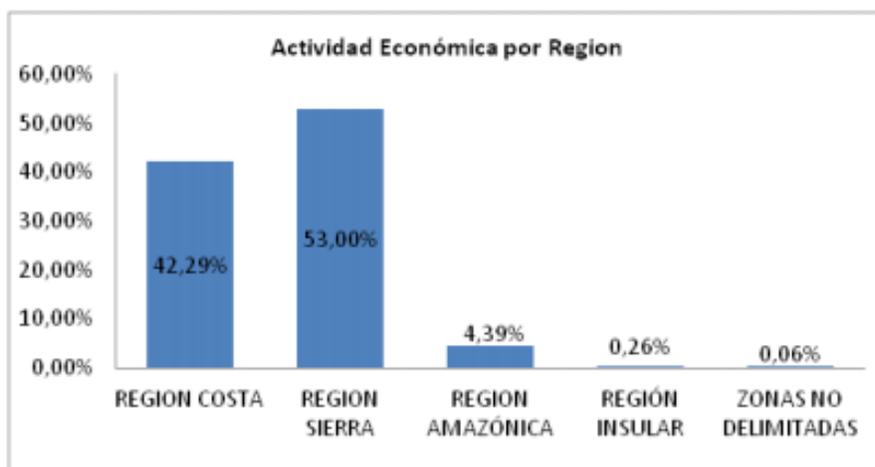


Ilustración 1.16: Actividad económica por región (INEC, 2014).



## 1.2.2 SALUD

En la Amazonia ecuatoriana tenemos incidencia de muchas enfermedades comunes como: gripes, diarrea, dolores de cabeza, causadas en su gran mayoría por la falta de servicios básicos para la población.

Los habitantes de esta región no tienen un sistema de canalización de aguas servidas, sus deposiciones las realizan en el monte por lo que en el momento en que llueve se contaminan sus fuentes de agua limpia, ya que ellos no tienen agua potable y esto es un agravante para las enfermedades. En la Tabla 1.9 se muestran estos indicadores, por provincia.

Tabla 1.9: Indicadores básicos en las provincias de la Amazonia. (Izko, 2010-2030)

Provincia/ indicador	Km <sup>2</sup>	Población		Analfabetismo (%)	Agua entubada (%)	Alcantarillado (%)	Eliminación excretas (%)
		Urbana	Rural				
Sucumbíos	18 008,3	41,3	58,7	6,79	22,37	39,82	73,29
Orellana	21 675,1	41,00	59,00	6,45	25,44	27,04	70,00
Napo	12 483,4	34,2	65,8	6,30	38,06	43,22	70,46
Pastaza	29 325	43,99	56,11	6,93	46,35	50,34	68,73
Morona Santiago	23 796,8	33,56	66,44	6,63	40,07	37,79	58,22
Zamora Chinchiipe	10 456,3	39,57	60,43	5,53	42,17	50,75	61,02
TOTAL	115 744,9	38,92*	61,08*	6,43*	35,74*	41,49*	66,95*

La contaminación del agua es un gran problema que no se da solamente por lo dicho anteriormente sino también porque los desechos sólidos de las casas son arrojados a las quebradas o los ríos. La peor contaminación se da al no tener un sentido de reciclaje de desechos tóxicos ya que los habitantes de la zona utilizan con mucha frecuencia linternas y las pilas que desechan son arrojadas a la selva, contaminando de esta manera el agua y el suelo. A ello se suma la actividad petrolera que tiene una incidencia muy grande en la contaminación.

Para algunos investigadores, la actividad petrolera en la zona ha traído consigo enfermedades muy graves como el cáncer de distintos tipos, también abortos espontáneos, dermatitis y varios otros síntomas. En algunos informes se le



atribuye a la actividad petrolera la desnutrición de los niños y por lo tanto la mortalidad infantil (Lowell E. Sever, 2009).

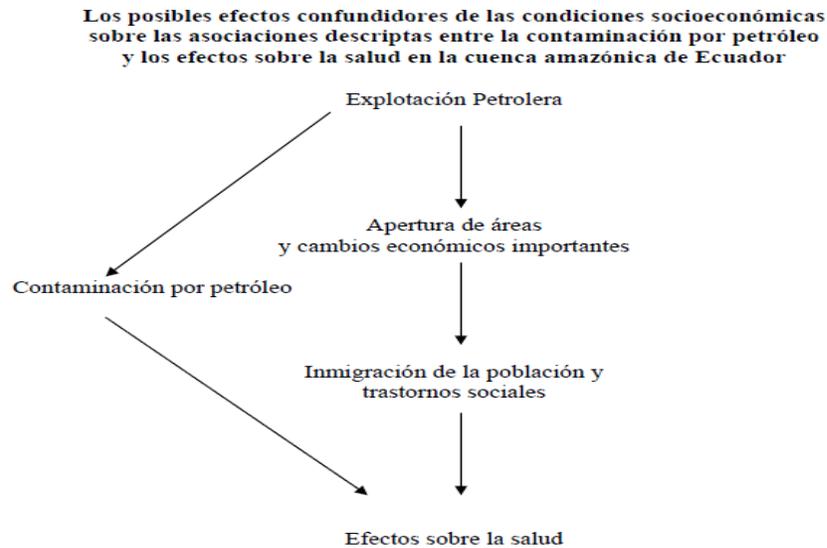


Ilustración 1.17: Actividad petrolera en la Amazonía. (Lowell E. Sever, 2009)

## 1.2.3 EDUCACIÓN

La educación en la región amazónica está orientada a tener una identidad cultural, del idioma y los valores nacionales del país y del pueblo donde viven.

Este es la base de la educación en la amazonia que ha tenido un desarrollo sostenido en los últimos años, cabe recalcar que este gobierno es el que más ha invertido en la educación para los pueblos amazónicos.

Aunque tiene aún muchas falencias en la infraestructura de colegios, escuelas, y aún más en universidades, existen proyectos muy buenos como es la nueva universidad del Puyo Ikiam.

Se puede decir que la educación en los pueblos amazónicos carece de muchos aspectos primordiales para el desarrollo de su población. Esto es más evidente en las comunidades más alejadas de los centros poblados como por ejemplo en las comunidades Shuar donde carecen de profesores y materiales didácticos primordiales para el aprendizaje.

A continuación presentaremos los índices de educación en la Amazonia Ecuatoriana según la provincia:

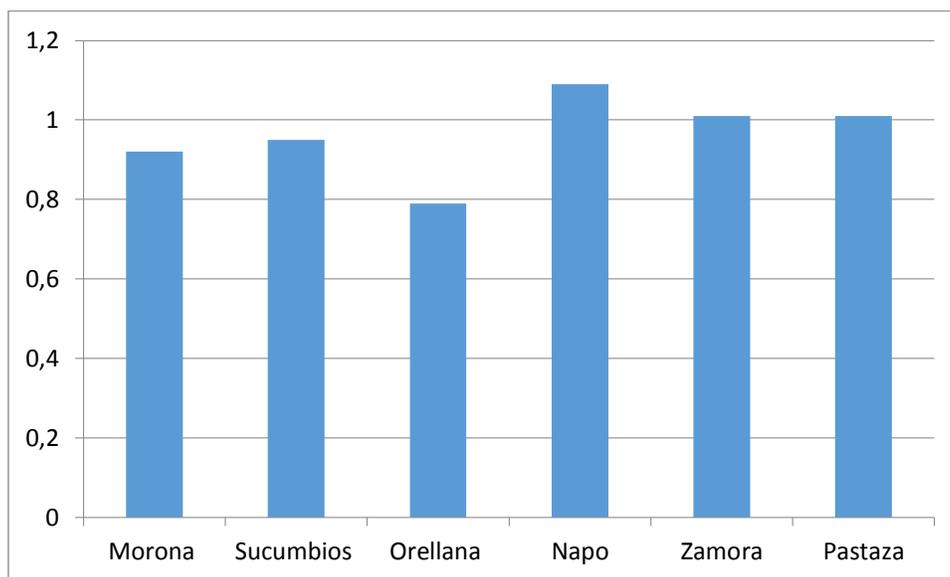


Ilustración 1.18: Índice de educación en la Amazonia Ecuatoriana.

## 1.2.4 ENERGÍA

Como se mencionó en la sección 1.1.3, la matriz energética ecuatoriana está en transición hacia el uso de energías renovables (principalmente hidroelectricidad), aunque predomina todavía el sector petrolero. El potencial hidroeléctrico del Ecuador se localiza principalmente en la región amazónica.

Las propuestas más relevantes a nivel hidroeléctrico se localizan en la Amazonía, donde están programados 75 proyectos hidroeléctricos de distinta envergadura. Paralelamente, está prevista la expansión del sistema de transmisión de 230kV a 500 kV (CONELEC, 2012).

La infraestructura hidroeléctrica actual consiste en ocho centrales hidroeléctricas (4 generadoras, 1 distribuidora y 2 auto-productoras), además de alrededor de cincuenta centrales termoeléctricas auto-productoras (la mayoría propiedad de empresas petroleras) y 11 centrales termoeléctricas distribuidoras. Las tres principales centrales generadoras son San Francisco (230 MW nominales y 216 de potencia efectiva), Agoyán (156 MW) y Pucará(74 MW), que están vinculadas al sistema eléctrico interconectado, y tienen la capacidad de suministrar en conjunto 446 MW y generar una producción media anual de 1.310GWh de electricidad. (CONELEC, 2012)



Además de las tres centrales distribuidoras, existe una hidroeléctrica auto productora (Hidroabánico, Morona Santiago), que abastece a las empresas propietarias con 171,29 GWh, aunque distribuye también 166,70 GWh a CNEL y distintas ciudades de la sierra y de la Amazonía.

En la Amazonía ecuatoriana existen zonas que por su geografía muy complicada no ha podido ser beneficiada por el sistema eléctrico convencional, por lo que se han implementado proyectos con nuevas tecnologías. Ese es el caso del proyecto Yantsa li Etsari (“Luz de nuestro sol”) que beneficia a comunidades Shuar y Achuar aisladas con la provisión del servicio eléctrico mediante paneles solares fotovoltaicos (Ilustración 1.19). Este proyecto es impulsado por la distribuidora Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. En el capítulo 2 se dará una explicación mucho más amplia de lo que es el proyecto “Yantsa li Etsari”



Ilustración 1.19: Vivienda Shuar con sistema fotovoltaico (Trabajo de campo, Autores)

A continuación, en la Tabla 1.10, se presenta el porcentaje de cobertura de energía eléctrica en las diferentes provincias del país incluidas las de la Amazonia.



Tabla 1.10: Cobertura de electrificación en el Ecuador. (CONELEC, 2012)

COBERTURA 2012				
PROVINCIA	CLIENTES	VIVIENDAS CON SERVICIO	VIVIENDAS TOTALES	% COBERTURA
AZUAY	194,758	196,794	200,861	97.97%
BOLÍVAR	45,301	45,774	51,039	89.68%
CAÑAR	60,835	61,471	63,395	96.96%
CARCHI	44,329	44,792	45,825	97.74%
CHIMBORAZO	120,897	122,161	130,828	93.37%
COTOPAXI	100,622	101,674	110,007	92.42%
EL ORO	165,938	167,672	171,277	97.89%
ESMERALDAS	126,184	127,503	141,082	90.37%
GALÁPAGOS	7,729	7,810	7,840	99.61%
GUAYAS	974,809	984,997	1,026,520	95.95%
IMBABURA	104,858	105,954	108,454	97.69%
LOJA	115,233	116,437	121,257	96.02%
LOS RÍOS	199,017	201,097	215,527	93.30%
MANABÍ	330,495	333,949	362,968	92.00%
MORONA SANTIAGO	28,210	28,505	36,393	78.32%
NAPO	22,180	22,412	24,703	90.72%
ORELLANA	32,324	32,662	37,731	86.56%
PASTAZA	18,281	18,472	21,833	84.60%
PICHINCHA	775,122	783,223	787,357	99.47%
SANTA ELENA	72,542	73,300	81,730	89.68%
SANTO DOMINGO	99,598	100,639	103,950	96.81%
SUCUMBÍOS	41,124	41,554	47,369	87.72%
TUNGURAHUA	144,275	145,783	150,098	97.12%
ZAMORA CHINCHIPE	21,195	21,417	23,907	89.58%
ZONAS NO DELIMITADAS	7,320	7,396	8,837	83.69%
<b>NACIONAL</b>	<b>3,853,176</b>	<b>3,893,448</b>	<b>4,080,788</b>	<b>95.41%</b>

Como se puede ver de la Tabla 1.10 la cobertura promedio de las 6 provincias amazónicas llega al 86.25%, valor por debajo de la media nacional.

### 1.3 MOVILIDAD EN LA REGIÓN SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA

En la región sur de la Amazonia (Morona Santiago) la población se desplaza por tres medios principales: terrestre, fluvial y aéreo (avionetas).



El sistema de la Red Vial Amazónica, al igual que la red nacional, está conformado por la red estatal, provincial y cantonal. La red estatal está constituida por los corredores arteriales, que conectan puntos importantes del territorio, y las vías colectoras, que vinculan los sectores rurales con los primarios. Adicionalmente, existen numerosas vías provinciales y cantonales difícilmente cuantificables, la mayoría de ellas no asfaltadas y algunas susceptibles de inundación en época de lluvias.

Las troncales principales que unen a las ciudades de la Amazonia han sido asfaltadas casi en su totalidad, dando un mejor servicio a la comunidad. La red provincial es administrada por cada uno de los consejos provinciales, mientras que la red cantonal corresponde al conjunto de vías urbanas e inter parroquiales administradas por cada uno de los concejos municipales. Las cifras disponibles para Morona Santiago son 2.926 en el 2002 (ECORAE, 2001) y 1 064 km en el 2009, de acuerdo al Consejo Provincial (Santiago, 2009) dependiendo del tipo de camino que se considere.

Existen también pequeños caminos en todos los territorios indígenas, con extensiones variadas, que comunican las comunidades del interior de la selva en el 2010. El ECORAE ha invertido la suma de \$ 6 019 999 en “mejoramiento de la accesibilidad de las comunidades amazónicas”, destinados a puentes cantonales y parroquiales, muelles fluviales, estudios, mejoramiento de pistas comunitarias, deslizadores y canoas, y transporte aéreo económico en convenio con la FAE. También ha invertido \$ 4 014 620 en salud ambulatoria y transporte multimodal. El porcentaje invertido (40%) es el de mayor relieve con relación a otros rubros de intervención. Durante el 2011 el ECORAE ha realizado también inversiones en mantenimiento de pistas, puentes, canoas y deslizadores, y transporte aéreo (ECORAE, 2011).

Tabla 1.11: Mejoramiento de accesibilidad a las comunidades. (ECORAE, 2011)

Nº	Programa	2010	2011	2012	2013
1.	Desarrollo Regional Amazónico	9.960.053	8.441.800	13.816.400	14.241.800
2.	Salud ambulatoria y transporte multimodal	4.014.620	2.290.000	1.150.000	880.000
3.	Mejoramiento de la accesibilidad de las comunidades amazónicas	6.019.999	3.699.333	40.000	40.000
<b>TOTAL</b>		<b>14.994.672</b>	<b>14.431.133</b>	<b>15.006.400</b>	<b>15.161.800</b>

Fuente: ECORAE, 2010



Los sectores considerados (salud, educación, energía) en los apartados anteriores, se los analiza debido a que en la zona de estudio se tiene muchas deficiencias en cuanto a la distribución de dichos servicios, la principal causa de la falta de estos servicios es el aislamiento de la mayoría de comunidades de la Amazonía.

### **1.4 ACCESO FLUVIAL EN LA AMAZONIA ECUATORIANA**

El acceso fluvial en la Amazonia es de gran importancia ya que existen muchos pueblos a los cuales no se puede ingresar sino solamente en embarcaciones, debido a su compleja geografía.

La cuenca amazónica del Ecuador está formada por la afluencia de numerosos ríos que nacen en la cordillera Oriental de los Andes y en la cordillera Amazónica (Tercera Cordillera). Los principales ríos navegables son el Putumayo, el San Miguel y el Aguarico (Sucumbíos), el Napo y sus afluentes (Napo y Orellana), los ríos Curaray, Bobonaza, Corrientes, Pindoyacu, Ishpingo, Tigre y Pastaza (Pastaza), y el Morona y el Santiago (Morona Santiago)

Su principal función ha sido hasta ahora de carácter social, al posibilitar la navegación de embarcaciones pequeñas para trasladar personas y mercancías en regiones de difícil acceso, lo que colabora al relacionamiento de poblaciones locales que carecen de medios de transporte y comunicación alternativa. Existen también tramos donde es posible la navegación de embarcaciones de mayor calado, en particular en los ríos Napo y Morona. Adicionalmente, los distintos grupos familiares y comunitarios pugnan a menudo por el control estratégico de las vías fluviales, el principal medio de transporte tradicional en la mayor parte de los territorios indígenas, que está asociado al manejo del bosque y al ordenamiento del espacio y sus recursos, además de que los canales amazónicos sirven también para actividades madereras ilegales.

En el territorio de la provincia de Morona Santiago, el río Santiago es uno de los principales afluentes directos del río Marañón. Se origina en Ecuador por la confluencia de los ríos Zamora y Namangoza y recorre buena parte de los territorios amazónicos de Ecuador y Perú. El río es navegable y por él transitan pequeñas embarcaciones de motor; en épocas secas existen dificultades para el acceso.



Por su parte, el río Morona es afluente del Bajo Marañón. Se conforma por la confluencia del sistema hidrográfico de los ríos Mangosiza y Macuma. El río atiende actualmente las necesidades de transporte e intercambio de bienes entre las comunidades asentadas en sus riberas, sin una finalidad comercial importante, y existen perspectivas para su transformación en hidrovía.

Cabe recalcar que los dos ríos que forman el Rio Morona, río Mangosiza y río Macuma son las principales vías de acceso fluvial al Proyecto “Yantsa Iii Etsari”.

A continuación en el capítulo 2 se tratará sobre las energías renovables y su aplicación en el transporte solar-eléctrico utilizando la energía solar con paneles fotovoltaicos, esto con el objetivo de mejorar el sistema de transporte fluvial en la región Amazónica del Ecuador.



## CAPITULO 2

### **ENERGÍAS RENOVABLES Y SUS APLICACIONES, APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, TRANSPORTE MARINO Y FLUVIAL SOLAR-ELÉCTRICO.**

#### **2.1 ENERGÍAS RENOVABLES**

##### **2.1.1 INTRODUCCIÓN: EVOLUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO Y EN ECUADOR.**

La energía renovable es aquella que se obtiene a través de fuentes inagotables, como lo es el sol, el viento, las mareas, la temperatura de la Tierra, entre otras, y su disponibilidad no disminuye en el tiempo.

El estudio de energías no convencionales se ha realizado desde hace mucho tiempo atrás debido al alto costo que tenía la energía convencional en ese entonces. En el siglo XIX ya se tuvieron los primeros adelantos en energías renovables debido a que en ese entonces el carbón tenía un costo muy elevado.

Alrededor del planeta el desarrollo de las energías renovables no convencionales varía mucho entre región y región. Ya que su generación dependerá en gran medida de las condiciones ambientales que se presenten en cada región como por ejemplo: clima, recursos naturales, temperatura, etc.

Las tecnologías desarrolladas para generar electricidad con los diferentes tipos de energías no convencionales han tenido mayor desarrollo en los países o regiones donde su demanda energética se incrementa de una forma acelerada. Los países industrializados como Estados Unidos, Canadá, Japón, Corea del Sur y los países Europeos están a la vanguardia tecnológica de las energías renovables no convencionales.



En el Ecuador el organismo encargado del desarrollo de energía limpia es la Dirección Nacional de Energía Renovable que tiene como objetivo el fomentar el desarrollo de la energía renovable en el país, para lo cual tiene como una de sus metas la identificación del potencial del recurso renovable en el país. Dicho levantamiento permite posteriormente la implementación de proyectos que se encuentran enmarcados en la utilización de fuentes renovables. Dentro de estas metas también se encuentra considerada la cobertura de servicio eléctrico de todo el país, sobre todo en sectores rurales y aislados. (CONELEC, 2014)

Por otro lado, el calentamiento global es uno de los efectos directos del modelo de desarrollo vigente y de la contaminación que el mundo entero viene produciendo desde mucho tiempo atrás y, teniendo en cuenta que los combustibles fósiles utilizados en centrales de generación térmica son parte fundamental del deterioro ambiental, es imperiosa la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía que reemplacen a las contaminantes sin alterar el ritmo de vida de las personas, ciudades o países.

Sin embargo, si bien se han tomado varios correctivos, la producción de energía en todas sus manifestaciones depende hoy en día en un 79% de los combustibles fósiles, como puede verse en la Ilustración 2.1 (Chiriboga, 2009).

Las diversas situaciones antes mencionadas han obligado a que varios países retomen el interés en las energías alternativas como: la eólica, calórica, fotovoltaica, geotérmica, etc. Es así que a nivel mundial pero sobre todo en Europa y Norteamérica los diferentes gobiernos invierten grandes cantidades de dinero para investigar y desarrollar energías alternativas. También en países con economías emergentes importantes como China, India y Brasil se empiezan a ver avances significativos en el desarrollo de energías renovables no convencionales, particularmente eólica y solar. Latinoamérica tampoco se queda fuera de esta tendencia y varios países de la región, donde se incluye al Ecuador, han incursionado en este campo.

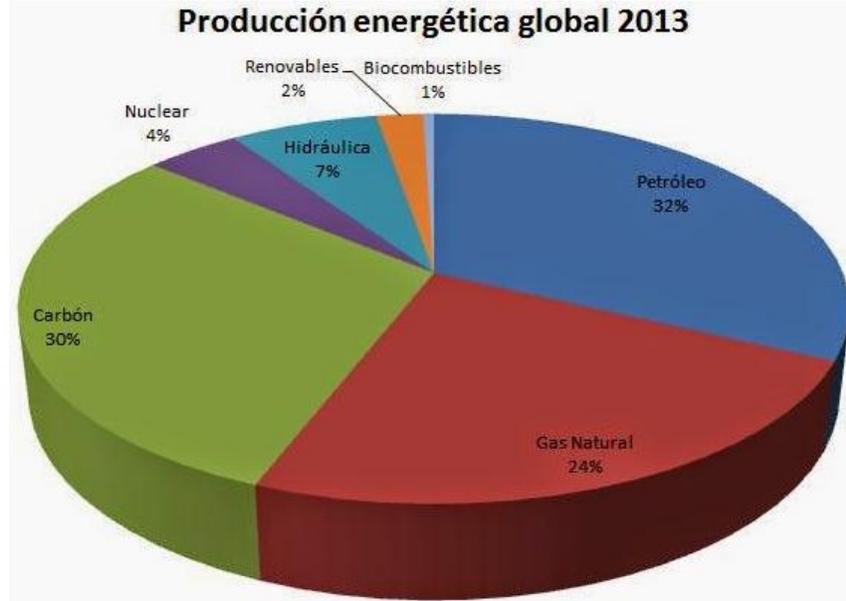


Ilustración 2.1: Producción de energía global en el mundo. (bp, 2014)

La ilustración 2.1 muestra que el consumo mundial de energía primaria aumentó en un 2,3% en 2013, lo que supone una aceleración respecto a 2012 (1,8%). Aun así el crecimiento mundial de la producción energética se mantuvo por debajo el promedio de los últimos 10 años que es del 2,5%.

El petróleo sigue siendo el combustible más utilizado del mundo, con el 32,9% del consumo mundial de energía. (bp, 2014)

### 2.1.2 ENERGÍA RENOVABLE EN EL ECUADOR

El Ecuador ha presentado en los últimos 20 años un desequilibrio entre oferta y demanda de energía eléctrica. Por un lado el aumento de la demanda ha incrementado alrededor de un 6,5% anual, mientras que la oferta de energía únicamente se ha incrementado en un 5% (Chiriboga, 2009).

El boom petrolero en la década del 70 del siglo pasado produjo grandes ingresos económicos. La liquides económica con la que gozaba el Ecuador fue un factor determinante para la ejecución de diversas obras como carreteras, puentes, escuelas, y en el sector eléctrico se dio paso a la construcción de grandes proyectos hidroeléctricos. Es así que a mediados de la década de los 80 el país presenta una componente mayoritaria de energía renovable hidráulica convencional, gracias a las medianas y grandes centrales. Esta potencia instalada no ha variado mayormente en los últimos 25 años.



A pesar de que nuestro país presenta una gran riqueza de recursos renovables de todo tipo, hasta el siglo pasado el único recurso renovable aprovechado fue el hídrico. A continuación explicaremos los medios de generación que tiene el país y que pueden remplazar a los combustibles fósiles:

- **El viento interandino**

El país tiene un potencial de viento muy favorable para la generación de energía eléctrica, para la generación la velocidad del viento debe ser mayor a los 3m/s. Las áreas más potenciales son: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, El Oro y Loja con el proyecto ya conocido Villonaco.

- **El calor de la Tierra**

El país por sus características vulcanológicas, presenta gran potencial termal, como puntos de agua caliente, flujos de lodo, emanaciones de vapor, etc. Existen unas 17 áreas prioritarias en 9 provincias, entre ellas tenemos: Tufiño en Carchi, Chachimbiro en Imbabura y Chalupas en Cotopaxi.

- **Proyectos Solares.**

El Ecuador por su posición en el paralelo cero presenta condiciones muy buenas en la incidencia de radiación solar en el país.

Las zonas que registran sol por más de tres horas al día son favorables para aprovechamientos térmicos, como secado solar, calentamiento de agua y generación eléctrica, el Ecuador presenta en promedio 4 horas de sol al día y que además es constante durante todo el año. La energía solar puede convertirse en calor o electricidad.

Este tipo de generación es de gran uso especialmente en lugares en donde no se puede llegar con la matriz eléctrica, debido a que su implementación sería muy elevada por la compleja geografía de algunos lugares en nuestro país.

- **Las microcentrales hidroeléctricas**

Una solución a corto plazo para poder suplir el incremento de la demanda anual es la ejecución de pequeñas centrales hidroeléctricas. Para efectos del estudio correspondiente se ha subdividido a las pequeñas centrales en micro y mini centrales. Las microcentrales conforman el grupo entre 10 MW hasta 1 MW y las mini las que su capacidad de generación es menor a 1 MW. Este tipo de generación presenta muchas ventajas con relación a las grandes centrales. El costo de implementación es mucho menor y su tiempo de construcción no supera los 18 meses para los casos más complejos, ya que son centrales de pasada



donde no existe dique o presa. Debido a esta característica el impacto ambiental es leve o prácticamente nulo siempre que se respete el caudal ecológico.

Otra de las ventajas de estas centrales es su facilidad de construcción en gran variedad de lugares ya que no se necesita grandes caudales ni grandes caídas.

En zonas rurales donde no existe servicio de energía eléctrica puede ser una gran solución al igual que en los lugares considerados cola de red, ya que la generación en estos puntos ayudan a estabilizar el nivel de voltaje, la frecuencia y en general todos los parámetros eléctricos. Es decir, que la instalación de múltiples mini o micro centrales ayudarían a la estabilidad del sistema nacional interconectado.

### ▪ Nuevos Proyectos en el País.

En la actualidad se ha impulsado por parte del gobierno el desarrollo de estudios de factibilidad y diseños definitivos para la futura construcción de grandes proyectos hidroeléctricos (>10 MW) llamados emblemáticos: (CONELEC, 2014)

✓ Coca-Codo-Sinclair
✓ Delsitanisagua
✓ Manduriacu
✓ Mazar Dudas
✓ Minas San Francisco
✓ Quijos
✓ Sopladora
✓ Toachi Pilatón
✓ Villonaco

A continuación describiremos en una tabla las especificaciones de cada uno de ellos:

Tabla 2.1: Proyectos emblemáticos del Ecuador (CONELEC, 2014).

PROYECTOS EMBLEMATICOS		
PROYECTOS	Potencia Generada	Ubicación
Coca-Codo-Sinclair	1500MW de potencia	Ríos Quijos y Salado, forman el río Coca
Delsitanisagua	180 MW de potencia	Río Zamora



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Manduriacu	60MW de potencia	Río Guayllabamba
Mazar Dudas	21 MW de potencia	Ríos Pindilig y Mazar
Minas San Francisco	270 MW de potencia	Río Jubones
Quijos	50MW de potencia	Río Quijos y Papayacta
Sopladora	487 MW de potencia	Río Paute
Toachi Pilatón	254.40 MW de potencia	Ríos Toachi y Pilatón
Villonaco	16.5 MW de potencia	Cerro Villonaco, provincia de Loja
PROYECTOS	<b>Inversión Integral y Sostenible</b>	<b>Reducción de Emisiones de CO2</b>
Coca-Codo-Sinclair	1 682,74 millones	Aproximadamente 4,4 millones de Ton/año
Delsitanisagua	5,5 millones	Aproximadamente 0.71 millones de Ton/año,
Manduriacu	12.9 millones	Aproximadamente 0,18 millones de Ton/año
Mazar Dudas	3.5 millones	Aproximadamente 0.63 millones de Ton/año
Minas San Francisco	5,2 millones	Aproximadamente 0,65 millones de Ton/año
Quijos	2 millones	Aproximadamente 0.18 millones de Ton/año
Sopladora	4.3 millones	Aproximadamente 1,4 millones de Ton/año
Toachi Pilatón	5.2 millones	Aproximadamente 0.56 millones de Ton/año
Villonaco	48.35 millones de dólares	Aproximadamente 0.32 millones de Ton/año
PROYECTOS	<b>Energía Media al Año</b>	<b>Fuentes De empleo</b>
Coca-Codo-Sinclair	Energía media de 8734 Gwh/año	6461 fuentes de empleo directo
Delsitanisagua	Energía media de 1411 Gwh/año	805 fuentes de empleo directo
Manduriacu	Energía media de 367 Gwh/año	2450 fuentes de empleo directo
Mazar Dudas	Energía media de 125.40 Gwh/año	1150 fuentes de empleo directo
Minas San Francisco	Energía media de 1290 Gwh/año	1795 fuentes de empleo directo
Quijos	Energía media de 355 Gwh/año	400 fuentes de empleo directo
Sopladora	Energía media de 2800 Gwh/año	2280 fuentes de empleo directo
Toachi Pilatón	Energía media de 1120 Gwh/año	1565 fuentes de empleo directo
Villonaco	Energía de 72.71 GWh	254 fuentes de empleo directo
PROYECTOS	<b>Avance de la Obra(abril 2014)</b>	
Coca-Codo-Sinclair	63,67%	
Delsitanisagua	25.51%	
Manduriacu	77,80%	
Mazar Dudas	65.02%	
Minas San Francisco	36%	
Quijos	32,36%	
Sopladora	54,20%	
Toachi Pilatón	44.20%	
Villonaco	Terminado	



Todos estos proyectos generan energía renovable, pero existe un impacto ambiental, sobre todo por la zona inundada debido al embalse, en caso de existir. Si bien los grandes proyectos hidráulicos no causan un efecto contaminante como las termoeléctricas, sus impactos ambientales pueden ocasionar cambios en la flora y la fauna endémicas de la zona.

Los proyectos de esta escala presentan un alto costo de construcción sobre todo por la construcción de la presa o dique. Se debe añadir que este tipo de centrales toman un tiempo de construcción superior a los 4 años en promedio. Este tipo de centrales una vez en funcionamiento ayudan a cubrir gran parte de la demanda y paralelamente permiten reducir el costo de la energía eléctrica ya que su costo de producción es realmente bajo comparado con las centrales térmicas sobre todo las que utilizan combustibles fósiles. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2012)

Si bien los grandes proyectos a largo plazo traen grandes beneficios para el país, su alto costo ha impedido su construcción en muchos casos y se ha tenido que ir aplazando su ejecución una o buscar financiamiento en otros países como es el caso de los proyectos hidroeléctricos Coca Codo Sinclair, Sopladora o Minas San Francisco, entre otros, que tienen financiamiento de China. Por otro lado, la demanda de energía eléctrica en el Ecuador ha seguido un crecimiento anual promedio de 6,5%. La falta de nueva generación hidráulica que ayude a suplir el incremento de la demanda ha obligado a incorporar generación térmica cara, ineficiente y con grandes impactos ambientales. (CONELEC, 2014)

En la Tabla 2.2 se presenta un cuadro estadístico del balance a nivel nacional de energía eléctrica en el año 2014.

Tabla 2.2: Estadística de Energía Renovable en el Ecuador (CONELEC, 2014).

<b>INFORMACIÓN ESTADÍSTICA JULIO 2014</b>			
<b>1. Capacidad efectiva en generación</b>		<b>MW</b>	<b>%</b>
<b>Energía Renovable</b>	Hidráulica	2,244.02	43.09%
	Solar	13.38	0.26%
	Eólica	18.90	0.36%
	Turbovapor	93.40	1.79%
<b>Total Energía Renovable</b>		<b>2,369.71</b>	<b>45.51%</b>
<b>No Renovable</b>	MCI	1,415.96	27.19%



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

	Turbogas	973.30	18.69%
	Turbovapor	448.24	8.61%
<b>Total Energía No Renovable</b>		<b>2,837.50</b>	<b>54.49%</b>
<b>Total Capacidad Instalada</b>		<b>5,207.21</b>	<b>100.00%</b>

Interconexiones		MW	%
Interconexiones	Colombia	525.00	82.68%
	Perú	110.00	17.32%
<b>Total Interconexiones</b>		<b>635.00</b>	<b>100.00%</b>

2. Producción Total de Energía e Importaciones		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	11,106.38	44.99%
	Eólica	77.48	0.31%
	Fotovoltaica	8.07	0.03%
	Térmica Turbogas (1)	275.95	1.12%
<b>Total Energía Renovable</b>		<b>11,467.88</b>	<b>46.46%</b>
No Renovable	Térmica MCI	6,473.23	26.22%
	Térmica Turbogas	3,441.63	13.94%
	Térmica Turbogas	2,671.62	10.82%
<b>Total Energía No Renovable</b>		<b>12,586.48</b>	<b>50.99%</b>
<b>Total Producción Nacional</b>		<b>24,054.36</b>	<b>97.45%</b>
Interconexión	Colombia	629.54	2.55%
	Perú	-	0.00%
	Importación	629.54	2.55%
<b>Total Producción Nacional + Importación</b>		<b>24,683.90</b>	<b>100.00%</b>

2.1 Producción Total de Energía e Importaciones S.N.I.		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	11,087.70	51.20%
	Eólica	73.71	0.34%
	Fotovoltaica	5.84	0.03%
	Térmica Turbogas (1)	275.95	1.27%
<b>Total Energía Renovable S.N.I.</b>		<b>11,443.20</b>	<b>52.85%</b>
No Renovable	Térmica MCI	4,001.83	18.48%
	Térmica Turbogas	2,964.96	13.69%
	Térmica Turbogas	2,614.72	12.07%
<b>Total Energía No Renovable S.N.I.</b>		<b>9,581.50</b>	<b>44.25%</b>
<b>Total Producción Nacional S.N.I.</b>		<b>21,024.70</b>	<b>97.09%</b>
Interconexión	Colombia	629.54	2.91%
	Perú	-	0.00%
	<b>Importación</b>	<b>629.54</b>	<b>2.91%</b>



<b>Total Producción Nacional + Importación S.N.I.</b>	<b>21,654.24</b>	<b>100.00%</b>
---	------------------	----------------

<b>3. Energía Entregada para Servicio Público</b>		<b>GWh</b>	<b>%</b>
<b>Energía Renovable</b>	Hidráulica	10,965.90	52.28%
	Eólica	76.78	0.37%
	Solar	7.92	0.04%
	Térmica Turbovapor (1)	151.86	0.72%
<b>Total Energía Renovable</b>		<b>11,202.46</b>	<b>53.40%</b>
<b>No Renovable</b>	Térmica MCI	3,822.16	18.22%
	Térmica Turbogas	2,869.86	13.68%
	Térmica Turbovapor	2,453.16	11.69%
<b>Total Energía No Renovable</b>		<b>9,145.18</b>	<b>43.60%</b>
<b>Total Producción Nacional</b>		<b>20,347.65</b>	<b>97.00%</b>
<b>Interconexión</b>	Importación	629.54	3.00%
<b>Total Energía Entregada para Servicio Público</b>		<b>20,977.19</b>	<b>100.00%</b>

<b>4. Energía Disponible para Servicio Público</b>		<b>GWh</b>	<b>%</b>
<b>Pérdidas en Transmisión</b>		488.18	2.33%
<b>Total Energía Disponible para Servicio Público</b>		<b>20,489.01</b>	<b>97.67%</b>
Energía Exportada Perú		0.44	0.00%
Energía Exportada Colombia		36.49	0.17%
<b>Total Energía Disponible en los Sistemas de Distribución</b>		<b>20,452.08</b>	<b>97.50%</b>

<b>5. Consumos de Energía para Servicio Público</b>		<b>GWh</b>	<b>%</b>
<b>Consumo de Energía a Nivel Nacional</b>	Residencial	6,204	34.65%
	Comercial	3,671	20.50%
	Industrial	5,240	29.26%
	A. Público	1,003	5.60%
	Otros	1,788	9.99%
<b>Total</b>		<b>17,906.69</b>	<b>100.00%</b>
<b>Perdidas en Distribución</b>	Técnicas	1,695.14	8.29%
	No Técnicas	850.28	4.16%
<b>Total Perdidas de Energía en Distribución</b>		<b>2,545.42</b>	<b>12.45%</b>
<b>Recaudación</b>	USD Facturados (Millones)	1,475.63	
<b>USD Recaudados (Millones)</b>		<b>1,462.77</b>	<b>99.13%</b>

(1) Corresponde a la generación, cuyo combustible es la Biomasa (Bagazo de caña).

## 2.1.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA



El fenómeno fotoeléctrico fue explicado por primera vez por el científico alemán Albert Einstein en 1905, este trabajo lo hizo acreedor al premio nobel en 1921. Sin embargo el efecto fotovoltaico ya fue descubierto muchos años antes sin que nadie pueda explicar con claridad cómo se realizaba, este fue el caso de Edmond Becquerel que según varios registros históricos fue el primer hombre en descubrir dicho efecto en 1839. (Chiriboga, 2009)

El fenómeno fotoeléctrico explica el comportamiento de uno de los componentes básicos de la luz, el fotón. Este al chocar con un metal libera electrones, los cuales generan una corriente eléctrica. La cantidad de electrones liberados depende directamente de la frecuencia de onda de los mismos. A mayor frecuencia, mayor energía liberada, por lo tanto mayor cantidad de electrones. Si se cuenta con una gran cantidad de fotones se obtiene una cantidad de electrones suficientes para generar energía eléctrica de forma continua.

A pesar de que el desarrollo tecnológico de las celdas solares inicia en la década de 1960, las instalaciones solares fotovoltaicas han tenido progresos sustanciales en los últimos años en cuanto a eficiencia, funcionamiento y procesos de fabricación convirtiéndose en una opción viable para remplazar energía renovable por energía fósil (Grupo NAP, 2010).

La conversión de energía solar a energía eléctrica se produce en las celdas fotovoltaicas cuya agrupación (serie-paralelo) forma los denominados paneles solares fotovoltaicos. Las celdas fotovoltaicas están formadas por silicio puro, dopado con impurezas químicas.

El silicio es un elemento químico que posee 14 protones y 14 electrones, los cuales se encuentran distribuidos en sus diferentes capas orbitales. Al combinar silicio puro con otro elemento químico se cambia las propiedades del material y se conoce como material dopado. El boro y el fósforo son los elementos típicamente utilizados para dopar al silicio, la combinación de silicio con boro, es el tipo de material que se lo conoce como positivo o material tipo p. Este material al tener un hueco libre se convierte en un receptor de electrones. Mientras que en la combinación con el fosforo ocurre todo lo contrario y se lo conoce como material negativo o tipo n.<sup>1</sup>

Al realizar la unión de los semiconductores n y p se produce una difusión de electrones desde la cara tipo n hacia la cara tipo p, en la juntura o unión se produce un campo eléctrico entre los dos materiales. Este es el principio de funcionamiento básico de una célula fotovoltaica.

---

<sup>1</sup> El Boro tiene tres electrones y el Fosforo tiene cinco electrones.

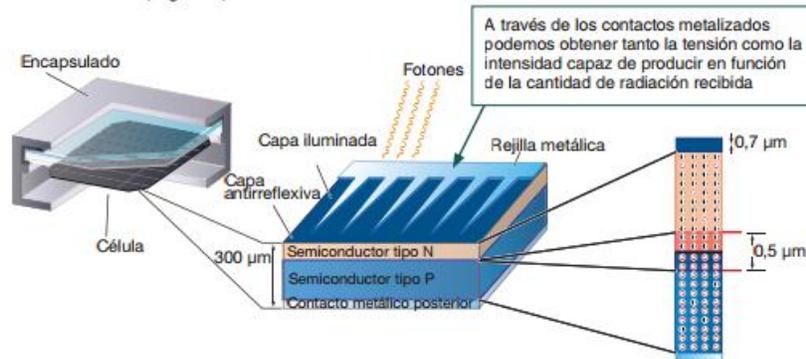


Ilustración 2.2: Célula fotovoltaica. (mcgraw-hill, 2014)

La potencia que puede proporcionar una célula estándar (10x10cm) es aproximadamente de 1 a 2 vatios, por lo que es necesario agrupar varias células para tener la potencia que requerimos, esta agrupación se la puede realizar ya sea en serie como en paralelo dependiendo los requerimientos que debemos cumplir.

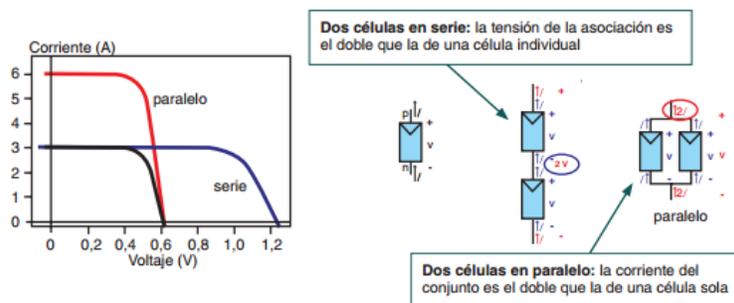


Ilustración 2.3: Conexiones de la Célula Fotovoltaica. (mcgraw-hill, 2014)

Los paneles fotovoltaicos, que constituyen el elemento generador de energía en un sistema, se basan de estos principios básicos para lograr voltajes, corrientes y potencias deseados. Se suma celdas fotovoltaicas hasta obtener el voltaje requerido. Se colocan en paralelo una cantidad de celdas similares para conseguir la corriente deseada con el voltaje establecido. La potencia viene dada en función de la potencia y corriente deseadas.

Un sistema fotovoltaico para generación de energía eléctrica está compuesto por algunos componentes adicionales además de los paneles fotovoltaicos. Entre los componentes principales se destacan un controlador de carga, banco de baterías e inversor. El controlador de carga como su nombre lo indica se encarga de controlar que las baterías no reciban más carga cuando están totalmente



cargadas. El banco de baterías almacenan energía para momentos de poca o ninguna insolación. El inversor transforma la energía eléctrica de corriente continua, en corriente alterna. Los paneles fotovoltaicos se los instala en los techos de las viviendas y junto con los demás componentes del sistema fotovoltaico pueden generar electricidad para distintas aplicaciones, siendo una de ellas el proveer de energía a comunidades o poblaciones totalmente aisladas.

En la siguiente sección se describe un proyecto que se desarrolla en el Ecuador cuyo objetivo es, precisamente, dotar de electricidad a comunidades aisladas de la región amazónica.

## 2.2 PROYECTO YATSA II ETSARI

### 2.2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está ubicado en la provincia de Morona Santiago, las comunidades beneficiarias del Proyecto “Yantsa ii Etsari”, están ubicadas en la región amazónica del área de concesión de la CENTROSUR.

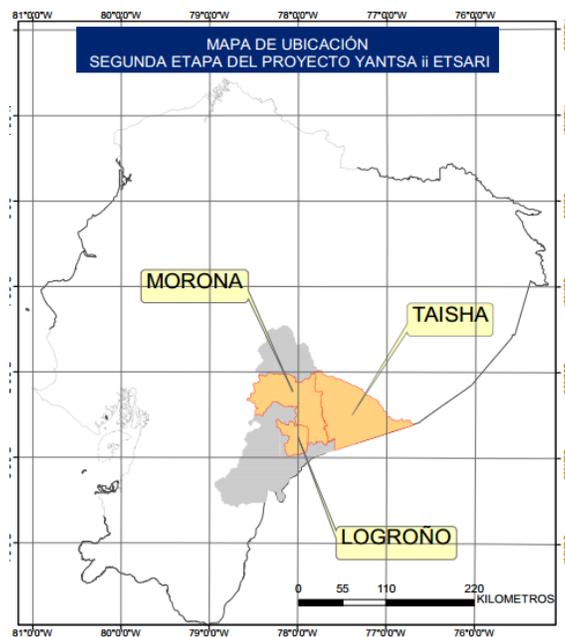


Ilustración 2.4: Ubicación del Proyecto Yantsa Li Etsari. Fuente Empresa Eléctrica Regional Centro Sur S.A.



### 2.2.2 POBLACIÓN

Los habitantes de las comunidades beneficiarias son de origen Shuar y Achuar. La mayor parte de la población está formada por jóvenes y niños, los mismos que mantienen parte de su cultura y costumbres ancestrales.

La comunidad Shuar tiene una población aproximada de 80.000 personas, mientras que los Achuar son alrededor de 12.500 habitantes.

De las cuales 2140 familias de 108 comunidades Shuar y Achuar serán beneficiarias del Proyecto "Yantsa ii Etsari". (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2012)

### 2.2.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Las actividades económicas más relevantes de los habitantes de las comunidades Shuar son: los hombres se dedican a la pesca, cacería, y al construcción de sus viviendas o construcciones para la comunidad.

Mientras que las mujeres se dedican a la cosecha productos como: yuca, "papa china", camote, maní, maíz, palma de chonta y plátano, la mayoría de estos productos nacen de forma natural en esta zona.

La ganadería en esta parte del país es nula al no tener vías de acceso para la comercialización de estos animales.

Los Achuar por su parte viven en armonía con la selva, la selva les provee de todo lo necesario, generalmente viven de la caza y la pesca y los tubérculos que siembran en sus chacras como yuca, camote, papa china, zapallos, el hombre se encarga del desmonte de la tierra destinada al sembrío y las mujeres se encargan de la siembra, las casas Achuar por lo general siempre están situadas en el centro de las chacras.

De igual manera la ganadería es nula.

### 2.2.3 SERVICIOS BÁSICOS

Las comunidades beneficiarias carecen de casi todos los servicios básicos, como por ejemplo:

- No gozan del servicio de agua potable, varias comunidades disponen de un sistema de agua entubada, pero en algunos casos el sistema dejó de funcionar.
- Las viviendas no poseen letrinas, alcantarillado, ni sistemas de aguas hervidas.
- No tienen servicio eléctrico.
- No tienen centros de salud cercanos.
- No existe señal de radio y televisión.



- Las escuelas de las comunidades son muy deficientes en infraestructura, además de existir en la mayoría de ellas un solo profesor.

En las tabla 2.3, se presentan las comunidades beneficiadas y el número de viviendas electrificadas por comunidad, correspondiente a la primera etapa y segunda etapa del proyecto.

Tabla 2.3: COMUNIDADES DEL PROYECTO "YANTSA LI ETSARI" FUENTE: EMPRESA REGIONAL CENTRO SUR C.A.

COMUNIDADES ELECTRIFICADAS CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS				
ORDE N	LOCALIDADES	PARROQUIA	CANTÓN	# BENEFICIARIOS
1	CAYAMENTZA	CHIGUAZA	HUAMBOY A	15
2	CHAPIS	YAUPI	LOGROÑO	10
3	CHATUS	YAUPI	LOGROÑO	12
4	ETSA	YAUPI	LOGROÑO	13
5	KUMPAK	YAUPI	LOGROÑO	13
6	MEJECH	YAUPI	LOGROÑO	14
7	SAN ANTONIO	YAUPI	LOGROÑO	12
8	SAN JOSE DE YAAP	YAUPI	LOGROÑO	28
9	SAN JOSE DE YAUPI	YAUPI	LOGROÑO	7
10	SATAAP	YAUPI	LOGROÑO	5
11	SUCHIN	YAUPI	LOGROÑO	9
12	TASHAPA	YAUPI	LOGROÑO	16
13	TAYUN TSA	YAUPI	LOGROÑO	8
14	TUMPAIM	YAUPI	LOGROÑO	34
15	WAMPINTS	YAUPI	LOGROÑO	11
16	WAMPUTSAR	YAUPI	LOGROÑO	10
17	WAWAIN	YAUPI	LOGROÑO	14
18	CHIKICHIKENTSA	CUCHAENTSA	MORONA	16
19	ANTUASH	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	13
20	CHAPISUANTS	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	6
21	DON BOSCO	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	22
22	ISIDORO	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	9
23	KUAMA	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	11
24	KURINUNKA	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	49
25	NUMPAIM	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	33



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

26	NUWENTS	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	23
27	PANKINTS	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	40
28	SAN JOSE DE KUSUIM	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	21
29	SAN JUAN	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	20
30	SAN MARTIN	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	6
31	SHANKIAM	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	14
32	SHIRAM	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	12
33	SURITIAK	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	12
34	TENTENTS	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	14
35	TSUNKI	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	17
36	TUNTIK	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	14
37	UCHISUANTS	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	13
38	UTSURIENSA	SEVILLA DON BOSCO	MORONA	11
39	UUNTSUANTS	SEVILLA DON BOSCO	TAISHA	4
40	WEE	SEVILLA DON BOSCO	TAISHA	26
41	ARUTAM	HUASAGA	TAISHA	10
42	IPIAK	HUASAGA	TAISHA	25
43	JUYUKAMENTS	HUASAGA	TAISHA	23
44	KAIPTACH	HUASAGA	TAISHA	18
45	KARAKAM	HUASAGA	TAISHA	7
46	KUPIT	HUASAGA	TAISHA	8
47	KURINTSA	HUASAGA	TAISHA	17
48	KURINUA	HUASAGA	TAISHA	17
49	MAMANTS	HUASAGA	TAISHA	3
50	MASHUMAR	HUASAGA	TAISHA	17
51	PATUKMAI	HUASAGA	TAISHA	30
52	PUMPUENTS	HUASAGA	TAISHA	44
53	PUTUIM	HUASAGA	TAISHA	4
54	SAPAP-ENTSA	HUASAGA	TAISHA	39
55	SEBASTIAN	HUASAGA	TAISHA	15
56	SETUCH	HUASAGA	TAISHA	9
57	SHUINMAMUS	HUASAGA	TAISHA	16
58	SURIK NUEVO	HUASAGA	TAISHA	16
59	TARIMIAT	HUASAGA	TAISHA	11
60	TSUNKINTSA	HUASAGA	TAISHA	18
61	WACHIRPAS	HUASAGA	TAISHA	29
62	WAMPUIL	HUASAGA	TAISHA	69
63	WASHINTSA	HUASAGA	TAISHA	6



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

64	WICHI	HUASAGA	TAISHA	34
65	YAMARAM	HUASAGA	TAISHA	5
66	CHIWIANTS	MACUMA	TAISHA	6
67	KARINK	MACUMA	TAISHA	19
68	MAMAYAK	MACUMA	TAISHA	37
69	PAASTAS	MACUMA	TAISHA	8
70	SHUIRPIP	MACUMA	TAISHA	6
71	SURITIAKNUNKA	MACUMA	TAISHA	12
72	CHANKUAP	TAISHA	TAISHA	20
73	CHARAP	TAISHA	TAISHA	7
74	CHIARENTSA	TAISHA	TAISHA	51
75	ISHPINK	TAISHA	TAISHA	20
76	JIMIARENTSA	TAISHA	TAISHA	35
77	KIKINTS	TAISHA	TAISHA	15
78	KUSEANTS	TAISHA	TAISHA	12
79	MASHIANENTSA	TAISHA	TAISHA	10
80	MASHU	TAISHA	TAISHA	12
81	NAMP	TAISHA	TAISHA	10
82	NUPI	TAISHA	TAISHA	10
83	PITIUR	TAISHA	TAISHA	9
84	SAN MIGUEL	TAISHA	TAISHA	11
85	TINTIUKENTSA	TAISHA	TAISHA	35
86	WACHAPA	TAISHA	TAISHA	16
87	WAWAIM	TAISHA	TAISHA	22
88	YAMPUNA SUR	TAISHA	TAISHA	13
89	ANKUASH	TUUTINENTSA	TAISHA	19
90	TUUTINENTSA	TUUTINENTSA	TAISHA	32
91	DOS LAGUNAS	TUUTINENTSA	TAISHA	13
92	ETSA	TUUTINENTSA	TAISHA	23
93	INIAYUA	TUUTINENTSA	TAISHA	13
94	JEMPENTS	TUUTINENTSA	TAISHA	32
95	JIAT	TUUTINENTSA	TAISHA	29
96	KANIATS	TUUTINENTSA	TAISHA	6
97	KAPATINENTSA	TUUTINENTSA	TAISHA	32
98	KAPITIAN	TUUTINENTSA	TAISHA	16
99	KASHAI	TUUTINENTSA	TAISHA	24
100	KUSUIM	TUUTINENTSA	TAISHA	27
101	NAIKAT	TUUTINENTSA	TAISHA	4



102	NAIKINMENTSА	TUUTINENTSА	TAISHA	13
103	NAYANTS	TUUTINENTSА	TAISHA	42
104	NUEVO ISRAEL	TUUTINENTSА	TAISHA	17
105	NUNKUINUNKA	TUUTINENTSА	TAISHA	27
106	PAATINTS	TUUTINENTSА	TAISHA	11
107	PAMPANTS	TUUTINENTSА	TAISHA	55
108	PUKAR	TUUTINENTSА	TAISHA	29
109	PUTUIM	TUUTINENTSА	TAISHA	20
110	PUTUNTS	TUUTINENTSА	TAISHA	31
111	SAN PABLO	TUUTINENTSА	TAISHA	12
112	SANTA ROSA	TUUTINENTSА	TAISHA	11
113	SHIRAM ENTSA	TUUTINENTSА	TAISHA	49
114	TARIMIAT	TUUTINENTSА	TAISHA	7
115	TSENTSAKENTSА	TUUTINENTSА	TAISHA	32
116	TSEREM	TUUTINENTSА	TAISHA	18
117	TUKUPI	TUUTINENTSА	TAISHA	55
118	TUNTIАK	TUUTINENTSА	TAISHA	20
119	WARINTS	TUUTINENTSА	TAISHA	9
120	YAMANUNKA	TUUTINENTSА	TAISHA	30
121	YASNUNKA	TUUTINENTSА	TAISHA	18
122	YAWANTS	TUUTINENTSА	TAISHA	29
123	YURANK	TUUTINENTSА	TAISHA	25

Un total de 108 comunidades de la provincia de Morona Santiago se han beneficiado del servicio de energía eléctrica a través de la instalación de paneles fotovoltaicos, como parte de la segunda etapa del proyecto Yantsa li Etsari de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. a este proyecto se le puede clasificar como sistemas aislados, este tipo de sistemas son utilizados en lugares en donde es muy difícil llegar con la red eléctrica, ya sea por su geografía o por conveniencia del usuario.

Generalmente los Sistemas Fotovoltaicos Aislados (SFVA) son pequeños de baja potencia, hasta microrredes donde el sistema está centralizado y sirve a varios usuarios mediante redes de distribución. En los SFVA, la corriente generada por los paneles se almacena en un banco de baterías a través del regulador de carga que controla el voltaje y la corriente del sistema. La conexión a las cargas en



corriente continua es directa, en tanto que para satisfacer las de corriente alterna se instala un inversor.

El INEN subdivide a los SFVA en:

- **SFVAR** residenciales o domiciliarios: con cargas en CC, CA o mixtas.
- **SFVAC** para uso comunitario: centros de salud, escuelas, casas comunales, iglesias, etc.
- **SFVAE** para usos especiales: telecomunicaciones, bombeo de agua, iluminación pública, sistemas de seguridad, etc.
- **SFVAM** en microredes. Incluye las redes de distribución. Generalmente los SFVA son pequeños de baja potencia, hasta microredes donde el sistema está centralizado y sirve a varios usuarios mediante redes de distribución (Macancela Zhumi, 2012).



Ilustración 2.5: Trabajo de campo, Proyecto Yantsa Li Etsari (Fuente: Trabajo de campo, Autores).

La primera etapa del proyecto “Yantsa ii Etsari” o “Luz de Nuestro Sol”, comprende la implementación de 290 Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios (SFD), el costo del proyecto fue financiado con recursos provenientes del FERUM 2008 y 2010 (Sánchez & Matute, 2011). La segunda etapa fue financiada por FERUM 2010 en esta etapa los domicilios beneficiados son 2060, que brindan solución energética en 108 comunidades Shuar y Achuar, las instalaciones comenzaron el 1 de Marzo del 2011 y terminaron el 30 de Noviembre del 2012. (Udiales, 2012). En la siguiente ilustración se muestra un mapa de la segunda etapa del Proyecto “Yantsa li Etsari”.



Ilustración 2.6: Segunda etapa del Proyecto "Yantsa li Etsari" (Udiales, 2012)

### 2.2.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO (SFD) IMPLEMENTADO

Los SFD correspondientes al proyecto "Yantsa ii Etsari", se implementaron con los equipos y accesorios adquiridos por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, los mismos que cumplen la "Normativa para los diferentes elementos que conforman un sistema fotovoltaico doméstico (SFD)". El sistema implementado se puede apreciar en la Ilustración 2.7, el mismo consta de los siguientes equipos: dos paneles fotovoltaicos, un regulador de carga, una batería, un inversor, y tres luminarias (Macancela Zhumi, 2012).



Ilustración 2.7: SFD implementado en el proyecto "Yantsa Li Etsari" (Macancela Zhumi, 2012).

### 2.2.6 VOLTAJE NOMINAL DEL SISTEMA

Un SFD puede ser diseñado para que funcione con el voltaje adecuado a las necesidades de cada beneficiario, generalmente los sistemas fotovoltaicos aislados funcionan con voltajes de 6, 12, 24, 36 y 48 Vcc, además con la incorporación de un inversor CC/CA se obtienen voltajes de funcionamiento de 110/220 Vca, 50/60Hz, monofásicos o trifásicos según lo requiera el usuario.



Todos los SFD implementados en el proyecto “Yantsa ii Etsari” funcionan con un voltaje nominal en corriente continua de 12 Vcc, además de un voltaje en corriente alterna de 110 Vca, 60Hz (Macancela Zhumi, 2012).

## 2.2.7 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Es la parte más importante en el dimensionamiento de un SFD, para realizar la proyección de la demanda eléctrica, se tiene que conocer la capacidad de los beneficiarios para la adquisición de equipos eléctricos, observar las costumbres de la comunidad a servir, y en base a esto proyectar el uso de luminarias y electrodomésticos.

La Unidad de Energías Renovables (UER) de la CENTROSUR, realizó el estudio correspondiente para realizar la estimación de la demanda de energía eléctrica, para una vivienda típica de una comunidad Shuar, beneficiaria del proyecto “Yantsa ii Etsari”, la proyección de la demanda eléctrica se presenta en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Proyección de la demanda, fuente Centro Sur primera etapa (Macancela Zhumi, 2012).

CÁLCULO DE LA DEMANDA						
ITEM	ARTEFACTO	# Artefactos	Potencia (W)	Tiempo uso (horas / día)	Potencia [W]	Energía (Wh/día)
1	Luminarias tipo LCF (12Vcc)	3	12	5	36	180
2	TV/DVD (120Vca)	1	70	2	70	140
3	Radio (120Vca)	1	20	4	20	80
4	Cargador de pilas (120Vca)	1	10	1	10	10
TOTAL					136,00	410,00

## 2.2.8 USOS DE LA ENERGÍA

En la Tabla 2.5, se presenta el número de artefactos y el tiempo de uso diario de cada uno, para mantener el uso adecuado de la energía generada por el SFD, bajo estas condiciones se garantiza el funcionamiento óptimo del sistema, caso contrario se pueden presentar diversos problemas en su funcionamiento y finalmente originar la salida de operación.



Tabla 2.5: Uso de energía diaria promedio por domicilio (Macancela Zhumi, 2012).

ITEM	ARTEFACTO	Cantidad	P (W)	T. uso (h/día)	Rendimiento	E (Wh/día)
CC	Lámpara Fluorescente (12Vcc)	3	12	5	0,8	225,00
CA	TV/DVD (120Vca)	1	70	2	0,75	186,67
	Radio (120Vca)	1	20	4	0,75	106,67
	Cargador de pilas (120Vca)	1	10	1	0,75	13,33
Total	Energía total necesaria					531,67

## 2.2.9 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SFD IMPLEMENTADO

Cada sistema está concebido de tal modo que, pueda brindar a los hogares beneficiados el servicio de iluminación y el consumo de un artefacto en C.A. de baja potencia, además tiene características especiales y una capacidad limitada (Ver Tabla 2.6).

Tabla 2.6: Características principales del SFD (Macancela Zhumi, 2012).

Descripción	Cantidad	Unidad
Potencia del sistema (paneles)	2x75=150	Wp
Capacidad de la batería	150	Ah
Profundidad de descarga (batería)	60	%
Capacidad útil (batería) 150*0.6	90	Ah
Voltaje del sistema en CC	12	Vcc
Voltaje del sistema en CA	110	Vca
Capacidad Disponible [Ah*Vcc]	1.080	Wh/día
Carga permitida en CC	225	Wh/día
Carga permitida en CA	306,67	Wh/día
Consumo total por día	531,67	Wh/día

La energía total disponible en la batería es de 1.080Wh, sin embargo, no se puede utilizar toda esta capacidad en un solo día, por lo que es necesario el uso racional de la energía almacenada por el sistema fotovoltaico, en función de lo cual se ha establecido el circuito básico por cada vivienda y la recomendación de uso indicada.

Al ser comunidades de difícil acceso, el proyecto Yantsa Li Etsari presenta retos importantes para ser sostenible en el tiempo. A más de la necesaria capacitación al usuario sobre el consumo racional y eficiente de la energía o el funcionamiento



mismo del SFV (paneles, baterías, etc.), el seguimiento al proyecto de parte de la Centro Sur es complejo ya que la distancia y el complicado acceso impiden que los técnicos puedan realizar las actividades de mantenimiento necesarios. Los factores que influyen en esta problemática es la falta de continuidad en el transporte fluvial y el excesivo costo que representa la movilidad a través de los ríos utilizando las canoas convencionales, por lo tanto será de suma importancia que se considere la incorporación de Lanchas Solares dentro del proyecto Yantsa li Etsari, ya que con esto se podrá disponer de un transporte fluvial más constante, amigable con el medio ambiente sin producir contaminación ni ruidos y que dará mayor relevancia a dicho proyecto.

En la siguiente sección se hace un recuento del estado del arte del transporte fluvial utilizado en lanchas solares, lo que ayudará a tener una idea sobre sistema que se pretende incorporar en la región Sur de la Amazonia del Ecuador.

### **2.3 ESTADO DEL ARTE DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA NÁUTICA**

Los barcos eléctricos han sido utilizados durante más de 120 años. Los barcos eléctricos tuvieron gran importancia en las décadas de 1880 hasta la década de 1920, cuando no había problemas ambientales. Después repuntó el motor de combustión interna, hasta que de nuevo ha surgido con fuerza tras las crisis de los combustibles fósiles de la década de 1970, al ser una fuente renovable de energía marina, especialmente con la posibilidad de utilizar células solares. El primer barco solar práctico se construyó en 1975 en Inglaterra. (Wikipedia, 2014)

En los Estados Unidos los motores eléctricos solo eran usados para los submarinos, en tanto estén bajo el agua y para la superficie usaban diésel, entonces crearon el sistema combinado diésel-electricidad.

El uso de combustible combinado y la propulsión eléctrica gradualmente se ha extendido en los últimos años hasta el punto de que algunos trazadores de líneas modernas, como el Queen Mary (Wikipedia, 2014), que usa motores eléctricos, que a su vez son propulsados por motores diésel y turbinas de gas. Las ventajas incluyen el ser capaz de tener una velocidad óptima en todo momento y tener una mayor maniobrabilidad.



Hoy en día la movilidad eléctrica náutica es de gran importancia para la conservación del medio ambiente. Con esta nueva tecnología la contaminación en el agua va a ser menor, pues los motores eléctricos no contaminan el agua.

Este tipo de motores tienen las siguientes ventajas:

- No emiten gases de escape.
- No se derrama combustible al agua al llenar el depósito.
- No se fuga aceite del circuito de refrigeración al agua.
- No emiten ruido.
- Pueden ser alimentados por energías renovables (ej. paneles solares/baterías) (Torquedo, 2014)

Para las pequeñas embarcaciones se crearon los motores fuera de borda eléctricos, y motores de arrastre. Estos requieren de baterías externas, pero son prácticamente elementos de una sola pieza. La mayoría de los motores fuera de borda eléctricos disponibles no son tan eficientes, siendo usadas más comúnmente para los pescadores de la navegación interior y también para el turismo. Estos motores son silenciosos y no contaminan el agua o el aire, para que no se asuste o dañan a los peces, aves y otros animales salvajes.

### **2.3.1 TECNOLOGÍAS DE MOVILIDAD ELÉCTRICA QUE EXISTEN PARA SUSTITUIR LOS COMBUSTIBLES FÓSILES EN APLICACIONES NÁUTICAS**

Existen diversas tecnologías de disminución de combustibles fósiles para la movilidad eléctrica, a continuación expondremos las siguientes:

#### **2.3.1.1 MOTORES ELÉCTRICOS**

El uso de motores eléctricos es una gran alternativa para la movilidad eléctrica náutica, debido a que se reduce ostensiblemente la contaminación, estos proyectos con motores eléctricos avanzan poco a poco debido al elevado precio que tienen con relación a los motores convencionales, el proyecto ha avanzado más en movilidad terrestre con respecto de la movilidad náutica, aunque los motores eléctricos ya hayan sido usados en embarcaciones desde hace algunos años atrás, ahora ha recuperado fuerza debido al tema ambiental.

Dentro de esta tecnología de motores eléctricos fuera de borda ha habido un gran desarrollo, ya que se ha mejorado el diseño y se ha reducido ostensiblemente la contaminación ambiental.



Un buen ejemplo de esta nueva tecnología en motores eléctricos son los motores Torqeedo, no emiten gases de escape ni gases de efecto invernadero cuando están en marcha. Además, y lo que es más importante, el ciclo de vida del producto es modélico desde el punto de vista de las emisiones (Montalvo, 2014).

Por otra parte, estos motores son más ecológicos que otros motores cuando están en funcionamiento. Por poner un ejemplo, un viaje de estos motores recorre más de 10 millas marinas con una batería que tenga una carga energética equivalente a 40 gramos de gasolina. (Montalvo, 2014). Otra de las ventajas de estas nuevas tecnologías es como se mencionó antes no producen ruido ni malos olores en comparación a los motores que usan combustibles fósiles.

### **2.3.1.2 SISTEMAS HÍBRIDOS (ELÉCTRICO-DIÉSEL)**

Los sistemas híbridos han dado solución a la movilidad náutica en algunos países, ya que estos sistemas reducen la contaminación y nos brindan dos opciones de combustible, aunque lo ideal es tener cero niveles de contaminación.

Estos sistemas consisten en un agente auxiliar de diésel que reemplaza al sistema eléctrico en momentos de carga de la batería, mantenimiento, o por algún tipo de falla. El motor diésel se instala con el propósito principal de la carga de los bancos de baterías y el motor eléctrico con el de propulsión (Wikipedia, 2014).

Existe cierta reducción en la eficiencia si es un viaje de largas distancias, en comparación con el poder que tiene el diésel, ya que primero se convierte en electricidad y luego al movimiento, hay un equilibrio de ahorro cada vez que hay viento, se utilizan vela y baterías solares cargado para maniobrar y para trayectos cortos sin usar el diésel. Los principales problemas de este tipo de tecnología son el peso y costo de instalación, sigue siendo una tecnología cara a corto plazo, pero su inversión es recuperable a largo plazo (Wikipedia, 2014).

### **2.3.1.3 BARCOS ELÉCTRICOS CON CABLE**

Una categoría especial de barcos eléctricos son los buques que reciban su energía eléctrica mediante alimentación por conductores. Uno o dos cables están fijados sobre el agua y el barco puede entrar en contacto con ellos para recibir la corriente eléctrica.

En caso de tener un solo conductor el circuito eléctrico tiene que ser cerrado por la propia agua, dando lugar a una resistencia más grande y a una corrosión de los electrodos. En el caso de dos cables sin corriente eléctrica tienen que ser enviado a través del agua, por alambres gemelos, que causan un corto - circuito siempre que entren en contacto uno con otro, complican la construcción (Wikipedia, 2014).



Naturalmente, el barco tiene que estar cerca del conductor y, por tanto, se limita en su capacidad de maniobra. En los transbordadores y en los canales estrechos esto no es un problema. El Straussee Ferry<sup>2</sup> (Ilustración 2.8) en Strausberg, Alemania es un ejemplo. Se cruza un lago lo largo de una trayectoria 370 m. Está alimentado por 170 V de un solo cable aéreo. En el túnel Mauvages (fr) en el canal de Marne - Rhine una línea aérea bipolar proporciona 600 V DC a un remolcador eléctrico, tirando de sí mismo y varias naves a través del túnel de 4.877 metros a lo largo de una cadena sumergida. Esto evita la acumulación de los gases de escape diésel en el túnel. Otro ejemplo fue el Teltow remolcador eléctrico experimental (de) en el Kleinmachnower Sede, 17 km al sur - oeste de Berlín. Fue utilizado desde 1903 hasta 1910 y había postes de recogida actuales basados en los utilizados en los trolebus. (Wikipedia, 2014)



Ilustración 2.8: Straussee Ferry (Wikipedia, 2013).

### 2.3.1.4 BARCOS ALIMENTADOS POR ENERGÍA SOLAR

La historia muestra que los barcos no son nada nuevo, pero los sistemas de transmisión de energía solar son una innovación en el transporte marítimo. Tener generadores solares a bordo de la embarcación permite la independencia de la toma de corriente.

---

<sup>2</sup> El Straussee Ferry es un servicio de transbordó de pasajeros para el agua usado en ciudades de Alemania (Verkehrsverbund, Berlín, Brandenburg), la ruta es Verkehrsverbund, Berlín-Brandenburg, este servicio puede transportar hasta 100 pasajeros a la vez. El Straussee Ferry es accionado eléctricamente, con un suministro de energía de 170 voltios (Wikipedia, 2013).



Las plantas solares producen una fuente segura y autosuficiente de energía. Son sistemas de propulsión sin emisiones que no sólo protegen el medio ambiente, sino que aumentan la calidad de la experiencia de navegación. Podemos citar como ejemplo, en las áreas protegidas, es posible acercarse a los pájaros desde el agua muy de cerca.

Existe un par en todo el rango de velocidad, de manera que grandes diámetros de la hélice pueden ser conducidos lentamente. Por lo que los temblores, ruidos y el hedor de la combustible se eliminan, y con ello se puede disfrutar mejor del paseo. El mundo animal hermoso apenas se altera y se puede observar desde una distancia corta.

Los barcos impulsados por energía solar han sido utilizados con éxito en el mar, en embarcaciones más pequeñas también se han usado especialmente en lugares protegidos por su biodiversidad, es el caso de la embarcación eléctrica construida en las islas Galápagos “Solaris”<sup>3</sup>.

La energía solar puede ser aprovechada para los viajes sin restricciones de yates de vela más grandes si se utiliza un generador de aceite vegetal. Para las maniobras de puerto, etc. Las baterías cargadas con energía solar, son suficientes.

Un barco propulsado por energía solar es un vehículo solar marino. La luz solar disponible se convierte en electricidad por las células solares, almacenados temporalmente en baterías de acumuladores, y se utiliza para conducir una hélice a través de un motor eléctrico. Los niveles de potencia son usualmente del orden de unos pocos cientos de vatios a unos pocos kilovatios. Barcos impulsados por energía solar comenzó a ser conocido en todo 1985 y en 1995 aparecieron los primeros barcos de pasajeros solares comerciales.

El primer viaje en el Océano Atlántico se logró en el invierno de 2006/2007 (Wikipedia, 2014) por el catamarán solar.

### **2.3.2 COMPONENTES IMPORTANTES DE UN BARCO O BOTE SOLAR**

---

<sup>3</sup> Solaris es la primera embarcación de energía completamente limpia en Galápagos, es un proyecto impulsado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, la embarcación cuenta con: ocho paneles solares que alimentan al motor y a todos los aparatos electrónicos en su interior, tiene una capacidad para 11 personas y una velocidad de 7 nudos (Ambiente, 2014).



Entre estos componentes está el motor y el banco de baterías así como los sistemas de tracción y control de la embarcación. A continuación describiremos todos los componentes que interfieren en la movilidad de una lancha eléctrica.

### **2.3.2.1 MOTORES FUERA DE BORDA E INTRABORDAS**

La motorización intraborda se caracteriza porque la instalación del motor tiene lugar en el interior del barco, más concretamente, en un compartimento previsto para este efecto.

Por lo general, el motor intraborda se instala en el fondo del casco sobre unas patas flexibles que permiten amortiguar los movimientos y los golpes.

El par motor de la hélice de propulsión es transmitido mediante un eje de hélice que atraviesa el casco. Para asegurar la estanquidad de este punto, se utiliza una prensa estopada.

Por el contrario los motores fueraborda, se instalan en el exterior del barco, en el espejo de popa.

Un motor fuera de borda, es un motor de explosión que se instala en la parte exterior de una embarcación y que, provisto de una hélice, permite la impulsión y dirección de esta misma.

Los motores fuera borda se componen de un motor, situado en la parte superior del conjunto, un sistema de engranajes y un sistema de propulsión que se dispone en la parte inferior sumergida. Los motores fuera de borda se diseñan para instalarse en el montante de la popa de embarcaciones de pequeño tamaño, y pueden pivotarse horizontalmente de manera que sirven como timón, incluso con el motor apagado, para dirigir la navegación.

También es posible su movimiento en inclinación vertical lo que permite maniobrar el cuerpo de la embarcación, sumergiéndolo o elevando la quilla. Otra característica es su facilidad para desmontarse de la embarcación, facilitando su transporte para por ejemplo, guardarlo o su reparación de un motor.



Ilustración 2.9: Motores fuera de borda en la Amazonia Ecuatoriana (Trabajo de campo, Autores).

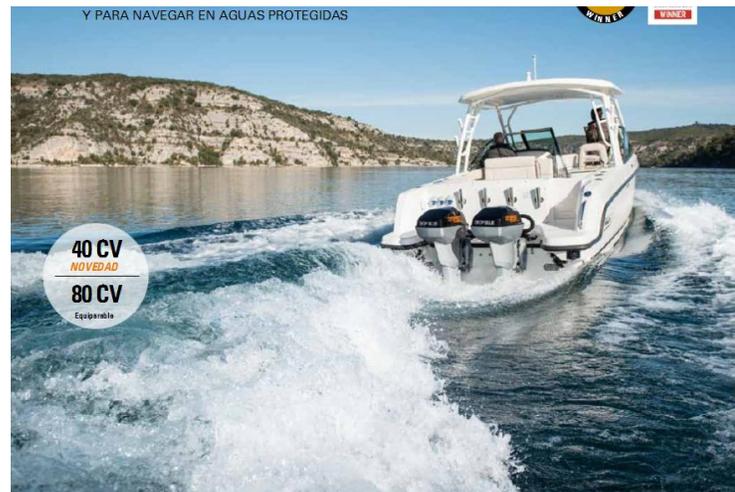


Ilustración 2.10: Motores fuera de borda en el exterior (Torqueado, 2014).

### 2.3.2.2 OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN UN BOTE SOLAR: BATERÍAS DE LITIO Y PLOMO-ÁCIDO

Una celda de litio es una celda galvánica primaria (desechable o no recargable) que tiene el ánodo de metal de litio o compuestos de litio. Se distinguen de otras baterías en su alta densidad de carga (larga vida), alto costo por unidad. En este tipo de baterías el metal es más ligero y esto da lugar a una alta capacidad específica, lo que permite obtener la misma energía con un peso muy inferior. Dependiendo de los compuestos de diseño y químicos utilizados, las células de litio pueden producir voltajes de 1,5 V a aproximadamente 3,7 V (Ciencia y Empresa, 2009).

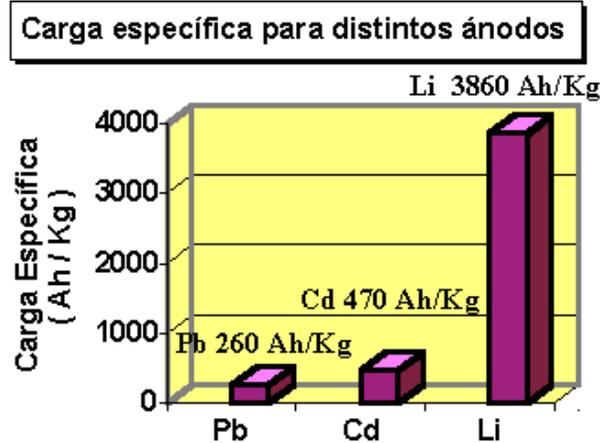


Ilustración 2.11: Baterías de litio funcionamiento (Ciencia y Empresa, 2009).

Uno de los principales problemas de las primeras baterías de litio se produjo porque en ellas el ánodo es de metal de litio y nos es muy seguro, por este motivo se desarrolló las baterías de ion litio, son baterías recargables en las cuales los iones de litio se mueven entre el ánodo y el cátodo, utilizando un compuesto de litio intercalado como material del electrodo, en lugar del litio metálico, utilizado en baterías de litio.

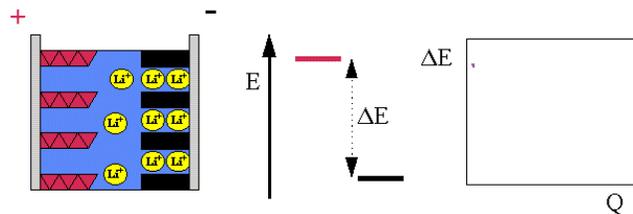


Ilustración 2.12: Baterías de litio funcionamiento (Ciencia y Empresa, 2009).

Además de sus características técnicas, la tecnología de litio es de las más versátiles y puede llegar a encontrar aplicaciones comerciales en muy distintos ámbitos, desde los que requieren pequeñas y delgadas microbaterías hasta baterías de alta capacidad y reducido peso para automóviles y también utilizadas con gran efectividad en embarcaciones eléctricas. Finalmente, y a diferencia del plomo o cadmio, los materiales que componen las baterías de litio más prometedoras no representan un problema de posible contaminación ambiental.

Por el contrario las baterías de plomo-acido todavía son una opción muy viable en este momento. Por otra parte las baterías de ciclo profundo sería una opción más viable, estas son pesadas y voluminosas, pero no mucho más que el motor diésel,



tanques y accesorios que puedan reemplazar. Tienen que ser montadas con seguridad, situadas en el centro del barco. Es esencial que no puedan moverse en cualquier circunstancia. Se debe tener cuidado de que no hay riesgo de que el ácido fuerte se derrame en caso de un vuelco o de algún accidente, ya que esto podría ser muy peligroso. La ventilación de los gases de hidrógeno y oxígeno explosivos también es necesaria. Las baterías de plomo-ácido típicas se deben mantener en marcha cubierta con agua destilada (Ciencia y Empresa, 2009).

Baterías reguladas por válvula de plomo - ácido reducen al mínimo el riesgo de derrame, y los gases se ventilan sólo cuando se carguen las baterías. Estas baterías requieren un mantenimiento mínimo.

Las baterías de Hidruro de metal de níquel, de iones de litio y otras baterías de estado sólido están disponibles, pero siguen teniendo un elevado costo.

El tamaño del banco de baterías se determina según el rango de la embarcación con la energía eléctrica que necesita. La velocidad que el barco necesita también es un parámetro muy importante, una velocidad más baja puede hacer una gran diferencia en la energía necesaria para mover un casco. Otros factores que afectan la dimensión del banco de baterías es el estado del mar (o río), la velocidad del viento, si la embarcación tiene un sistema de velas o motores auxiliares (Ciencia y Empresa, 2009).

### **2.3.2.3 SISTEMAS DE TRACCIÓN**

La tracción en las embarcaciones solares no se basa en la fuerza del agua, en remos o en motores de combustión de combustibles fósiles, la tracción de estas embarcaciones estará basada en motores con energía limpia, respaldada por baterías que serán colocadas en la embarcación las mismas que proporcionarán la energía a los motores para que estos den movimiento a la embarcación. Estas baterías serán cargadas a base de energía solar, para su carga se utilizarán paneles solares y de esta manera se conseguirá optimizar el servicio, disminuyendo el ruido del motor y lo más importante disminuyendo ostensiblemente la contaminación que se da con los motores que usan combustibles fósiles, motores fuera de borda, Ilustración 2.13.



Ilustración 2.13: Motores usados en las comunidades Shuar, (Trabajo de campo, Autores).

Lo que proponemos en el proyecto de tesis “Estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental de lanchas solares para transporte en los ríos de la Amazonía sur del Ecuador” es cambiar la manera de propulsión de las embarcaciones (mediante motores que utilizan combustibles fósiles) a motores que usen sistemas solares, ya que el medio fluvial es la manera más sencilla de moverse para las comunidades de la Amazonia sur del Ecuador, Ilustración 2.14.



Ilustración 2.14: Movilidad en las comunidades Shuar (Trabajo de campo, Autores).



### 2.3.2.4 SISTEMAS DE CONTROL

El ordenador está integrado en la palanca de acelerador del Crucero o en la caña del timón del Crucero, este analiza y combina las informaciones del motor, de las baterías y del GPS para darle el movimiento y la dirección a la embarcación.

El consumo del motor y los datos de velocidad que proporciona el GPS son siempre precisos, al igual que los datos de la batería si el Crucero es utilizado conjuntamente con la batería Power 26-104 (Montalvo, 2014), ya que ambos dispositivos se comunican entre sí, con lo que dispondrá siempre de los datos más actuales. Si el Crucero se alimenta con otro tipo de baterías, la información relativa al nivel de carga (y, por consiguiente, también a la autonomía restante) será una estimación en base a las informaciones indicadas en la batería, que deben introducirse en el sistema a través del menú de configuración.

Como se mencionó, uno de los principales medios de transporte en la zona es el fluvial, aspecto que se detalla en el siguiente capítulo considerando factores como movilidad, navegabilidad de los ríos, costos por transporte, etc.

## CAPÍTULO 3

### DEMANDA DEL TRANSPORTE FLUVIAL EN LOS RÍOS DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

En la Zona de estudio hay un solo puerto fluvial de carácter binacional que forma parte del Eje Vial No. 5. Se localiza en San José de Morona, a orillas del río del mismo nombre y sirve de conexión hacia el río Amazonas. Sin embargo, existen otras pequeñas redes de transporte fluvial, especialmente aquellas que se localizan en el cantón Taisha. Es de mucha importancia mejorar la accesibilidad a las comunidades amazónicas, por lo tanto se debe aprovechar la ventaja estratégica que constituyen los ríos navegables en Morona Santiago para así desarrollar el transporte fluvial.

La demanda de este tipo de transporte está dada por la necesidad de movilización de personas que habitan cerca las riveras de los ríos, funcionarios públicos (educación, agricultura, salud, Municipio, etc.), e incluso en un futuro habría potencial para promover paseos turísticos dentro de la región. Por ello, se considera importante hacer una propuesta que ayude a la movilidad de los pobladores de estos territorios mediante “Lanchas Solares”, para hacer un traslado



seguro, eficiente y amigable con el ambiente ya sea para llegar a sus respectivos hogares o realizar el transporte de productos que se cultivan en dichas áreas para su correspondiente comercialización.

Esta propuesta podría ser parte de un plan de gestión socio ambiental que promueva un uso correcto de los recursos naturales en la zona, planteando a la movilidad fluvial sostenible como una de las soluciones para disminuir la pobreza sin causar daños al entorno.

### 3.2 CONECTIVIDAD FLUVIAL EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO

El medio de navegación que más emplean los habitantes del lugar es la canoa y en una escala no muy significativa utilizan también la balsa (Ilustración 3.1). Básicamente la canoa se construye con el tronco cavado de varios árboles o son armadas con tablones de madera, mientras que la balsa se la construye uniendo cinco o más pequeños troncos y en cada uno se clavan dos estacas de manera que se crucen, finalmente se amarran todos los troncos a 2 travesaños con varios bejucos o fibras.



Ilustración 3. 1: Canoa y Balsa para transporte en la Amazonía (Trabajo de campo, Autores).

#### 3.2.1 CONECTIVIDAD FLUVIAL EN LOS VALLES SUBANDINOS

Entre la cordillera Oriental de los Andes y las cordilleras Kutukú y El Cóndor se encuentran 6 Valles Subandinos en los que se asientan 10 de los 12 cantones de la provincia de Morona Santiago:

- Valle del río Palora, cantones Palora y Pablo VI.
- Valle del río Chiguaza, Cantón Huamboya.



- Valle del río Upano, cantones Morona, Sucúa, Logroño y Méndez.
- Valle del río Namangoza, cantones Méndez y Limón Indanza.
- Valle del río Zamora, cantones Limón Indanza, San Juan Bosco y Gualaquiza.
- Valle del río Bomboiza, cantón Gualaquiza.

Cabe mencionar que los ríos Palora y Chiguaza desembocan en el río Pastaza; el río Upano que nace en la cordillera Oriental de los Andes en el sector de las lagunas de Atillo, pasa por los cantones Morona, Sucúa, Logroño y Méndez, donde en el sector de Bella Unión se une con el río Paute formando el río Namangoza, el mismo que cruza el cantón Limón Indanza, donde se une con el río Zamora que viene desde el Sur y forman el río Santiago, que se dirige hacia el Este de la Llanura Amazónica.

### **3.2.2 CONECTIVIDAD FLUVIAL EN LA LLANURA AMAZÓNICA**

En la Llanura Amazónica se ubican los cantones Twintza y Taisha. Desde el año 2011 Twintza cuenta como medio de acceso la Vía Transversal Austral – E40; internamente utiliza las vías fluviales y senderos para la comunicación entre las Comunidades.

El cantón Taisha; tiene su conexión con los Valles Subandinos a través del transporte aéreo y vía fluvial accediendo por el río Morona para conectar con la Vía Transversal Austral – E40, misma que es parte de la Red Vial Estatal de Morona Santiago (Ilustración 3.2).





- Yamanunka
- Wichimi

Los “Puertos” de embarque más importantes que se encuentran en la zona Transkutukú son:

### **Cantón Taisha**

- Puerto Playa: ubicado en la parroquia Tuutintsá a orillas del río Cangaime.
- Puerto Yamanunka: ubicado en la comunidad del mismo nombre a orillas del río Macuma.
- Puerto Sapakpentsá: Ubicado en la comunidad del mismo nombre a orillas del río Macuma.
- Puerto Wichimi: Está en la zona Achuar a orillas del río Wichimi.

### **Cantón Twintza**

- Puerto Yaupi: ubicado en la comunidad de Jempekat junto al puente de la Vía Austral 40 sobre el río Yaupi.
- Puerto Morona, ubicado en la Comunidad San Pedro de Morona, donde la Vía Austral 40 cruza el río Morona, aquí hay un puente colgante para el paso de peatones y carros pequeños, los carros grandes cruzan en gabarra (Ilustración 3.3).

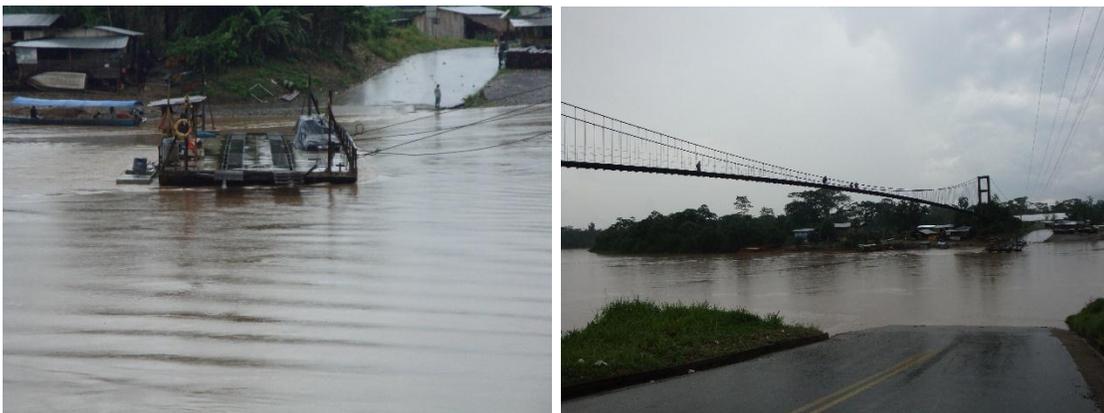


Ilustración 3.3: Gabarra para cruzar carros por el río Morona (Trabajo de campo, Autores).

- Puerto Morona se encuentra aproximadamente a 2 km del límite con Perú.



- Puerto Kashpaim, en la parroquia San José de Morona, a orillas del río Morona, junto a Vía Austral 40 (Ilustración 3.4).



Ilustración 3.4: Puerto Kashpaim (Trabajo de campo, Autores).

### **Cantón Gualaquiza.**

- Puerto Proveeduría ubicado en la comunidad del mismo nombre a orillas del río Zamora, desde este puerto también se accede al río Bomboiza.

En todos estos puertos hay servicios de canoas que cumplen turnos de transporte, las embarcaciones tienen la capacidad de hasta 24 pasajeros; los problemas presentes en este sistema son: la falta de seguridad para los pasajeros y el estado de las canoas.

Por otro lado, las comunidades ubicadas a las orillas de los ríos, cuando el caudal lo permite, se comunican con otras comunidades en pequeñas canoas.

### **3.3 CASO DE ESTUDIO: MOVILIDAD FLUVIAL EN EL PROYECTO YANTSA II ETSARI.**

Como se mencionó en el capítulo 2, el proyecto Yantsa li Etsari beneficia principalmente a las comunidades Shuar y Achuar, que están ubicadas en la región amazónica (provincia de Morona Santiago), asentadas en lugares alejados rodeados de montañas y a orillas de los ríos Mangosiza y Kusuime.

Es de suma importancia que el proyecto continúe operando normalmente y pueda extenderse para que más habitantes de la zona se beneficien accediendo a energía sostenible y mejorando sus condiciones de vida. La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., encargada de manejar la concesión del servicio eléctrico en esa zona, tiene el compromiso de ayudar en el mantenimiento



permanente de los sistemas fotovoltaicos adquiridos e instalados por cada familia de la región.

Los sistemas instalados de este proyecto se encuentran muy aislados y en lugares de difícil acceso para el personal de mantenimiento de la Centrosur quienes arriban a las comunidades por diferentes medios de transporte entre los que se destaca el fluvial, por medio de lanchas con motores fuera de borda. Frente a ello, se plantea implementar una solución de movilidad sustentable a través de las denominadas “lanchas solares” que faciliten el acceso a las comunidades situadas principalmente en la cercanías de los ríos.



Ilustración 3.5: Vivienda beneficiada por el proyecto Yantsa Li Etsari (Trabajo de campo, Autores).

Por ejemplo, para acceder a las comunidades más lejanas río arriba desde el puerto Kashpaim, se tiene que navegar durante aproximadamente 10 horas, lo que representa un gasto significativo que tiene que cubrir la Empresa para que su personal tenga la facilidad de ingresar a realizar sus correspondientes actividades de inspección y mantenimiento. A ello se suma el hecho de que el medio de transporte utilizado genera impactos socio-ambientales significativos en la zona, lo cual se detalla en la siguiente sección.

La movilidad fluvial a través de lanchas solares, propuesta en el presente proyecto, representa una buena alternativa que proporcionará comodidad a los que se beneficien de su aplicación (en especial a los pueblos aislados de los servicios básicos) sin alterar las condiciones de la selva que los rodea.

### **3.4 PROBLEMÁTICA QUE SE PRESENTA AL UTILIZAR EL SISTEMA DE TRASPORTE ACTUAL**



En la actualidad el medio de transporte fluvial que utilizan los habitantes asentados a orillas de los ríos, es a través de canoas de distintos tamaños, ya sean estas de madera, aluminio o de un material similar. El sistema que emplean para su movilización, a pesar de ser ampliamente difundido, presenta muchas debilidades que con el pasar del tiempo pueden causar inconvenientes en su entorno natural.

Por lo general, en la elaboración de las canoas se utiliza como materia prima la madera que es extraída de plantas endémicas de la zona como canelón, ceibo, caoba etc. En general se talan árboles de grandes tamaños entre 2-4 metros de diámetro, que alcanzan hasta 40 metros de altura, que toma un tiempo aproximado de 40 años para alcanzar este desarrollo (FUNDACION PROBOSQUE, 2010).

En la Ilustración 3.6 se puede observar la magnitud de estas especies de plantas que se talan para la extracción de la materia prima.



(a)

(b)



(c)

**Ilustración 3.6:** (a) Planta de Canelón (EL ESPECTADOR, 2013), (b) Planta de Caoba (ProPurús, 2012), (c) Ceibo Gigante de la Amazonía Ecuatoriana (Trabajo de campo, Autores).

La existencia de los árboles en el ecosistema juega un papel muy importante para la vida en la Tierra, ya que estos son el hábitat de numerosas especies, reducen la erosión del suelo y realizan el proceso de fotosíntesis que consiste en captar la luz solar por medio de la clorofila, absorbe el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) del aire, para luego transformarlo en glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), que es el eslabón inicial para el procesamiento de sustancias alimenticias como por ejemplo: azúcares, almidón. Mediante dicho proceso biosintético, también se libera oxígeno necesario para la respiración de los seres vivos (Zacarías, 2010).



Existen cálculos diversos respecto a la absorción de CO<sub>2</sub> de un árbol y que depende del tipo de especie. Las cifras varían entre “10kg a 30kg” (proTierra, 2014) por árbol y año. Un árbol en sus primeros años de vida absorbe poco CO<sub>2</sub>. Después, en la fase de crecimiento, la capacidad de absorber CO<sub>2</sub> incrementa de forma drástica. En esa fase y hasta más allá del décimo octavo año de vida, el árbol absorbe grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. Una hectárea de árboles produce oxígeno suficiente para 40 personas (Elena, 2010)

La mayoría de las unidades fluviales o canoas que operan dentro de los puertos son de un diseño estándar con pocas variaciones que las diferencian (Ilustración 3.7).

Una desventaja de las pequeñas embarcaciones hechas de madera, es que no son lo suficientemente resistentes, pues son vulnerables a sufrir fisuras cuando estas chocan o rozan con bancos formados ya sea con piedras, troncos, arena, etc., que se presentan con mayor frecuencia en los caudales más bajos de los ríos.



Ilustración 3.7: Canoas artesanales convencionales utilizadas para la navegación (Trabajo de Campo, Autores).

Este tipo de canoas tienen aproximadamente una duración de tres años y sería perjudicial que se dé un crecimiento incontrolado del uso de las vías fluviales y la cantidad de embarcaciones que impactarían de manera negativa en la flora, fauna acuática y en general al entorno natural de la Amazonia. Con respecto a estas embarcaciones se establecen algunos aspectos que son un problema dentro del sistema actual de transportación fluvial en la Amazonia.

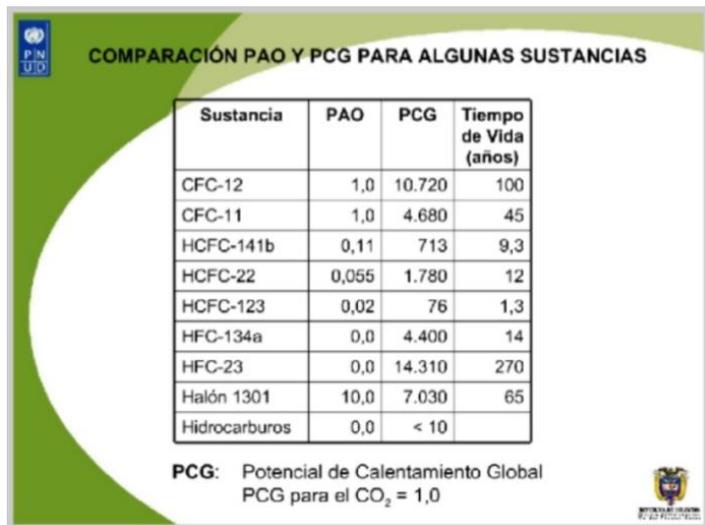
### 3.4.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Uno de los principales problemas del sistema actual de transporte fluvial es que para movilizar las pequeñas embarcaciones es necesario el uso de motores fuera de borda que normalmente funcionan con combustibles fósiles (gasolina).

Como se conoce, los combustibles fósiles son una fuente de energía importante dentro de la industria, sin embargo su uso ha generado un impacto ambiental significativo, debido a que la maquinaria y el transporte actual funcionan por combustión (mezcla de aire e hidrocarburos y calor), la cual genera, además del CO<sub>2</sub> (gas de efecto invernadero), una gran cantidad de gases tóxicos como: Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y el más dañino denominado Material Particulado (MP) compuesto de hollín, hidrocarburos condensados y compuestos de azufre. La exposición prolongada a estas sustancias puede causar cáncer, irritación en las vías respiratorias por la presencia de SO<sub>2</sub>, así como lluvia acida (Adonaí Zapata Gordon, 2012)

En el Tabla 3.1 se presentan indicadores que ciertas sustancias ocasionan al medio en un lapso determinado de tiempo.

Tabla 3.1: Comparación entre PAO (potencial de agotamiento del ozono) y PCG (Potencial de calentamiento global). (Adonaí Zapata Gordon, 2012)



Sustancia	PAO	PCG	Tiempo de Vida (años)
CFC-12	1,0	10.720	100
CFC-11	1,0	4.680	45
HCFC-141b	0,11	713	9,3
HCFC-22	0,055	1.780	12
HCFC-123	0,02	76	1,3
HFC-134a	0,0	4.400	14
HFC-23	0,0	14.310	270
Halón 1301	10,0	7.030	65
Hidrocarburos	0,0	< 10	

PCG: Potencial de Calentamiento Global  
PCG para el CO<sub>2</sub> = 1,0

Además de esto también es común el derramamiento de aceite, combustible y otros lubricantes en los ríos, por lo que este tipo de motores no son deseables en la región por el daño que causan al medio ambiente (Ilustración 3.8).

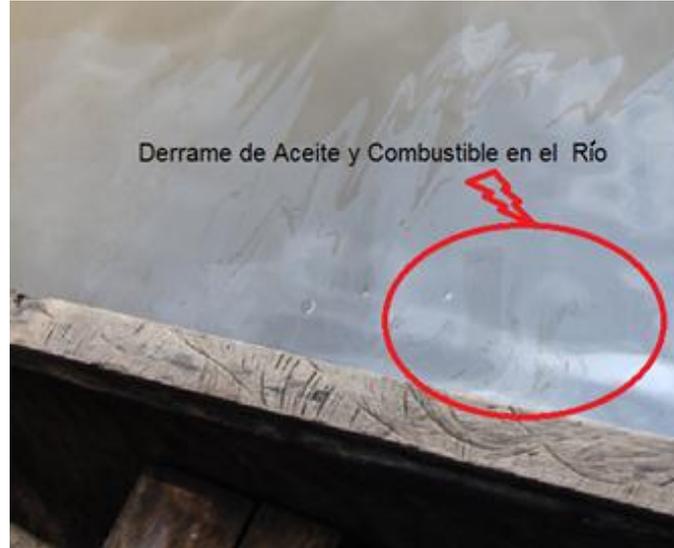


Ilustración 3.8: Contaminación del agua por derrame de aceite y combustible. (Trabajo de Campo, Autores).

Otro inconveniente respecto al consumo de combustible es que en los viajes con trayectos largos, se requiere trasladar reservas de combustible, esto significa una reducción en el espacio y capacidad de carga que conlleva a percibir pocos ingresos económicos para aquellos que prestan el servicio, además esto ocasiona a que los costos por el traslado de pasajeros y carga sean altos.

### 3.4.2 PERIODICIDAD EN EL SERVICIO

El servicio que se presta en este sistema de transporte es muy irregular debido a muchos factores como la falta de abastecimiento de combustible, recorridos largos, temporadas de estiaje, etc., que impiden tener continuidad en los viajes. Los propietarios de las canoas del sector se organizan para intercalarse en turnos según la demanda de pasajeros y/o carga, esto lo realizan sin obedecer a rutas por lo que mayoritariamente operan por acuerdos individuales.

Otro problema que se presenta tiene que ver con el abastecimiento del combustible, que para adquirirlo se requiere de un valor agregado más de lo normal en las zonas aisladas ya que el costo oficial del galón de gasolina es de \$1.30 (LÍDERES.ec, 2013) y en estos lugares se comercializa a \$2.10. La comercialización desde las ciudades cercanas se dificulta por el control que hacen los militares en las vías principales que conectan a los puertos. En estos operativos se les quita el combustible (gasolina).



### 3.4.3 NAVEGABILIDAD DE LOS RÍOS

Dentro de esta región existe una difícil morfología de los ríos navegables que requieren un monitoreo constante que permita una navegación fluida. Este inconveniente ocurre cuando hay excesivas lluvias o falta de caudal en los ríos, por lo que se hace primordial quitar escombros, bancos de arena, eliminar malos pasos, mover troncos, etc. (Ilustración 3.9).

En estos casos sería adecuado colocar señalizaciones preventivas a lo largo de las rutas, que sirvan para evitar accidentes presentados por la inexperiencia, la falta de conocimiento del trayecto y la desconcentración que son factores que provocan inseguridad dentro de los viajes.



Ilustración 3.9: Bancos de arena y escombros que dificultan la navegabilidad en los ríos. (Trabajo de Campo, Autores).

### 3.4.4 COSTOS, PASAJEROS Y CARGA POR TRANSPORTE

Para realizar un viaje a cualquier destino se lo realiza con un mínimo de 4 personas y un máximo de 11 personas, equivalente a 998 kg. En el caso que se lleve el máximo número de pasajeros se puede adicionar un peso equivalente a 182 kg (400 libras).

En destinos que se lleve solamente carga, lo realizan con un peso mínimo de aproximadamente 454 kg (1000 libras) y un máximo de 907 kg (2000 libras).

En los trayectos más largos se suele llevar reservas de gasolina para abastecerse durante el trayecto y así llegar al destino final sin que surjan complicaciones.



También se establecen costos de acuerdo a la distancia de las rutas, la más representativa en un viaje que dura 10 horas río arriba, tiene un costo de 8 dólares por pasajero, y de ahí existen variaciones hasta un valor mínimo de 5 dólares.

Una vez descritos los factores que afectan en el transporte fluvial en la región Amazónica, lo que se sugiere es mejorar el sistema de navegación implementando “Lanchas Solares” aplicando el concepto de energías renovables, ya que éstas en todas sus formas se desarrollan en cualquier nación, pueden realizarse de forma independiente, es decir casi no dependen de las condiciones económicas, las alianzas y convenios entre países; de lo que si requieren con mayor énfasis es la investigación, construcción, aplicación e implementación de tecnologías que involucren la educación con la mano de obra, generando trabajo y solucionando problemas de pobreza, salud, educación y transporte (Manuel Gari, 2011).

De acuerdo con las encuestas realizadas en el trabajo de campo (Anexo 3.1), para cubrir estas rutas se podrían diseñar dos tipos de embarcaciones, una canoa para carga de pasajeros, pequeñas cargas, etc. y un bote Pontón o canoas grandes de mayor dimensión, que conecte el puerto Kashpaim con otros Puertos ubicados a lo largo del río Macuma y Cangaima, estos servirán también para realizar el transporte hasta cierto punto del río Mangosiza.

Por lo tanto en el capítulo 4 se realiza el diseño y dimensionamiento de los componentes requeridos para la lancha solar de la propuesta.



## CAPITULO 4

### DISEÑO DE CADA COMPONENTE DE UNA EMBARCACIÓN SOLAR-ELÉCTRICO

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

Una embarcación solar-eléctrica tiene la capacidad de funcionar con energía solar, que es una fuente inagotable, limpia y amigable con el ambiente. Este sistema básicamente es propulsado a través de energía eléctrica que es generada mediante paneles fotovoltaicos, con cero emisiones de CO<sub>2</sub>. Entre los aspectos más relevantes a considerar durante el diseño y posterior construcción de este tipo de embarcación están su forma, su fuente de generación de energía (paneles solares), el motor eléctrico, las baterías de almacenamiento y el regulador de carga.

El diseño de estas embarcaciones deberá tener un modelo que sea sostenible durante el transcurso del tiempo. El diseño de una embarcación solar implica múltiples desafíos en donde se debe buscar un balance entre límites financieros, de rendimiento energético y físicos (Gorter, 2011).

En base a lo indicado, lo que se busca es implementar un modelo de embarcación solar eléctrica a partir de las necesidades y requerimientos de los dueños de las canoas existentes. Se propondrá sustituir las embarcaciones convencionales (canoas de madera), por modelos de canoas con capacidades idénticas hechas de un material resistente y liviano, como la fibra de vidrio con aleaciones de plástico o similares, también se analizará una canoa de mayor dimensión o un bote denominado "Pontón" que contará con el sistema eléctrico completo para su funcionamiento.

#### 4.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO

##### 4.2.1 CONCEPTO DE DISEÑO

La embarcación solar-eléctrica propuesta conforma un sistema que consta de un motor eléctrico fuera de borda de corriente continua, alimentado con un banco de baterías de litio (almacenamiento de energía requerida por el sistema) que es cargado a través de la generación de energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos. El sistema acumulador (banco de baterías) será graduado con un

regulador de carga solar programable, el que se encargará de mantener una adecuada carga hacia el banco de baterías. Este también cuenta con mandos para la regulación de la velocidad del motor, y un conjunto de indicadores para verificación del consumo de energía de la embarcación.

En la ilustración 4.1 se presenta un diagrama básico del sistema de alimentación eléctrico.

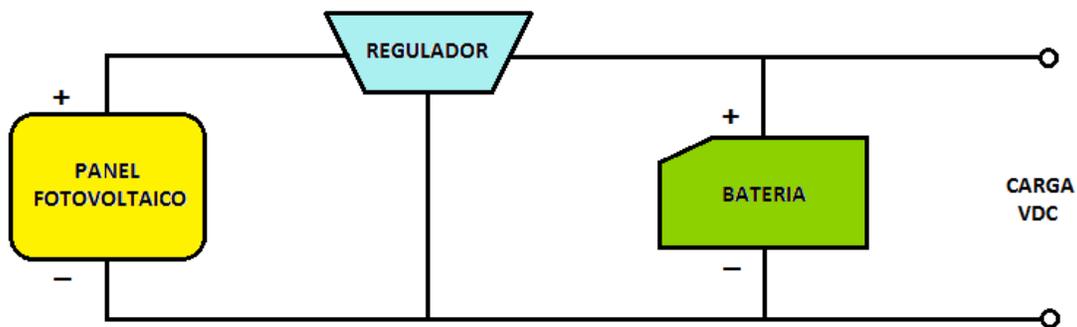


Ilustración 4.1: Esquema de generación básico. (Autores)

En la ilustración 4.2 se observa un diagrama de bloques que representa la propulsión eléctrica de la lancha solar.

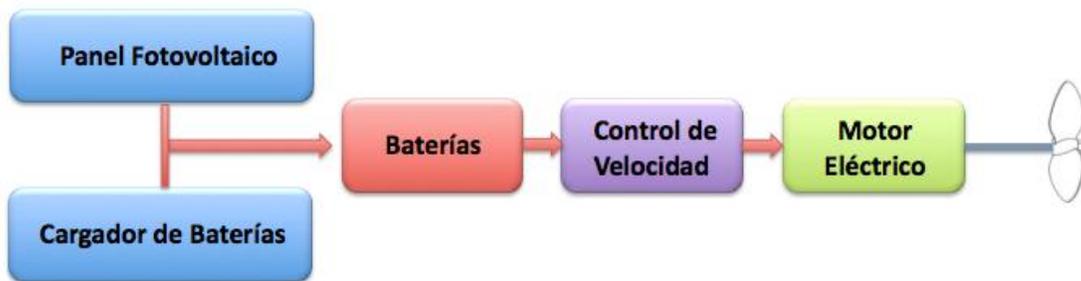


Ilustración 4.20: Esquema de sistema de propulsión eléctrico. (Hans Ekdahl, 2013)

En la ilustración 4.3 se presenta un diseño que se implementó en un proyecto realizado en la provincia de Galápagos, dicho proyecto fue impulsado por WWF (World Wildlife Fund Inc) y consistió en la propulsión de una embarcación de 7,5 metros de eslora con una tripulación máxima de 11 personas a través de un motor eléctrico de 4 kW de potencia y un sistema acumulador de 104 Ah de Ion-litio, este sistema se recargaría a través de la tecnología solar fotovoltaica, siendo suficiente para completar dos tours diarios en la Bahía de Tintoreras – Galápagos, y una vez que se realizaron las pruebas de navegación se tuvo excelentes resultados. Para

el presente estudio constituye una excelente referencia que ayudará al desarrollo de la propuesta ya que actualmente el Ecuador no cuenta con más proyectos dentro de este campo.

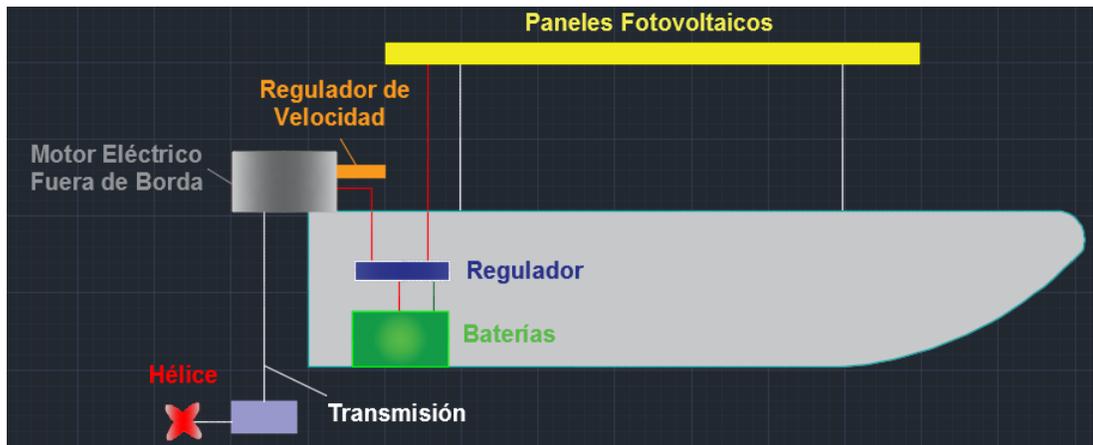


Ilustración 4.3: Concepto de diseño. (-WWF-, 2013)

La ilustración 4.4 es una derivación del modelo anterior, puesto que si no es factible adaptar los paneles como cubierta del bote, lo que se adoptaría como solución será ubicar estaciones estratégicas de carga lo largo del trayecto de los ríos.

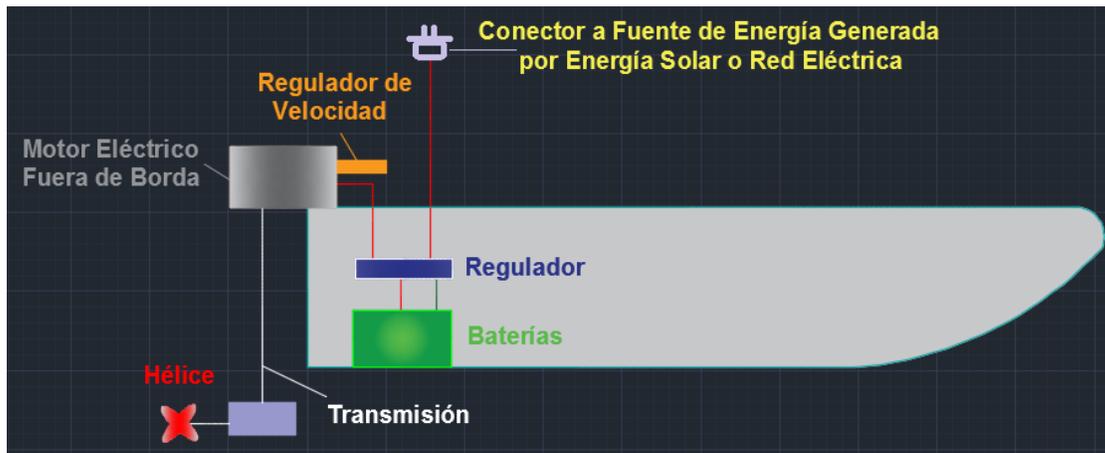


Ilustración 4.4: Diseño sin cubierta de paneles solares. (-WWF-, 2013)



### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE EMBARCACIONES EXISTENTES

Las canoas que operan actualmente en la zona de estudio son fabricadas de acuerdo a los requerimientos de cada canoero, y generalmente se utilizan para el transporte de pasajeros, pequeñas cargas y en casos menores para el transporte familiar. Por lo normal las maderas utilizadas para la elaboración son el ceibo, canelón, cedro y caoba.

La capacidad de carga que tienen las embarcaciones está dada en función del calado de la embarcación y del motor que disponga el usuario. Los motores que en mayor número hay y más aceptación tienen dentro de los puertos son los denominados “peque”, que tienen una potencia en un rango entre 8 y 18 HP (horse power) permitiendo una capacidad aproximada de 1400 kg. (Ilustración 4.5) Los motores fuera de borda, cuya potencia oscila generalmente entre 40 y 75 HP pueden transportar varias toneladas de peso y son utilizados en canoas más grandes (Ilustración 4.6). En esta sección se presentan dos modelos de embarcaciones comúnmente utilizadas dentro de los puertos ubicados a orillas de los ríos de Morona Santiago.



Ilustración 4.5: Canoa adaptada con un motor de 13hp. (Trabajo de Campo, Autores)



Ilustración 4.6: Canoa grande adaptada con un motor de 60 hp. (Trabajo de Campo, Autores)

La descripción de los modelos de las ilustraciones 4.5 y 4.6 se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Características de canoas utilizadas dentro de los puertos. (Autores)

Característica	Canoa pequeña	Lancha grande
Potencia motor	13 HP	60HP
Peso del motor	31 kg	96 kg
Costo motor	\$ 946.00	\$ 2500.00
Peso de la canoa	226.8 kg	544.3 kg
Cantidad de carga	1270 kg	6896.6 kg
Largo (eslora)	9 m	20 m
Tipo de material	Madera	Madera
Costo de canoa	\$ 600	\$ 2000



Los motores más utilizados para la propulsión de las canoas convencionales son: Honda 13 HP y Yamaha de 60 HP (Ilustración 4.7).



Ilustración 4.7: Motor Honda 13 HP, motor Yamaha 60 HP.

Los motores de 13 HP poseen adaptado en su eje un tubo metálico con una hélice al final para la propulsión. Este tipo de adaptación lo realizan debido a que en ciertas partes de los ríos hay niveles de baja profundidad llegando hasta 0.5 metros o menos. Dadas estas circunstancias se hace difícil que en ciertos puntos se utilicen motores fuera de borda porque se correría el riesgo de averías al chocar con el suelo. Los motores de 60 HP se los utiliza en trayectos donde es más factible la navegación como por ejemplo en los ríos Macuma, Morona, Cangaimo, entre otros, puesto que en estos no se presentan problemas de bancos de arena, grandes obstáculos, poca profundidad, etc.

En la Ilustración 4.8 se puede observar cómo queda adaptado el tubo y la hélice en los motores pequeños.



Ilustración 4.8: Motor 13HP adaptado con un tubo metálico y hélice al extremo, en una canoa Shuar. (Trabajo de Campo, Autores)

Sobre la sustitución de las canoas de madera por otras de un material diferente, la Ilustración 4.9 muestra una alternativa de la canoa propuesta, misma que podría implementarse para el nuevo sistema y sus características se presentan en el Anexo 4.1. Esta nueva canoa, fabricada principalmente de fibra de vidrio, es una opción válida y ya se disponen de modelos para los ríos de la zona (Mera, 2014).



Ilustración 4.9: Canoa de fibra de vidrio (Foto: Jacinto Mera).

#### 4.4 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Para realizar el cálculo de la demanda de energía requerida para la propulsión del motor, se debe partir de un levantamiento de datos (trabajo de campo). Los datos que se recolectaron por los autores de la tesis fueron distancias, velocidad, tiempos de recorrido y el peso que transportan las canoas en cada viaje.

La primera visita para el trabajo de campo se realizó del 10 al 15 de Marzo de 2014, en el que se realizó el recorrido por el río Morona completando el trayecto por el río Mangosiza. La segunda travesía del trabajo de campo se realizó del 8 al 10 de Junio de 2014, en el que se navegó por el río Morona, llegando a la intersección de los ríos Macuma y Cangaime (Ilustración 4.10), para continuar el recorrido por el río Macuma y finalmente por parte del río Cangaime.



**Ilustración 4.10:** Unión entre los ríos Cangaime (izquierda) y Macuma (derecha) formando el río Morona. (Trabajo de Campo, Autores)

Las distintas variables (velocidad, tiempos de navegación, distancias, etc.) y datos recolectados se obtuvieron con ayuda de un GPS (Anexo 4.2), complementado con encuestas que se realizaron a los operadores de las canoas y habitantes del lugar.

Con el estudio de campo realizado, la propuesta del diseño para la embarcación solar se divide en dos partes, procurando mantener (o mejorar) las condiciones de las canoas actuales:



1. La primera consiste de una canoa adecuada para transporte de pasajeros y pequeñas cargas que hará la navegación hasta cierto punto del río Mangosiza, en donde se realizará un recorrido más corto dadas las condiciones de navegación en el río (profundidad), pues esto influye ya que el motor eléctrico que se recomienda es del tipo fuera de borda con una longitud de cola que esta entre 60 a 75 cm independientemente de la potencia (Torquedo, 2014), y dado que en las mediciones realizadas en el río se llega a tener profundidades de 50 cm o menos en ciertos puntos río arriba, ya no sería factible hacer el diseño para una mayor distancia de recorrido porque existirá el riesgo de dañar al motor.
2. La segunda canoa será de una dimensión mucho mayor a la anterior, tanto para transporte de pasajeros y cargas de mayor peso que realizaría recorridos por partes sobre el río Morona hasta terminar un recorrido por los ríos Macuma o Cangaimé, llegando a sus respectivos puertos. En estos recorridos no se presenta el problema expuesto en el primer caso dado que son ríos más grandes y por estos se realizan recorridos con mayor frecuencia ya que conducen a comunidades importantes dentro de la región.

Lógicamente, el primer diseño podrá funcionar sin complicaciones para el trayecto propuesto en el segundo modelo.

En función de esto se selecciona el motor requerido para mover la carga que normalmente se lleva en cada viaje. La selección respectiva estará sustentada con cálculos que serán justificados más adelante, según las características de cada modelo de canoa o bote.

Una vez que se obtengan los resultados del análisis, se procederá a definir si es posible o no la aplicación del proyecto.

En el cálculo existen muchos criterios de aplicación con los que se obtienen los resultados que dan solución al diseño planteado. En nuestro caso se consideran los aspectos más importantes para el dimensionamiento de los distintos componentes que se requieren en el sistema propuesto, los mismos que se describirán a continuación.

#### **4.4.1 FORMA DE LA EMBARCACIÓN**

El rendimiento de los barcos eléctricos, al igual que todos los barcos, se determina principalmente por el tipo y la forma de sus cascos. Para un desplazamiento dado, la forma es primordial en la determinación de la velocidad, estabilidad, navegabilidad, la eficiencia y la potencia requerida. Por lo normal los barcos se



pueden clasificar en dos grandes categorías: Desplazamiento y Planeo (RAY ELECTRIC OUTBOARDS, INC., 2014).

Los Barcos de Desplazamiento flotan en el agua y dependen de la racionalización de moverse a través del agua de manera eficiente. Algunos ejemplos son: veleros, lanchas, canoas y botes de remos.

Los Barcos de Planeo tienen el poder y el diseño de levantarse fuera del agua, además de la capacidad para impulsar el agua a un lado lo suficientemente rápido como para alcanzar sus velocidades cosa que no se obtendría al sumergirse en el agua. Cualquier barco que sostiene las velocidades superiores a 12 nudos (K) (1Nudo = 1.85 Km/h), con muy raras excepciones, es una embarcación de planeo.

Es típico para un barco de planeo utilizar 100 veces la potencia de un barco de desplazamiento. Sin embargo, no son 100 veces más grandes o 100 veces más veloces, pero si existe la diferencia de 30 a 50 MPH (MPH: Millas Por Hora) comparándola con 5 a 7 MPH. En otras palabras, se consigue solamente de 4 a 10 veces más de velocidad mediante el aumento de potencia por 100 veces. (RAY ELECTRIC OUTBOARDS, INC., 2014).

Los barcos de desplazamiento más eficientes pueden alcanzar la velocidad del casco con una potencia de entre 1 y 2 HP por tonelada. Estos son los barcos más deseables para aplicaciones con energía eléctrica (RAY ELECTRIC OUTBOARDS, INC., 2014).

Por lo tanto, para el presente estudio, los cálculos respectivos necesarios se los desarrollarán considerando que las embarcaciones son del tipo desplazamiento.

## 4.5 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA

### 4.5.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CARENA (V)

Se llama carena a la superficie sumergida del bote, en la que se relacionan los siguientes términos (Adonai Zapata Gordon, 2012):

$$V = R * \sqrt{E_f} \quad (4.1)$$

Donde

$E_f$ : es la eslora de flotación (en metros)



V: es la velocidad de carena (en nudos).

R: es una constante que representa el “grado de velocidad”. Para un bote de desplazamiento estaría en 1.34 - 2,4. Para otros casos en botes más ligeros y de curvas muy finas podría estar en 2,8.

#### 4.5.2 CALCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE

La resistencia total al avance está entre 30 y 40 daN (decanewtons: son 10 Newtons y aproximadamente el equivalente a 1 kg de fuerza) por tonelada de desplazamiento, suponiendo un casco limpio (Adonai Zapata Gordon, 2012).

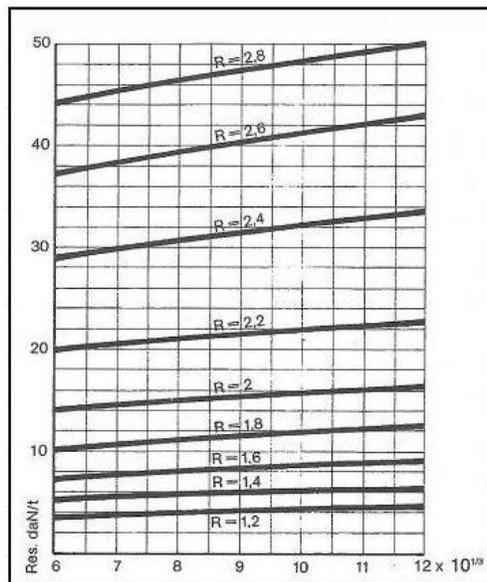


Ilustración 4.11: Relación desplazamiento/eslora en el eje de las abscisas. (Adonai Zapata Gordon, 2012)

A partir de la Ilustración 4.11, se puede conocer la resistencia al avance por tonelada teniendo en cuenta distintos grados de velocidad, mediante la relación desplazamiento/eslora definido como:

$$\frac{D}{\left(\frac{E_f}{100}\right)^3} \tag{4.2}$$

Siendo D, el desplazamiento en toneladas.



Con una velocidad máxima  $V$  en Nudos y un  $R$  establecido se tiene:

$$Resistencia = daN/t$$

La resistencia se la obtiene dependiendo del grado de velocidad ( $R$ ) establecido por el sistema, ya que para cada valor de  $R$  se obtiene una resistencia como se muestra en la Ilustración 4.11.

Teniendo  $D$  en Toneladas obtenemos:

$$Res = (Resistencia) * D \quad (4.3)$$

### 4.5.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Si la resistencia corresponde a condiciones de aguas tranquilas, por lo normal se toma una reserva del 25% o dependiendo de las condiciones donde se aplica puede variar este valor de reserva, teniendo entonces (Gutelle, 1995)

$$Res_t = Res * 1.25 \quad (4.4)$$

Una vez que se cuenta con el cálculo de la resistencia final al avance  $Res_t$  del bote en determinadas condiciones, se procede a evaluar la potencia requerida, para lo cual se debe calcular la potencia en la hélice que está dada por la siguiente ecuación:

$$P_h = Res_t * V * 0.005 \quad (4.5)$$

Esta será la potencia que efectivamente aplicará la hélice para el avance. Sin embargo, no es la misma que la que se aplicará en el eje de la hélice, ya que el rendimiento de la hélice dista mucho de ser el 100%. Para un barco mercante (barco que se utiliza para transporte de cargas y/o pasajeros) el rendimiento está sobre el 75%. En un velero sin embargo rara vez será de más del 50%, pudiendo llegar al 35%. En general se puede adoptar un valor del 45%. Podemos por tanto calcular la potencia necesaria en el eje, con esta indicación se calcula la potencia necesaria en el eje  $P_e$ .

$$P_e = \frac{P_h}{0.75} \quad (4.6)$$

Luego se debe aplicar las pérdidas totales en las que se incluyen las pérdidas en engranajes y se recalcula la potencia necesaria:



Pérdidas = 2%(prensaestopas) + 4% (por engranajes) = 6%

$$P = \frac{P_e}{1-0.06} = \frac{P_e}{0.94} \quad (4.7)$$

Se aplica las pérdidas por condiciones de trabajo en un 95% se obtiene la potencia necesaria por el motor  $P_{ot}$  (Adonai Zapata Gordon, 2012)

$$P_{ot} = \frac{P_e}{0.95} \quad (4.8)$$

Finalmente se obtiene la potencia final requerida por el motor al considerar la eficiencia del motor seleccionado para el sistema.

$$P_{mot} = \frac{P_{ot}}{\eta_{motor}} \quad (4.9)$$

Donde

$\eta_{motor}$  → Eficiencia del motor (estos valores oscilan entre 18 % y 56 %) (Torquedo, 2014)

#### 4.5.4 CÁLCULO DE LA ENERGÍA REQUERIDA EN BATERÍAS

Para obtener la energía requerida por el sistema, se relacionan los siguientes términos expresados en la fórmula a continuación (Jara, 2014)

$$E = P_{mot} * h * C \quad (4.10)$$

Donde

$P_{mot}$  → potencia final requerida por el motor.

$h$  → Tiempo de Navegación (horas)

$C$  → Capacidad del motor  $C$  (%)

$E$  → Energía requerida por del sistema (KWh)

Se debe considerar también las pérdidas por autoconsumo del regulador y las perdidas en los conductores.



- Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía (IDAE , 2009).
- Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, por lo tanto en condiciones normales de operación las pérdidas en los conductores deben ser inferiores al 1,5 % del consumo diario de energía (IDAE , 2009).

Por lo tanto se tiene que:

$$E_{ts} = E + P_{pR} + P_{pC} \quad (4.11)$$

$$P_{pR} = E * 0.03 \quad (4.12)$$

$$P_{pC} = E * 0.015 \quad (4.13)$$

Donde

$E_{ts}$  → Energía total requerida por el sistema (KWh/día)

$P_{pR}$  → Pérdidas de energía por el regulador.

$P_{pC}$  → Pérdidas de energía en los conductores.

#### 4.5.4.1 DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS

Para este caso se debe saber cuál es la capacidad de almacenamiento en Amperios-hora (A-h) ya que la capacidad de las baterías viene dada en esa unidad. Si dicha capacidad la tenemos en KWh/día, lo que tenemos que hacer es pasarlo a Ah con tan solo dividir los KWh/día sobre el voltaje nominal requerido por el sistema (CONELEC, 2008).

$$I_s = \frac{E_{ts}}{V_n} \quad (4.14)$$

Donde

$I_s$  → Corriente del sistema (A-h).



$V_n$  → Voltaje nominal del sistema (V).

Se aplica un factor de seguridad que tenga en cuenta las pérdidas por suciedad, envejecimiento y pérdidas en la batería. Se toma como valor típico 1.2 (20%), por lo tanto:

$$I_{SC} = I_s * 1.2 \quad (4.15)$$

Donde

$I_{SC}$  → Corriente del sistema corregida (A-h).

Luego se tiene que asumir los días de autonomía, es decir suponiendo que durante estos días no se recargaran las baterías. Usualmente en un sistema con energía solar se aplica de 3 a 5 días dependiendo de las condiciones atmosféricas.

Por lo tanto la capacidad nominal del banco de baterías será:

$$I_{cnb} = I_{SC} * D_a \quad (4.16)$$

Donde

$D_a$  → Días de autonomía del sistema.

$I_{cnb}$  → Capacidad nominal del banco de baterías (A-h)

Para saber cuánta energía se requiere almacenar en las baterías, se debe considerar la profundidad de descarga de acuerdo a la batería seleccionada para el sistema. Los valores típicos de descarga aceptada en este tipo de baterías es: para baterías de plomo 60% y litio se puede llegar a un 100% de descarga (Delta Volt SAC, 2014).

Entonces la capacidad corregida del banco de baterías será:

$$I_{cbb} = \frac{I_{cnb}}{P_d} \quad (4.17)$$

Donde

$P_d$  → Profundidad de descarga de la batería.

$I_{cbb}$  → Capacidad corregida del banco de baterías.



Finalmente el cálculo del número de baterías necesarias para el sistema se obtiene de la siguiente forma.

$$N_p = \frac{I_{cbb}}{I_{nb}} \quad (4.18)$$

$$N_s = \frac{V_n}{V_{nb}} \quad (4.19)$$

$$N = N_p * N_s \quad (4.20)$$

Donde

$I_{nb}$  → Corriente nominal de la batería (A-h).

$V_{nb}$  → Voltaje nominal de la batería (V).

$N_p$  → Número de baterías en paralelo.

$N_s$  → Número de baterías en serie.

$N$  → Numero de baterías requerido por el sistema.

### 4.5.5 CÁLCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Para este cálculo se contar con los siguientes parámetros.

- Determinación de la tensión de trabajo  $V_n$   
La tensión de trabajo es la que se utilizara en el sistema, por lo general en función del valor de voltaje que requiere el motor eléctrico para su funcionamiento.
- Energía solar promedio anual (KWh/m<sup>2</sup>/día)  $\bar{n}$

Este factor se lo obtiene de las mediciones de radiación solar realizadas en el lugar de aplicación (Morona Santiago), por lo normal esta información se puede obtener con ayuda de la NASA o entidades de gobierno encargados de proporcionar dicha información (CONELEC).



Para el cálculo de la generación eléctrica fotovoltaica, se optará por el método del mes más desfavorable (Jara-Alvear, 2013), en el que conocido el consumo constante durante todo el año, se elige como mes de diseño el que ofrece una menor radiación solar. De esta manera se aseguraría la funcionalidad del sistema fotovoltaico el resto del año, cuando las condiciones son más favorables.

- Una vez obtenida la corriente del sistema corregida (A-h)  $I_{SC}$  a través de la ecuación 4.15, calculamos la corriente del panel necesario  $I_o$  (A-h)

$$I_o = \frac{I_{SC}}{\bar{n}} \quad (4.21)$$

Donde

$I_o$  → Corriente pico del sistema (A-h).

Como caso general, la capacidad nominal de la batería no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito CEM (Condiciones Estándar de Medida) del generador fotovoltaico (IDAE , 2009).

- Determinación del número total de módulos K.

El valor de K generalmente tendrá una variación dependiendo del factor global de funcionamiento que varía entre 0.65 y 0.90 (SunFields, 2014).

$$K = \frac{M*N}{fg_p} \quad (4.22)$$

Donde el número de paneles en serie N y el número en paralelo M, está dado en función de:

$$M = \frac{I_o}{I_m} \quad (4.23)$$

$$N = \frac{V_n}{V_m} \quad (4.24)$$

Donde

$I_m$  → Corriente máxima del tipo de panel seleccionado (A).



$V_m$  → Voltaje máximo del tipo de panel seleccionado V.

$f_{gp}$  → Factor global de funcionamiento del conjunto de paneles solares.

Una vez que se cuente con estos valores se puede calcular finalmente el área que necesitaría ocupar los paneles fotovoltaicos. Esto se lo obtiene en función de:

$$A = K * A_m \quad (4.25)$$

Donde

$A_m$  → es el área de cada panel seleccionado para el sistema.

### 4.5.6 CÁLCULO DEL REGULADOR PARA EL SISTEMA

Para el cálculo del regulador requerido debemos conocer cuál es la máxima corriente que debe soportar el regulador, a su entrada y también a su salida. Para ambos casos se considera un factor de seguridad de 1.25 para evitar daños ocasionales al regulador.

En tal caso las corrientes máximas del regulador se determinan mediante las siguientes relaciones (SunFields, 2014):

#### 4.5.6.1 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE ENTRADA DEL REGULADOR

Para calcular la corriente de entrada del regulador se relacionan los siguientes términos:

$$I_{eR} = 1.25 * I_{ccMOD} * M \quad (4.26)$$

Donde

$I_{eR}$  → Corriente de entrada del regulador

$I_{ccMOD}$  → Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

$M$  → Número de paneles conectados en paralelo



#### 4.5.6.2 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE SALIDA DEL REGULADOR

Para calcular la corriente de entrada del regulador se relacionan los siguientes términos:

$$I_{SR} = \frac{1.25 * P_{mot}}{V_n} \quad (4.27)$$

Donde

$I_{SR}$  → Corriente de salida del regulador

$P_{mot}$  → Potencia final necesaria por el motor.

$V_n$  → Voltaje nominal del sistema

#### 4.6 RENDIMIENTO DEL SISTEMA

La eficiencia global del sistema se obtiene al relacionar todos los valores de eficiencia de los distintos elementos del sistema, de lo cual dicho valor es (Jara, 2014):

$$\eta_T = (\eta_{hélice} * \eta_{motor} * \eta_{conducción} * \eta_{batería}) + (\eta_{regulador} * \eta_{conducción} * \eta_{panel solar}) \quad (4.28)$$

#### 4.7 DESARROLLO DE CÁLCULOS PARA LOS SISTEMAS PROPUESTOS

##### 4.7.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA “CANOA PEQUEÑA”

Para el cálculo según las características de diseño, se cuenta con lo siguiente:

$$E_f = 10.5 \text{ m}$$

$$R = 1.8$$

$$V = 1.8 * \sqrt{10.5}$$

$$V = 5.83 \text{ Nudos} = 10.8 \text{ Km/h}$$



➤ Cálculo de la Resistencia al Avance

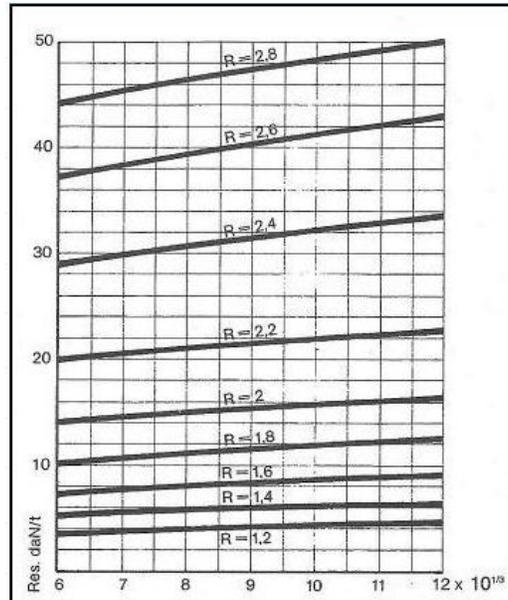


Ilustración 4.12: Relación desplazamiento/eslora en el eje de las abscisas. (Adonai Zapata Gordon, 2012)

Podemos conocer la resistencia al avance por tonelada teniendo en cuenta distintos grados de velocidad y mediante la relación desplazamiento/eslora definido como:

$$\frac{D}{\left(\frac{E_f}{100}\right)^3}$$

Siendo D el desplazamiento en toneladas.

Teniendo D = 1.659 Ton

$$\frac{1.659 \text{ Ton}}{\left(\frac{10.5}{100}\right)^3} = 1413.23$$

Con una velocidad máxima V = 5.83 Nudos y R = 1.8, de la Ilustración 4.12 se tiene:



$$Resistencia = 12 \text{ daN/t}$$

Ahora

$$Res = (Resistencia) * D$$

$$Res = (12 \text{ daN/t}) * 1.659 \text{ Ton}$$

$$Res = 19.908 \text{ daN}$$

➤ **Cálculo de la Potencia del Motor**

A pesar de lo expresado en la ecuación 4.4, debido a las condiciones que presentan los ríos de la Amazonia involucrados en este proyecto, se toma una reserva del 30%, teniendo entonces:

$$Res_t = Res * 1.3$$

$$Res_t = 19.908 \text{ daN} * 1.3$$

$$Res_t = 25.88 \text{ daN}$$

Una vez que se ha realizado el cálculo de la resistencia final al avance  $Res_t$  del bote en determinadas condiciones, se procede a evaluar la potencia requerida; empezando por calcular la potencia en la hélice.

$$P_h = Res_t * V * 0.005$$

$$P_h = 25.88 \text{ daN} * 5.832 \text{ Nudos} * 0.005 = 0.754 \text{ KW}$$

Como se explicó anteriormente, el rendimiento de la hélice está distante de ser el 100%, para una canoa de estas características el rendimiento es del orden del 75%, con lo que se calcula la potencia necesaria en el eje  $P_e$ .

$$P_e = \frac{P_h}{0.75}$$

$$P_e = \frac{0.754 \text{ KW}}{0.75} = 1.006 \text{ KW}$$

Luego se debe aplicar las pérdidas totales en las que se incluyen las perdidas en engranajes y recalculer la potencia necesaria:

$$\text{Pérdidas} = 2\%(\text{prensaestopas}) + 4\% (\text{por engranajes}) = 6\%$$



$$P = \frac{P_e}{1 - 0.06} = \frac{P_e}{0.94}$$

$$P = \frac{1.006}{0.94}$$

$$P = 1.070 \text{ KW}$$

Aplicando las pérdidas por condiciones de trabajo en un 95%, se obtiene la potencia necesaria por el sistema  $P_{ot}$ .

$$P_{ot} = \frac{P}{0.95}$$

$$P_{ot} = \frac{1.070}{0.95}$$

$$P_{ot} = 1.12 \text{ KW}$$

Finalmente se obtiene la potencia final requerida por el motor al considerar la eficiencia del motor seleccionado, para este caso el valor de la eficiencia es 56%, que es el valor que presenta el mejor de los motores eléctricos tomado para nuestro ejemplo (Torquedo, 2014).

$$P_{mot} = \frac{P_{ot}}{\eta_{motor}}$$

$$P_{mot} = \frac{1.12}{0.56} = 2.012 \text{ KW}$$

Una vez obtenida la potencia requerida por el sistema, se procede a calcular la energía necesaria que deben acumular las baterías (ecuación 4.10).

➤ **Energía en Baterías (KWh)**

Considerando una capacidad del motor C del 50% se tiene:

$$E = P_{mot} * h * C$$

$$E = 2.012 * 6.5 * 0.5$$

$$E = 6.53 \text{ kWh/día}$$



Tomando en cuenta que se producen pérdidas por autoconsumo del regulador y las pérdidas en los conductores se obtiene:

$$E_{ts} = E + P_{pR} + P_{pC}$$

$$P_{pR} = E * 0.03 = 6.53 * 0.03 = 0.19 \text{ KWh/día}$$

$$P_{pC} = E * 0.015 = 6.53 * 0.015 = 0.098 \text{ KWh/día}$$

$$E_{ts} = 6.53 + 0.19 + 0.098$$

$$E_{ts} = 6.65 \text{ KWh/día}$$

### ➤ Dimensionamiento del banco de baterías

Para este caso se debe saber cuál es la capacidad de almacenamiento en A-h, teniendo que:

$$I_s = \frac{E_{ts}}{V_n}$$

$$I_s = \frac{6.65 \text{ KWh/día}}{48 \text{ V}} = 138.68 \text{ A} - h$$

Aplicando un factor de seguridad (pérdidas por el sistema) Se toma como valor típico 1.2, por lo tanto:

$$I_{sc} = I_s * 1.2$$

$$I_{sc} = 138.68 * 1.2 = 166.426 \text{ A} - h$$

Luego se tiene que asumir los días de autonomía, es decir suponiendo que durante estos días no se recargaran las baterías. En el presente caso se consideran 3 días.

Por lo tanto la capacidad nominal del banco de baterías será:

$$I_{cnb} = I_{sc} * D_a$$

$$I_{cnb} = 166.426 * 3 = 499.27 \text{ A} - h$$



Para saber cuánta energía se requiere almacenar en las baterías, se debe considerar la profundidad de descarga de acuerdo a la batería seleccionada para el sistema.

Según la ecuación 4.17, la capacidad corregida del banco de baterías será:

$$I_{cbb} = \frac{I_{cnb}}{P_d}$$

Considerando una batería de litio Power 26-104 A-h con una profundidad de descarga del 100% (TORQEEDO, 2014), se tiene:

$$I_{cbb} = \frac{499.27}{1} = 499.27 \text{ A} - h$$

Finalmente el cálculo del número de baterías necesarias para el sistema se obtiene de la siguiente forma (ecuación 4.20).

$$N = N_p * N_s$$

$$N_p = \frac{I_{cbb}}{I_{nb}}$$

$$N_p = \frac{499.27 \text{ A} - h}{104 \text{ A} - h} = 4.8$$

$$N_s = \frac{V_n}{V_{nb}}$$

$$N_s = \frac{48}{26} = 1.84$$

$$N = 4.8 * 1.84 = 8.61 \cong 9 \text{ baterías}$$

### Determinación del número total de módulos K.

- Determinación de la tensión de trabajo  $V_n$

Por lo general la tensión de trabajo es con la que operara el sistema en base a la tensión nominal que requiere el motor eléctrico para su funcionamiento.



$$V_n = 48 \text{ V}$$

- Cálculo de Horas diarias de brillo solar promedio anual  $\bar{n}$

Para Morona Santiago según datos de la NASA (CENTER, 2014), considerando el mes más desfavorable (Febrero, según Anexo 4.3) se tiene:

$$\bar{n} = 3.44 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$$

- Cálculo de la corriente del panel necesario  $I_0$  (A-h). En base a la ecuación 4.21:

$$I_0 = \frac{I_{sc}}{\bar{n}}$$

$$I_0 = \frac{166.426 \text{ A} \cdot h}{3.44 \text{ kWh/m}^2/\text{d}}$$

$$I_0 = 48.32 \text{ A}$$

- Determinación del número total de módulos K.

Para paneles UN-U230F3 /230WATT se tiene la siguiente información <sup>[4]</sup>:

$$I_m = 7.67 \text{ A} \quad V_m = 30 \text{ V} \quad W_m = 230 \text{ W}$$

$$A_m = 1.64 \text{ m} \cdot 0.994 \text{ m} = 1.630 \text{ m}^2 \quad I_{ccMOD} = 8.40 \text{ A}$$

Como caso general, la capacidad nominal de la batería no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico (ecuación 4.22).

$$K = \frac{M * N}{E f_p}$$

---

[4] ([www.sharpusa.com/solar](http://www.sharpusa.com/solar))



Donde el número de paneles en serie N y el número en paralelo M, está dado en función de:

$$M = \frac{I_o}{I_m}$$

$$M = \frac{48.32}{7.67} = 6.29$$

$$N = \frac{V_n}{V_m}$$

$$N = \frac{48}{30} = 1.6$$

$$K = \frac{4.79 * 1.6}{0.9}$$

$$K = 11.18 \cong 11 \text{ paneles}$$

Cálculo del área que necesitaría ocupar los paneles fotovoltaicos

$$A = K * A_m$$

$$A = 11 * 1.630m^2 = 17.93 m^2$$

➤ Cálculo del Regulador para el Sistema

- Corriente de entrada del regulador

$$I_{eR} = 1.25 * I_{ccMOD} * M$$

$$I_{eR} = 1.25 * 8.40 * 6.29 = 66.045A$$

- Corriente de salida del regulador

$$I_{sR} = \frac{1.25 * P_{mot}}{V_n}$$



$$I_{SR} = \frac{1.25 * 2012}{48} = 52.39 A$$

➤ Cálculo del rendimiento del sistema

Para este cálculo la eficiencia de la batería depende de la profundidad de descarga pues de esto dependerá el ciclo de vida de la misma, sin considerar variaciones bruscas en la temperatura y con una profundidad de descarga del 100% la eficiencia de la batería Power 26-104 será del 78%.

$$\eta_T = \eta_{hélice} * \eta_{motor} * \eta_{conducción} * \eta_{batería} + \eta_{regulador} * \eta_{conducción} * \eta_{panel solar}$$

$$\eta_T = 0.75 * 0.56 * 0.985 * 0.78 + 0.97 * 0.985 * 0.141 = 0.44 = 46\%$$

El cálculo correspondiente para el otro modelo propuesto (canoa grande) se presenta en un cuadro resumen (Tabla 4.2)

Tabla 4.2: Resultados de los cálculos de los dos modelos propuestos. (Autores)

Descripción	Canoa pequeña	Canoa Grande
Grado de Velocidad	1.8	1.34
Resistencia al avance (daN/t)	12	5
Velocidad (km/h)	10.79	10.59
Potencia (kw)	2.012	3.93
Número de baterías Power 26-104	4	2
Número de paneles	6	11
Corrientes del regulador (A) $I_{eR}-I_{SR}$	31.3-52.4	8.5-102.5



Los resultados (a modo de ejemplo) expresados en la tabla 4.2 se obtuvieron para un tiempo de navegacion de 3 horas, con la observacion que para la canoa grande se empleo un motor eléctrico diferente (mayor potencia con baterias de litio incorporadas, Anexo 5.3) del que se utilizó para el cálculo de la canoa pequeña. Las especificaciones de los elementos empleados para el cálculo y el análisis correspondiente a las rutas y distancias a recorrer con estas alternativas de embarcaciones solares se presenta en el capítulo 5.



CAPITULO 5

SIMULACION DE RUTAS Y ESCENARIOS

5.1 ESPECIFICACIÓN DE RUTAS

Para el trazado de las rutas de la Lancha Solar propuesta se utilizó el programa computacional Google Earth debido a su facilidad de manejo y amplia difusión. Como complemento, para mayor precisión se empleó un mapa de Morona Santiago proporcionado por el Gobierno Autónomo Provincial Morona Santiago (Anexo 5.1).

El punto de partida para todas las rutas será desde puerto Kashpaim que está ubicado en el río Morona, a 10 minutos en bus y 30 minutos aproximadamente en canoa hacia el puerto Morona. Aquí estará ubicado el principal centro de carga de baterías. Las rutas son especificadas de la siguiente manera (Ilustración 5.1):



Ilustración 5.1: Rutas consideradas para la lancha Solar. (Autores)

1. En la primera ruta la partida es desde el puerto Kashpaim río abajo (por el río Morona) hasta llegar a la unión con el río Mangosiza, de ahí en adelante se seguiría el río Mangosiza, en esta ruta el río se torna navegable unas 4 horas aproximadamente río arriba, hasta la comunidad Shuar Antún. En la ruta existen otras comunidades especificadas en la ilustración 5.2, en donde se encuentra ubicado un comedor de las comunidades (Antún), que además cumple con ser un centro de abastecimiento de combustibles



convencionales. De ahí en adelante (comedor) el viaje de la lancha solar ya no es posible debido a que el caudal del río baja considerablemente, en este punto deberá ser ubicado un centro de carga, llamado centro de carga #2, como se muestra en la Ilustración 5.6.

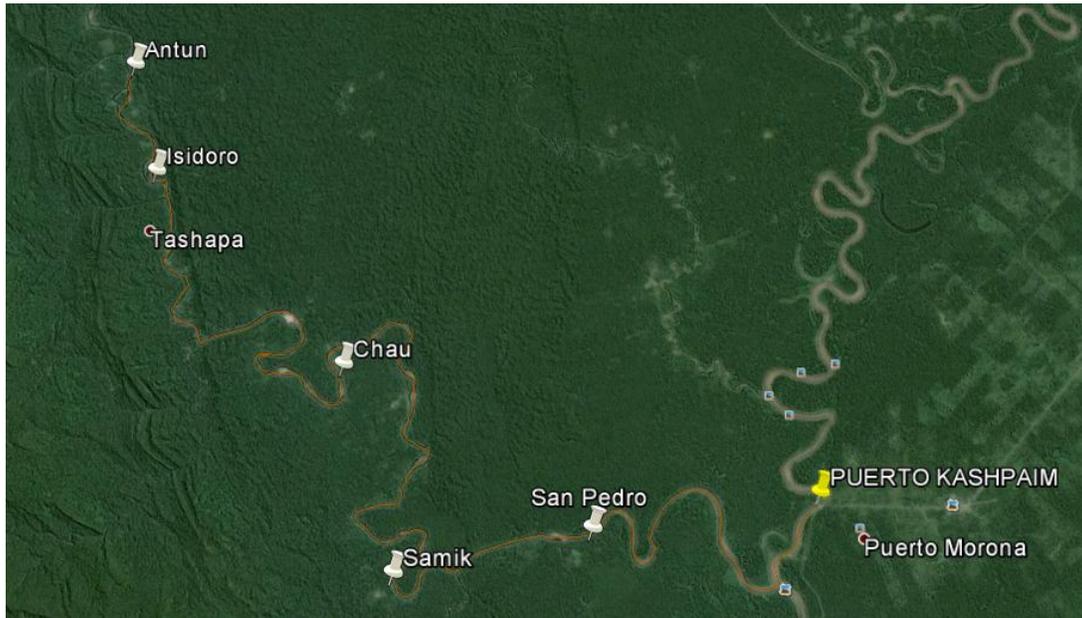


Ilustración 5.2: Ruta uno río Mangosiza y sus comunidades. (Autores)

2. En la segunda ruta se partiría desde el puerto Kashpaim río arriba (por el río Morona, Ilustración 5.3). En esta ruta se tiene una parada estratégica más o menos a la mitad del tramo para realizar la carga de baterías (Ilustración 5.6), lo que en el mapa se representa como centro de carga #3, que está ubicado en la comunidad Panientza. Continuando con el recorrido se llega hasta la unión de los ríos Macuma y Cangaime en donde está ubicado el centro de carga #4.

De ahí en adelante se sigue el río Cangaime pasando por comunidades como: Yapantinentza, Putuimi, Jiet hasta Tuutinentza. Todas las comunidades se encuentran especificadas en la Ilustración 5.4.

El final de esta ruta será en la parroquia Tuutinentza del cantón Taisha, en donde se ubica el puerto La Playa que se conecta con una vía de tercer orden (Ilustración 5.3) que permitirá llegar a Taisha, en cuyo puerto se tendría el centro de carga #6 (Ilustración 5.6)



Ilustración 5.3: Ruta 2 con sus comunidades. (Autores)

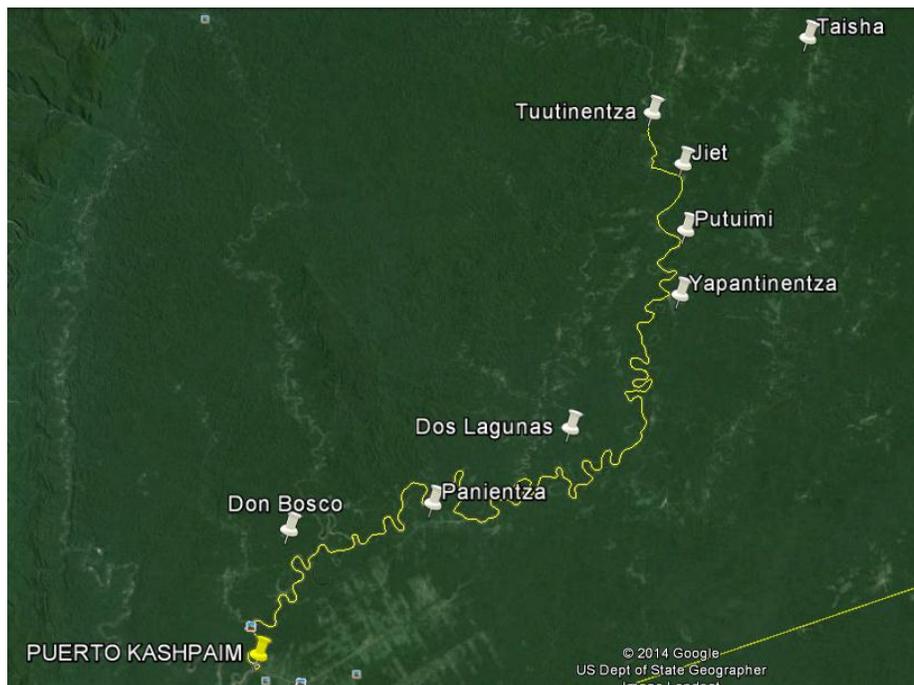


Ilustración 5.4: Descripción de los ríos que forman la ruta dos, Rio Morona y Rio Cangaime. (Autores)

3. La tercera ruta propuesta arranca de la unión de los ríos Macuma y Cangaime (Ilustración 5.3), en donde, como se dijo antes, se ubica el centro de carga #4, debido a que hasta aquí ya se tiene unos 30Km



recorridos (tres horas de viaje aproximadamente). De ahí en adelante se sigue el río Macuma.

Por el río Macuma se arriba a las comunidades Shuar como: Tukupi, Yawantza, Iniayu, etc. Todas ellas están especificadas en la ilustración 5.5. El final de este tramo sería la comunidad Santa Rosa, en donde además se ubicaría el centro de carga #5 (Ilustración 5.6).

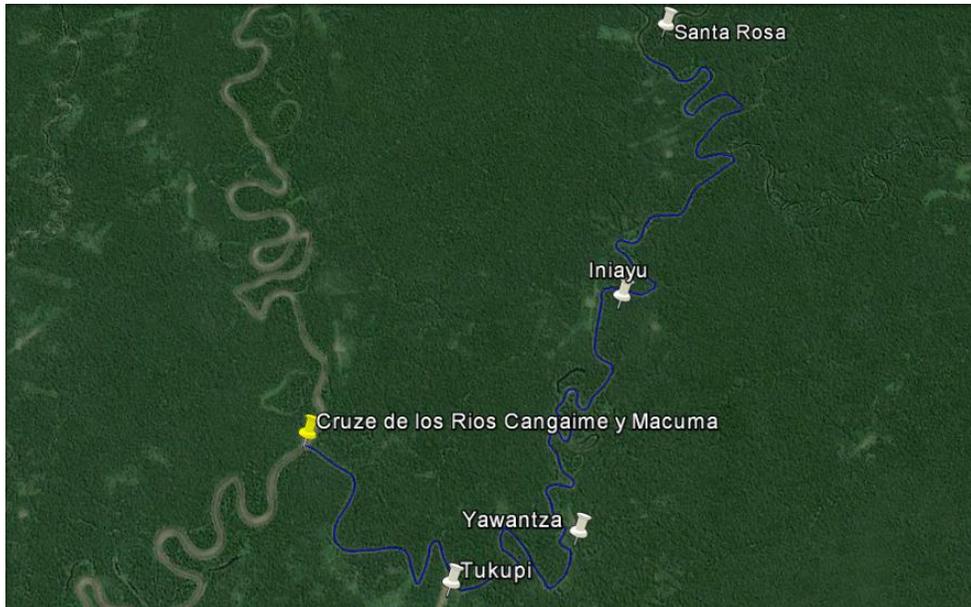


Ilustración 5.5: Ruta tres con sus comunidades, Río Macuma (Autores).

Es importante considerar que por las tres rutas descritas anteriormente se encuentran comunidades importantes (Isidoro, Tuutinentza, Santa Rosa, etc.) que son beneficiadas del proyecto Yantsa li Etsari, por lo cual las Lanchas Solares servirán también como medio de transporte de los técnicos de la Centrosur para que puedan visitar los SFV y dar su correspondiente mantenimiento.

### 5.2 CENTROS DE CARGA

Por las condiciones de los trayectos propuestos así como la tecnología a ser implementada, es necesario contar con centros de carga. Los centros de carga de baterías serán ubicados en sitios estratégicos para poder abastecer a la lancha solar. Con ello se busca optimizar el sistema de movilidad propuesto pues al contar con estos centros de carga se reducen las distancias a recorrer y por tanto se disminuye el número de baterías con lo que se tiene un mayor espacio en la Lancha Solar para aumentar su capacidad (carga y pasajeros). Al reducir el



número de baterías se reduce además el número de módulos o paneles solares, todo ello redundando en menores costos del sistema.

En la primera ruta no habría dificultad debido a que el recorrido de la lancha es de aproximadamente 4 horas, unos 42Km con una velocidad de alrededor de 10Km/h., entonces en este caso solo se implementarían centros de carga al inicio y al final de la ruta (ilustración 5.6).

La ruta dos es la más extensa con 92 Km de recorrido en un tiempo aproximado de 9 horas de viaje. En este caso se tendría dos alternativas, usar un solo banco de baterías que abastezca las nueve horas de viaje o hacer lo que se ha recomendado en esta sección: ubicar centros de carga estratégicos (ilustración 5.6). Al usar un solo banco de baterías el peso de la lancha se incrementa notablemente, el espacio se reduce, y se incrementa el número de módulos fotovoltaicos (Ver Tabla 5.1). Estos centros se sugieren ubicar cada 30Km aproximadamente, en un tiempo de 3 horas de trayecto. Entonces en esta ruta se tendrían 4 centros de carga, al inicio, al final y los otros dos ubicados a 30 y 60 Km de la ruta. Lógicamente, el centro de carga del inicio del trayecto (Puerto Kashpaim) será el mismo para la ruta 1 y la ruta 2 (Ilustración 5.6).

El caso de la ruta tres es el más favorable ya que tiene una distancia alrededor de 31Km en un tiempo aproximado de 3 horas a una velocidad de 10 Km/h, por lo tanto el cálculo para el dimensionamiento de equipos requerido para cubrir esta ruta será el mismo del que se obtuvo para la ruta dos en los que se sugiere los centros de carga cada 30 Km. Los centros de carga para este trayecto estarán ubicados, al inicio en la unión de los ríos Macuma y Cangaime, y al final se lo ubicará en la comunidad Santa Rosa (Ilustración 5.6).

En la tabla 5.1 se presentan los principales datos o requerimientos técnicos para el tipo de lancha solar pequeña (1.1 Ton) que cubriría estas tres rutas.



Ilustración 5.6: Mapa centros de Carga, (Autores).

Tabla 5.1: Datos técnicos de los componentes de la Lancha Solar pequeña (Autores).

Parámetros	Ruta 1(4 horas)	Ruta 2(9 horas)	Ruta 2 y 3(3 horas)
Velocidad (Km/h)	9.79	9.79	9.79
Batería Litio Power 26-104	4	8	3
Batería Plomo	5	12	4
Batería Lithium-Ion (Recomendadas: mayor almacenamiento de energía)	2	5	2
Módulos Fotovoltaicos	5	10	5

El cálculo de estos y otros parámetros y componentes del sistema (baterías, módulos fotovoltaicos, velocidad, etc.) se encuentra desarrollado en el Anexo 5.2, para los tres tamaños considerados de lancha solar (pequeña, mediana y grande).

### ➤ **Coordenadas de los Centros de Carga**

En la Tabla 5.2 se presentan las coordenadas de los centros de carga que se implementarían para las distintas rutas.



Tabla 5.2: Coordenadas de los centros de Carga (Autores).

Coordenadas de los centros de Carga		
Descripción	Latitud	Longitud
Centro de Carga #1	2°52'27.57"S	77°41'39.37"O
Centro de Carga #2	2°45'29.22"S	77°47'45.45"O
Centro de Carga #3	2°47'49.79"S	77°34'39.45"O
Centro de Carga #4	2°45'33.89"S	77°29'39.71"O
Centro de Carga #5	2°42'19.27"S	77°25'15.20"O
Centro de Carga #6	2°35'8.91"S	77°29'19.02"O

### 5.3 SIMULACIÓN DE AUTONOMÍA Y POTENCIA DE LANCHAS SOLARES-ELÉCTRICAS

A fin de determinar qué tipo de lancha solar brindaría el mejor servicio bajo las condiciones de la región estudiada, se desarrolló una hoja de cálculo en Excel que facilite dicho análisis. Los modelos más idóneos que se podrían implementar dentro de la navegación se seleccionaron para que cumplan con los parámetros básicos (autonomía) que se requieren para navegar con una canoa convencional como son: velocidad, tiempo y distancia.

De acuerdo a los requerimientos de navegación, en las Tablas 5.3 a 5.11 se resumen los resultados de cálculo del modelo propuesto para reemplazar las canoas convencionales por lanchas solares. Estas tablas fueron realizadas según el peso que tengan que desplazar y el tiempo a recorrer (3 horas, 4 horas y 9 horas.). Al final de cada tabla se incluye el rubro “costo de implementación”, que incluye los costos de: motor eléctrico, baterías, paneles fotovoltaicos, canoas en fibra de vidrio o canoa de madera, regulador, y costos por operación. El costo considera tres opciones, dependiendo del tipo de batería a utilizar. El costo de los distintos componentes se describe en la sección 5.4. La información técnica de estos equipos (catálogos) se presentan en el Anexo 5.3



NAVEGACION 3 HORAS

Tabla 5.3: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 3 horas, peso 1.1Ton (Autores).

DESCRIPCION	BOTE PEQUEÑO Peso:1.1Ton	
<b>VARIACION DE R</b>	<b>R4</b>	
Grado de velocidad	<b>1.8</b>	
Resistencia al avance (daN/t)	12	
<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>	9.79	
<b>POTENCIA (KW)</b>	1.21	
<b>NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)</b>	3	
<b>NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)</b>	4	
<b>NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)</b>	2	
<b>NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)</b>	4	
<b>CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) <math>I_{eR} - I_{SR}</math></b>	18.8-31.5	
<b>COSTO DE IMPLEMENTACION</b>	<b>BATERIAS PLOMO</b>	<b>\$11,531.40</b>
	<b>BATERIAS POWER 26-104</b>	<b>\$19,739.00</b>
	<b>BATERIAS LITIO-ION</b>	<b>\$25,174.00</b>

Tabla 5.4: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 3 horas, peso 2.689Ton (Autores).

DESCRIPCION	BOTE MEDIANO Peso:2.689Ton	
<b>VARIACION DE R</b>	<b>R3</b>	
Grado de velocidad	<b>1.6</b>	
Resistencia al avance (daN/t)	8	
<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>	10.03	
<b>POTENCIA (KW)</b>	2.02	
<b>NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)</b>	5	
<b>NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)</b>	7	
<b>NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)</b>	3	
<b>NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)</b>	6	



<b>CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) <math>I_{eR} - I_{sR}</math></b>	31.5-52.6	
<b>COSTO DE IMPLEMENTACION</b>	<b>BATERIAS PLOMO</b>	<b>\$15,428.95</b>
	<b>BATERIAS POWER 26-104</b>	<b>\$29,003.00</b>
	<b>BATERIAS LITIO-ION</b>	<b>\$35,577.00</b>

Tabla 5.5: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 3 horas, peso 1.659Ton (Autores).

DESCRIPCION	CANOA MADERA Peso:1.659 Ton	
<b>VARIACION DE R</b>	<b>R3</b>	
Grado de velocidad	<b>1.6</b>	
Resistencia al avance (daN/t)	8	
<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>	9.59	
<b>POTENCIA (KW)</b>	1.19	
<b>NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)</b>	3	
<b>NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)</b>	4	
<b>NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)</b>	2	
<b>NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)</b>	4	
<b>CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) <math>I_{eR} - I_{sR}</math></b>	18.5-31	
<b>COSTO DE IMPLEMENTACION</b>	<b>BATERIAS PLOMO</b>	<b>\$9,631.40</b>
	<b>BATERIAS POWER 26-104</b>	<b>\$17,839.00</b>
	<b>BATERIAS LITIO-ION</b>	<b>\$23,274.00</b>

**NAVEGACION 4 HORAS**

Tabla 5.6: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 4 horas, peso 1.1Ton (Autores).

DESCRIPCION	BOTE PEQUEÑO Peso:1.1Ton	
<b>VARIACION DE R</b>	<b>R4</b>	
Grado de velocidad	<b>1.8</b>	
Resistencia al avance (daN/t)	12	
<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>	9.79	
<b>POTENCIA (KW)</b>	1.21	



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)	4	
NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)	5	
NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)	2	
NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)	5	
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{eR} - I_{sR}$	37.7-31.5	
COSTO DE IMPLEMENTACION (US\$)	BATERIAS PLOMO	\$12,572.25
	BATERIAS POWER 26-104	\$23,621.00
	BATERIAS LITIO-ION	\$25,899.00

Tabla 5.7: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 4 horas, peso 2.689Ton (Autores).

DESCRIPCION	BOTE MEDIANO Peso:2.689Ton	
<b>VARIACION DE R</b>	<b>R3</b>	
Grado de velocidad	1.6	
Resistencia al avance (daN/t)	8	
<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>	10.03	
<b>POTENCIA (KW)</b>	2.02	
NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)	6	
NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)	9	
NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)	3	
NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)	8	
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{eR} - I_{sR}$	42.06-52.6	
COSTO DE IMPLEMENTACION	BATERIAS PLOMO	\$17,510.65
	BATERIAS POWER 26-104	\$33,610.00
	BATERIAS LITIO-ION	\$37,027.00

Tabla 5.8: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 4 horas, peso 1.659Ton (Autores).

DESCRIPCION	CANOA MADERA Peso:1.659 Ton	
<b>VARIACION DE R</b>	<b>R3</b>	
Grado de velocidad	1.6	
Resistencia al avance (daN/t)	8	



VELOCIDAD (Km/h)	9.59	
POTENCIA (KW)	1.19	
NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)	4	
NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)	5	
NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)	2	
NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)	5	
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{eR} - I_{SR}$	24.7-31	
COSTO DE IMPLEMENTACION	BATERIAS PLOMO	\$10,672.25
	BATERIAS POWER 26-104	\$21,721.00
	BATERIAS LITIO-ION	\$23,999.00

NAVEGACION 9 HORAS

Tabla 5.9: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 9 horas, peso 1.1Ton (Autores).

DESCRIPCION	BOTE PEQUEÑO Peso:1.1Ton	
VARIACION DE R	R4	
Grado de velocidad	1.8	
Resistencia al avance (daN/t)	12	
VELOCIDAD (Km/h)	9.79	
POTENCIA (KW)	1.21	
NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)	8	
NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)	12	
NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)	5	
NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)	10	
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{eR} - I_{SR}$	56.6-31.5	
COSTO DE IMPLEMENTACION	BATERIAS PLOMO	\$18,408.20
	BATERIAS POWER 26-104	\$39,874.00
	BATERIAS LITIO-ION	\$51,883.00



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Tabla 5.10: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 9 horas, peso 2.689Ton (Autores).

DESCRIPCION	BOTE MEDIANO Peso:2.689Ton	
<b>VARIACION DE R</b>	<b>R3</b>	
Grado de velocidad	<b>1.6</b>	
Resistencia al avance (daN/t)	8	
<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>	10.03	
<b>POTENCIA (KW)</b>	2.02	
<b>NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)</b>	13	
<b>NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)</b>	19	
<b>NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)</b>	7	
<b>NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)</b>	17	
<b>CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) <math>I_{eR} - I_{sR}</math></b>	94.6-52.6	
<b>COSTO DE IMPLEMENTACION</b>	<b>BATERIAS PLOMO</b>	<b>\$27,194.15</b>
	<b>BATERIAS POWER 26-104</b>	<b>\$62,234.00</b>
	<b>BATERIAS LITIO-ION</b>	<b>\$73,364.00</b>

Tabla 5.11: Autonomía y potencia de lanchas solares- eléctricas, Tiempo de navegación 9 horas, peso 1.659Ton (Autores).

DESCRIPCION	CANOA MADERA Peso:1.659 Ton	
<b>VARIACION DE R</b>	<b>R3</b>	
Grado de velocidad	<b>1.6</b>	
Resistencia al avance (daN/t)	8	
<b>VELOCIDAD (Km/h)</b>	9.59	
<b>POTENCIA (KW)</b>	1.19	
<b>NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104 (26V-104Ah)</b>	8	
<b>NUMERO DE BATERIAS PLOMO (12V-250Ah)</b>	12	
<b>NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION (26.4V-180Ah)</b>	5	
<b>NUMERO DE PANELES (30V - 230 W)</b>	10	



CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{eR} - I_{sR}$	55.7-31	
COSTO DE IMPLEMENTACION	BATERIAS PLOMO	\$16,508.20
	BATERIAS POWER 26-104	\$37,974.00
	BATERIAS LITIO-ION	\$49,983.00

De las Tablas expuestas se puede observar que para una navegación autónoma durante 9 horas el sistema propuesto no es tan eficiente debido que para su funcionamiento en ese tiempo se requiere de una gran inversión (baterías, paneles, etc.). Adicionalmente, se ocuparía gran espacio ubicando a las baterías lo que disminuiría en gran parte la capacidad de carga que debe transportar la embarcación. Los pesos que se especifican en cada tabla es el equivalente (peso de canoa más la capacidad de carga que puede transportar cada embarcación) que se empleó para el cálculo de propulsión de todo el sistema de lancha solar.

En la Tabla 5.12 se indican los pesos en toneladas y Kilogramos de cada elemento básico a ser utilizado en la lancha solar (El peso en toneladas se toma considerando una tonelada corta: 1 Tonelada = 2000 Libras).

Tabla 5.12: Peso de componentes de la lancha solar (Autores).

PESO DE EQUIPOS (Toneladas y Kilogramos)		
	Toneladas	Kilogramos
Batería plomo (12V-250Ah)	0.066	60
Batería Power 26-104 (26V-104Ah)	0.027	25
Batería Lithium-Ion (26.4V-180Ah)	0.06	55
Panel solar (30V - 230 W)	0.022	20
Motor Eléctrico (48V-4KW)	0.02	18.3
Regulador (48V-4850W-85A)	0.00463	4.2
Bote pequeño fibra de vidrio	0.35	317.5
Bote mediano fibra de vidrio	0.439	398.254
Canoa de madera	0.225	204.1



De la Tabla 5.12 se puede concluir que los equipos empleados ya en conjunto para cada sistema representan un peso significativo que reduce la capacidad de carga de las embarcaciones. En la Tabla 5.13 se puede ver en resumen los pesos en toneladas que pueden transportar (personas y/o carga) cada lancha solar. Los valores expuestos están en función del tiempo de navegación y varían de acuerdo a las baterías que se empleen ya que es uno de los parámetros fundamentales que involucra el aumento o disminución de la capacidad de carga.

Tabla 5.13: Capacidad de carga de la Embarcación Solar (Autores).

CAPACIDAD DE CARGA EMBARCACIONES (toneladas)				
		3 HORAS	4 HORAS	9 HORAS
<b>BOTE PEQUEÑO FIBRA DE VIDRIO</b>	<b>Batería plomo</b>	0.37337	0.28537	-0.28663
	<b>Batería Power 26-104</b>	0.55937	0.51137	0.29737
	<b>Batería LITHIUM-ION</b>	0.51737	0.49537	0.20537
<b>BOTE MEDIANO FIBRA DE VIDRIO</b>	<b>Batería plomo</b>	1.63137	1.05537	0.59737
	<b>Batería Power 26-104</b>	1.96337	1.89337	1.51337
	<b>Batería LITHIUM-ION</b>	1.91337	1.86937	1.43137
<b>CANOA DE MADERA</b>	<b>Batería plomo</b>	1.05737	0.96937	0.39737
	<b>Batería Power 26-104</b>	1.24337	1.19537	0.98137
	<b>Batería LITHIUM-ION</b>	1.20137	1.18	0.88937

De los resultados expuestos en la tabla 5.13 se puede observar claramente que para una navegación de 9 horas, la capacidad de carga (personas y/o carga) disminuye notablemente, que incluso para el modelo de bote pequeño con baterías de plomo no se puede transportar el peso de los equipos requeridos (valor negativo).

Una vez que se obtuvo los resultados del modelo de lancha solar, con las tres variantes de embarcaciones y baterías, a continuación en la siguiente sección se procede a realizar una comparación entre el sistema de movilidad actual y el propuesto, destacando variantes como: calibración de modelos, beneficios (económico, social, ambiental), proyecciones a futuro, etc.



## 5.4 COMPARACIÓN ENTRE EL SISTEMA DE MOVILIDAD ACTUAL Y EL PROPUESTO

Para tener una mayor visión de lo que representará implementar este nuevo sistema de lanchas solares, a continuación se establecen comparaciones en distintos ámbitos que ayudará a evaluar los costos y beneficios a futuro.

Se empieza haciendo un análisis considerando dos aspectos fundamentales como: Consumo de combustible (canoas convencionales) con su correspondiente emisión de CO<sub>2</sub> y la inversión para la canoa convencional vs modelo solar eléctrico.

### 5.4.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

A modo de ejemplo para la obtención de estas cifras, se definen los parámetros que se obtuvieron a partir de las encuestas realizadas en el trabajo de campo que se expone más adelante en el Anexo 3.1, y en función de estos datos se procederá a realizar el cálculo económico. Para una embarcación “tipo” se tiene:

- Potencia del motor (P) = 13 HP
- Viajes por semana = 4 en promedio, durante los 7 días de labor.
- Número de horas navegadas durante el día (Nh) = 14
- Combustible utilizado durante navegación de 14 horas = 18 galones
- Costo del galón de gasolina (Cc) = \$2.10 (\$0.554 por litro)

#### ➤ Establecimiento de un Factor de Carga al año

**Factor De Carga:** Es la Relación entre la carga media en un sistema durante un período específico de tiempo y la carga máxima que se produzca en ese período. Esto es aplicable para cualquier variable física de potencia o trabajo (Diccionario de Arquitectura y Contrucción, 2014).

Por lo tanto:

$$Factor\ de\ carga = \frac{Número\ de\ Dias\ laborados}{Número\ de\ dias\ de\ labor} \times 100 \tag{5.1}$$

$$Factor\ de\ carga = \frac{4}{7} \times 100 = 57\% (0.57)$$

Con este factor encontramos el número de días laborados al año.



$$\text{Número de Días } (d) = 360 * (\text{Factor de carga}) \quad (5.2)$$

$$\text{Número de Días } (d) = 360 \times 0.57 = 208$$

a. Obtención de un factor del consumo en HP por litros y hora.

$$\text{Potencia por hora} = \frac{\text{Potencia del motor}}{\text{Horas de navegación}} \quad (5.3)$$

$$\text{Potencia por hora} = \frac{13\text{HP}}{14\text{h}} = 0.928 \text{ HP/h}$$

$$\text{Consumo de combustible por hora} = \frac{\text{combustible utilizado}}{\text{Horas de navegación}} \quad (5.4)$$

$$\text{Consumo de combustible por hora} = \frac{18 \text{ gal}}{14} = 1.28 \frac{\text{gal}}{\text{h}} \cong 4.866 \text{ lt/h}$$

$$\text{HP por litros y hora} = \frac{\text{Consumo de combustible por hora}}{\text{Potencia Motor}} \quad (5.5)$$

$$\text{HP por litros y hora} = \frac{4.866}{13} = 0.374$$

El ahorro al año que se obtendría al dejar de utilizar el combustible convencional, con la implementación de Lanchas solares se lo obtiene relacionando los siguientes términos:

$$\text{Ahorro en combustible} = (P) * (\text{HP por litro y hora}) * (Cc) * (Nh) * (d) \quad (5.6)$$

(INER, 2013)

$$\text{Ahorro en combustible} = (13) * (0.373) * (0.554) * (14) * (208) = \$7843.61 \text{ año}$$

En promedio se consume 18 galones de combustible diarios en un viaje de 14 horas, lo que equivale a 1.28 galones por hora, para el caso de un motor que es de 13HP, el consumo está dado por 0.374 litros por cada HP y hora; esto con un



valor de gasolina de \$ 0.554 por litro y un factor de carga de trabajo del 57% (208 días al año), podemos determinar que el ahorro solo en combustible de este tipo de embarcaciones sería de \$ 7843.61 anuales. Este ahorro es sin considerar ningún otro gasto que ocasionalmente se requieren en este tipo de embarcaciones como es el mantenimiento, que interviene cambio de lubricantes (aceite), mano de obra, cambio de piezas dañadas, etc.

En cuanto al subsidio de combustible el Estado beneficia a los consumidores con un ahorro del 47 % en comparación con la comercialización internacional. <sup>[5]</sup>

En función a este dato el galón de gasolina costaría \$3.087, dado el caso el consumidor se ahorraría \$11546, y el gobierno no gastaría por subsidio \$3702.34 anual.

Por lo tanto, el reemplazo de los combustibles convencionales por un sistema renovable como el propuesto, significaría beneficios tanto para los usuarios como para el Estado.

Una vez que se obtuvo el costo del combustible que requiere la canoa convencional del ejemplo, a continuación se procede a realizar el cálculo de la emisión de CO<sub>2</sub> que produce la quema de dicho combustible.

Para el cálculo correspondiente se emplean los siguientes datos:

- Estableciendo un factor de emisión (fe) de 2.38 kg de CO<sub>2</sub> por cada litro de gasolina. (Oficina Catalana del Canví Climàtic, Marzo 2012)
- Consumo de 0.374 litros por cada HP y hora.
- Para un motor de 13 HP (P).
- 14 horas de navegación (Nh).
- Factor de carga de 208 días al año (d).

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Número de Dias laborados}}{\text{Número de dias de labor}} \times 100$$

---

[5] (<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/la-focalizacion-del-subsidio-de-la-gasolina-ya-se-calcula-587899.html>)



$$\text{Emisión de CO}_2 \text{ (por canoa)} = (\text{HP por litro y hora}) * (\text{Nh}) * (\text{P}) * (\text{d}) * fe$$

$$\text{(INER, 2013)} \tag{5.7}$$

**Emisión de CO<sub>2</sub> (por canoa)** = (0.374)\*(14)\*(13)\*(208)\*(2.38) = 33696.38 kg = 33.69 Toneladas al año.

Como se puede ver en el cálculo anterior, es representativa la cantidad de CO<sub>2</sub> que se lograría reducir con este modelo de lanchas solares. Por lo tanto es de mucha importancia promover este tipo de alternativas para mitigar los daños que causan la quema de combustibles fósiles, más aun en una zona de alta sensibilidad como la Amazonia.

## 5.4.2 INVERSIÓN: LANCHA CONVENCIONAL VS LANCHA SOLAR

En la tabla 5.14 se exponen los elementos que conforman cada sistema, así como sus costos y algunas características técnicas de las lanchas convencionales y de las Lanchas Solares.

Tabla 5.14: Características de las canoas convencionales Vs Lancha Solar. (Autores).

Característica	Canoa pequeña	Canoa grande	Lancha Solar
Potencia motor	13 HP	60HP	2.68HP
Peso del motor	31 kg	96 kg	18.4 kg
Costo motor	\$ 946.00	\$ 2500.00	\$ 3804.00
Peso de la canoa	226.8 kg	544.3 kg	398.25 kg
Cantidad de carga	1270 kg	6896.6 kg	2041.17 kg
Largo (eslora)	12 m	19 m	13 m
Tipo de material	Madera	Madera	Fibra de Vidrio
Costo de canoa	\$ 600	\$ 2000	\$ 4000
Costo Batería	-	-	\$2500



Costo Panel	-	-	\$725
Costo Regulador	-	-	\$600
Gastos operativos	\$150	\$150	\$ 100
Duración de Equipos	3 - 4 años	3 – 4 años	12 – 25 años
Duración de Baterías	-	-	12 – 15 años

Los datos expresados para las canoas de la tabla 5.14 se obtuvieron de las encuestas realizadas durante el trabajo de campo que se presentan en el Anexo 3.1, mientras que las características de la Lancha Solar se tomaron del ejemplo de un motor eléctrico marca Torquedo (Ballin, 2014) y los demás datos son de la investigación de los autores, consultando a constructores de lanchas en fibra de vidrio, revisión de catálogos, etc.

Para poder evaluar el beneficio que representa cada sistema (Canoa Convencional vs Lancha Solar), en la siguiente sección 5.4.3 se desarrolla un análisis mediante la calibración de modelos, considerando ahí los costos totales que representa la inversión y operación de las dos embarcaciones antes mencionadas.

### 5.4.3 CALIBRACIÓN DE MODELOS CON LOS DATOS RECOLECTADOS

#### 5.4.3.1 LANCHA SOLAR

Para la calibración de modelos de rutas propuestos se hizo un análisis considerando factores como: tipo de material de la embarcación, las dos primeras embarcaciones de fibra de vidrio y la tercera de madera (Tabla 5.12). En el caso de los módulos fotovoltaicos se tomó un solo valor por ser considerado recomendable, es el mismo caso del regulador, mientras que en el caso de las baterías se tienen tres tipos diferentes, dos de litio y una de plomo como se especifica en las tablas (5.15, 5.16 y 5.17).

Las especificaciones técnicas y los precios de los componentes considerados fueron tomados de distintas fuentes (Ver Anexo 5.3). La información de los costos de los componentes se detalla a continuación:



- Batería Plomo (12V / 250Ah): **\$315.85**
- Batería litio Power 26-104 (26V / 104Ah): **\$3157**
- Batería LITHIUM-ION (26.4V / 180Ah): **\$7453**
- Módulos Fotovoltaicos (30V / 230W): **\$725**
- Regulador (48V-4850W-85A): **\$600**
- Embarcación pequeña de fibra de vidrio : **\$2500**
- Embarcación mediana de fibra de vidrio : **\$4000**
- Embarcación de Madera: **\$600**

Las tablas 5.15 a 5.17 especifican el costo total de implementación que tendría la embarcación solar para tres modelos de capacidad de carga (peso) diferentes, según el tiempo de navegación, y el tipo de batería que se usaría.

Tabla 5.15: Inversión total de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 3 horas. (Autores)

NAVEGACION 3 HORAS			
	BATERIA PLOMO	BATERIAS POWER 26-104	BATERIAS LITIO-ION
BOTE PEQUEÑO	\$11,581.40	\$19,789.00	\$25,224.00
BOTE MEDIANO	\$15,478.95	\$29,053.00	\$35,627.00
CANOA MADERA	\$9,681.40	\$17,889.00	\$23,324.00

Tabla 5.16: Inversión total de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 4 horas. (Autores)

NAVEGACION 4 HORAS			
	BATERIA PLOMO	BATERIAS POWER 26-104	BATERIAS LITIO-ION
BOTE PEQUEÑO	\$12,622.25	\$23,671.00	\$25,949.00
BOTE MEDIANO	\$17,560.65	\$33,660.00	\$37,077.00
CANOA MADERA	\$10,722.25	\$21,771.00	\$24,049.00



Tabla 5.17: Inversión total de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 9 horas. (Autores)

NAVEGACION 9 HORAS			
	BATERIA PLOMO	BATERIAS POWER 26-104	BATERIAS LITIO-ION
BOTE PEQUEÑO	\$18,458.20	\$39,924.00	\$51,933.00
BOTE MEDIANO	\$27,244.15	\$62,284.00	\$73,414.00
CANOA MADERA	\$16,558.20	\$38,024.00	\$50,033.00

### 5.4.3.2 LANCHA CONVENCIONAL

En la Tabla 5.18 está especificado el consumo que tiene en 1 año de navegación la embarcación convencional, a un promedio de tres viajes a la semana según la encuesta levantada durante el trabajo de campo (Anexo 3.1). El resto de costos se encuentran de igual manera hechos a base de las encuestas realizadas, y de acuerdo a esto en el cálculo del costo de combustible se considera un consumo de combustible por hora de: 1.48 gal/h (ecuación 5.4). En la Tabla 5.18 se incluye también una estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> al año, considerando un factor de emisión de 2.38 kg (Oficina Catalana del Canví Climàtic, Marzo 2012).

Tabla 5.18: Costo y emisión CO<sub>2</sub> de la lancha Convencional. (Autores)

Lancha Convencional						
Horas	Motor 13HP + tubo	Gasolina	Canoa Madera	Gasto por Mantenimiento	Costo en el primer año de operación	Emisión de CO <sub>2</sub>
3	\$1,030.00	\$1,447.33	\$600.00	\$200.00	\$3,227.33	6.21 Ton
4	\$1,030.00	\$1,929.78	\$600.00	\$200.00	\$3,709.78	8.29 Ton
9	\$1,030.00	\$4,342.00	\$600.00	\$200.00	\$6,122.00	18.65 Ton

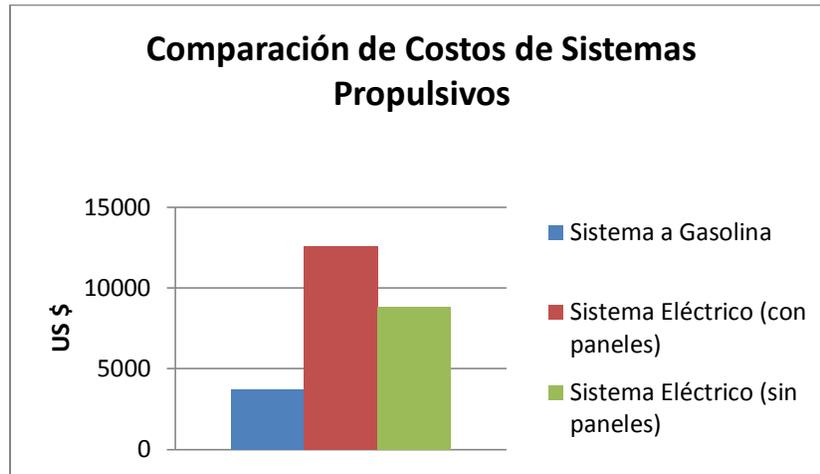


Ilustración 5.7: Comparación de costos para Sistemas Propulsados durante primer año (Autores).

En la Ilustración 5.7 se presenta una comparación de los costos en los que incurriría durante el primer año el propietario de una lancha que preste el servicio de movilización fluvial en la zona (Navegación de 4 horas). En este caso, la opción convencional sería la más conveniente.

Los tres sistemas (a gasolina, eléctrico sin panel y eléctrico con panel) al tener componentes con tiempos de vida útil diferentes, deben ser comparables en el tiempo, por lo que se requiere ajustar o calibrar esos valores conociendo la duración de los equipos y en base al criterio del Valor Presente Neto (VPN).

#### 5.4.3.3 CALIBRACIÓN DE LA LANCHASOLAR EN UN PERIODO DE 12 AÑOS

Esta calibración se realiza para conocer si el proyecto propuesto es conveniente a largo plazo, es decir si el proyecto es rentable o no. Se ha determinado el periodo de 12 años al ser ese el tiempo estimado de vida útil tanto del motor eléctrico como de la batería de mayor duración (Lithium-Ion).

- Duración de las Baterías: considerando un uso en ciclos de carga y descarga (144 ciclos al año), y en base a la información técnica disponible (Ilustraciones 5.8 y 5.9).
  - Batería Plomo: 3 años aproximadamente (400 ciclos, profundidad de descarga 60%)
  - Batería Power 26-104: 5.5 años aproximadamente (800 ciclos, profundidad de descarga 100% )



- Batería Litio-Ion: 13 años aproximadamente (2000 ciclos, profundidad de descarga 100%)

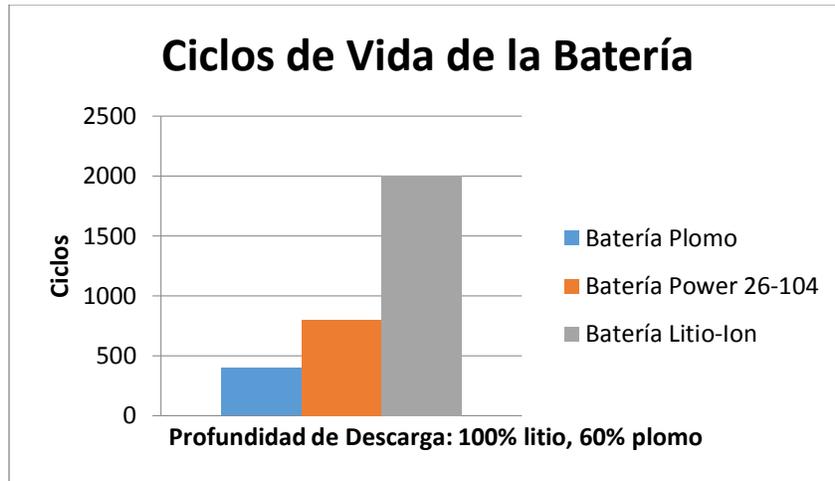


Ilustración 5.8: Ciclos de vida de las Baterías (Autores).

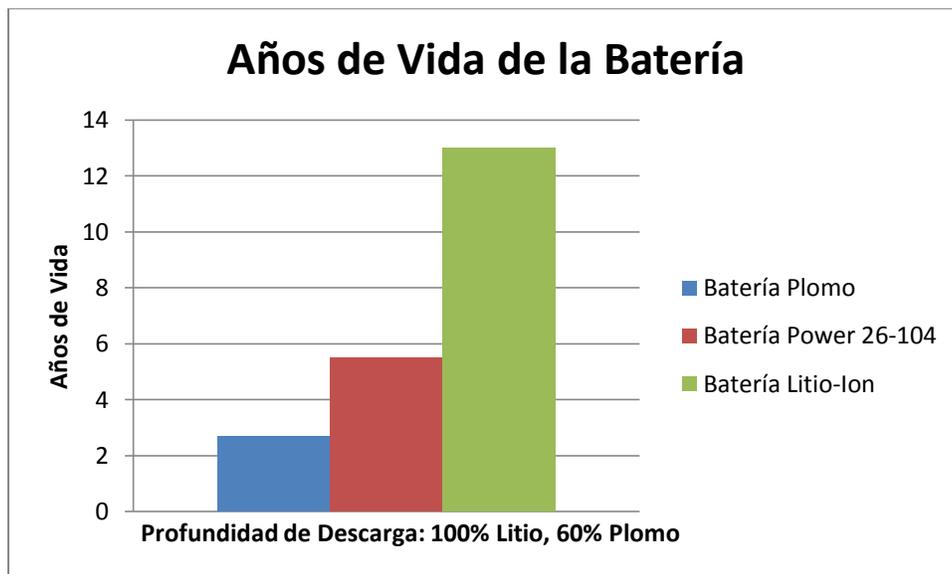


Ilustración 5.9: Años de vida de las baterías (Autores).

➤ **Motor Eléctrico Vs Motor convencional**

Los motores eléctricos propuestos tienen una duración aproximada de 12 años (Torquedo, Carlos Martínez, 2014), en condiciones de trabajo regulares, por el contrario los motores convencionales fuera de borda



tiene una duración promedio de 6 a 7 años dependiendo su adecuado mantenimiento, lo que nos representaría en promedio una durabilidad del motor eléctrico del doble, con respecto al motor convencional.

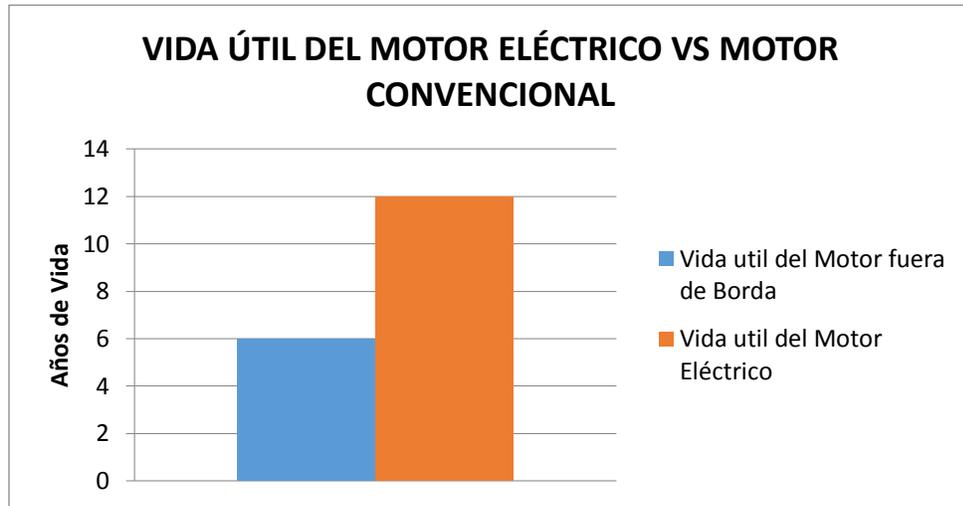


Ilustración 5.10: Vida útil de los motores (Autores).

El costo de los motores eléctricos varía según sea su potencia., La Ilustración 5.11 presenta la potencia y precio de motores para propulsar una embarcación eléctrica:

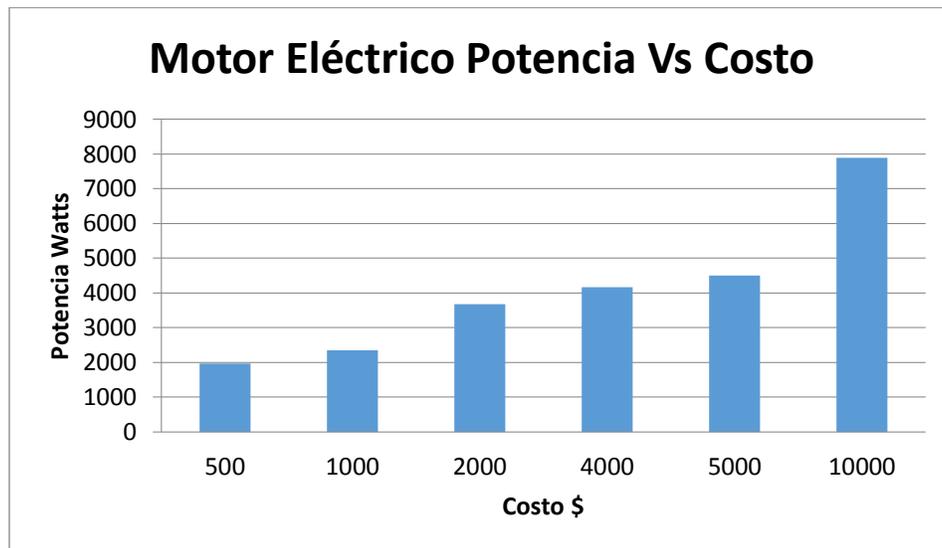


Ilustración 5.11: Precio de los motores eléctricos ( Torqueedo, 2014), (Marcos Salas, 2013) ).



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cabe recalcar que para un periodo de 12 años, la variación que tendríamos en la Embarcación Solar sería la implementación de nuevas baterías (plomo o power 26-104), ya que el motor dura al menos 12 años y el resto de equipos incluida la embarcación de fibra de vidrio tienen una duración aproximada a los 20 años (Tablas 5.19 a 5.21).

Tabla 5.19: Inversión en 12 años de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 3 horas. (Autores)

NAVEGACION 3 HORAS			
	BATERIA PLOMO	BATERIAS POWER 26-104	BATERIAS LITHIUM-ION
BOTE PEQUEÑO	\$16,121.60	\$39,481.00	\$25,874.00
BOTE MEDIANO	\$22,861.80	\$61,373.00	\$36,277.00
CANOA MADERA	\$16,621.60	\$39,381.00	\$25,774.00

Tabla 5.20: Inversión en 12 años de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 4 horas. (Autores)

NAVEGACION 4 HORAS			
	BATERIA PLOMO	BATERIAS POWER 26-104	BATERIAS LITIO-ION
BOTE PEQUEÑO	\$17,360.00	\$36,299.00	\$25,949.00
BOTE MEDIANO	\$24,152.00	\$51,616.90	\$37,077.00
CANOA MADERA	\$15,946.80	\$34,585.40	\$24,049.00

Tabla 5.21: Inversión en 12 años de la embarcación Solar con diferentes tipos de baterías y material de construcción de la embarcación, tiempo de navegación 9 horas. (Autores)

NAVEGACION 9 HORAS			
	BATERIA PLOMO	BATERIAS POWER 26-104	BATERIAS LITIO-ION
BOTE PEQUEÑO	\$25,386.49	\$61,222.66	\$51,933.00
BOTE MEDIANO	\$37,470.24	\$95,511.27	\$73,414.00
CANOA MADERA	\$24,625.85	\$56,550.43	\$50,033.00



#### 5.4.3.4 SISTEMA CONVENCIONAL PARA UN PERÍODO DE 12 AÑOS

En la Tabla 5.22 está especificado el costo que se tiene en 12 años de navegación la embarcación convencional. En este lapso de tiempo se deberá cambiar cuatro veces la canoa convencional (embarcación de madera), el factor de mantenimiento y de consumo de gasolina deberá ser considerado para los 12 años, y el motor se debería haber cambiado dos veces ya que tiene una duración de 6 a 7 años (según lo encuestado).

Tabla 5.22: Lancha convencional en 12 años. (Autores)

Lancha Convencional en un Periodo de 12 Años						
Horas	Motor 13hp	Gasolina	Canoa Madera	Gasto por Mantenimiento	Costo Total	Emisión de CO2
3	\$1,030.00	\$1,447.33	\$600.00	\$200.00	\$25,857.96	74.52 Ton
4	\$1,030.00	\$1,929.78	\$600.00	\$200.00	\$31,647.36	99.48 Ton
9	\$1,030.00	\$4,342.00	\$600.00	\$200.00	\$60,594.00	223.8 Ton

Realizando una comparación entre las Tablas (5.19-5.21) vs Tabla 5.22, se observa que el gasto que representaría una canoa convencional con sus respectivas horas de navegación, es mayor que el gasto que requeriría una Lancha solar con baterías de plomo. El gasto de la canoa convencional es menor que el gasto para todos los casos de las Lanchas Solares con baterías Power 26-104. Finalmente el gasto de la canoa convencional es similar o mayor que el gasto de las Lanchas Solares con baterías Lithium-Ion, a excepción de la Lancha Solar Mediana.

Como ejemplo a continuación se incluye un cálculo adicional aplicando el VPN (Valor Presente Neto) para comprobar el análisis anterior. Este análisis se lo realiza para el caso de un viaje de 4 horas.

#### 5.4.3.5 VALOR PRESENTE NETO

Valor Presente Neto es una medida del Beneficio que rinde un proyecto de inversión a través de toda su vida útil o un determinado tiempo; se define como el valor presente de su flujo de ingresos futuros menos el valor presente de su flujo de costos. Es un monto de dinero equivalente a la suma de los flujos de Ingresos netos que generará el proyecto en el futuro. La tasa de actualización o descuento



utilizada para calcular el valor presente neto debería ser la tasa de costo alternativo del capital que se invertirá. (eco-finanzas, 2014)

**Formula del Valor Presente Neto:** Cada entrada de efectivo y salidas se descuenta a su valor presente (PV). Luego se suman. Por lo tanto VPN es la suma de todos los términos (ENCICLOPEDIA FINANCIERA, 2014).

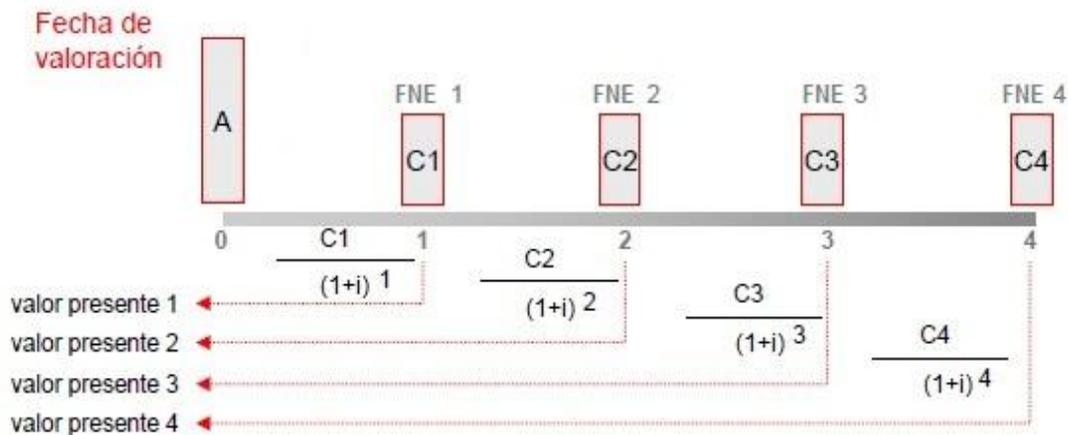


Ilustración 5.12: Secuencia para cálculo del VPN (ENCICLOPEDIA FINANCIERA, 2014).

$$VPN = -A + \frac{C_1}{(1+i)^1} + \frac{C_2}{(1+i)^2} + \frac{C_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

Donde

t → el momento temporal, normalmente expresado en años, en el que se genera cada flujo de caja.

i → la tasa de descuento.

C<sub>t</sub> → el flujo neto de efectivo (FNE).

Por lo tanto aplicando la fórmula del VPN para el ejemplo de navegación de 4 horas, se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 5.23):



Tabla 5.23: Lancha convencional en 12 años. (Autores)

VALOR PRESENTE NETO NAVEGACION 4 HORAS			
	BATERIA PLOMO	BATERIAS POWER 26-104	BATERIAS LITHIUM-ION
BOTE PEQUEÑO FIBRA DE VIDRIO	\$16,467.29	\$40,912.67	\$26,384.13
BOTE MEDIANO FIBRA DE VIDRIO	\$24,133.62	\$59,304.94	\$37,512.13
CANOA MADERA	\$16,254.19	\$40,312.80	\$25,782.26
<b>CANOA CONVENCIONAL</b>	<b>\$23,535.82</b>		

Tabla 5.24: Ingresos por transporte en 12 años. (Autores)

INGRESOS POR TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA, NAVEGACION 4 HORAS (VPN)	
BOTE PEQUEÑO FIBRA DE VIDRIO	\$11,699.49
BOTE MEDIANO FIBRA DE VIDRIO	\$35,208.73
CANOA MADERA	\$23,398.98

En la tabla 5.24 se exponen los valores que se obtendrían por el traslado de carga (pasajeros y/o carga), los valores calculados están en función de las encuestas realizadas (Anexo 3.1), considerando que el valor mínimo de pasaje a una ruta de 4 horas es de 5 dólares por persona (\$10 ida y vuelta), además los valores están dependiendo de la capacidad de carga de cada embarcación. Las cantidades de la tabla son ganancias líquidas que el canoero obtendría al operar la Lancha Solar.

De los resultados obtenidos en las tablas 5.23 y 5.24, considerando tres alternativas de embarcaciones y baterías, se presentan las siguientes observaciones:

- El VPN se lo obtuvo considerando una tasa de descuento del 5%.
- El sistema sería más rentable económicamente si se utiliza baterías de plomo para el bote pequeño y la canoa de madera, ya que en estos casos el VPN es menor que la canoa convencional a gasolina.



- El sistema para el resto de embarcaciones con los dos tipos de baterías de litio y el bote mediano con baterías de plomo, indica un VPN mayor que de la canoa convencional a gasolina.
- Si consideramos los ingresos que se obtendrían por realizar el transporte (Tabla 5.24) de carga (pasajeros y/o carga), en este caso el sistema será rentable para la mayoría de los modelos propuestos. Por ejemplo, el tiempo de recuperación de la inversión para los tres casos que utilizan baterías de plomo sería: 16 años con el bote pequeño, 8 años con el bote mediano y 8 años con el bote convencional. Pero si consideramos que para la operación ya no se gastará por consumo de combustible (gasolina), la inversión se recuperará en: 6 años con el bote pequeño, 5 años con el bote mediano y 4 años con el bote convencional ; con baterías Lithium-Ion: 9 años con el bote pequeño, 8 con el bote mediano y 7 años con el bote convencional; con baterías Power 26-104 se requiere un tiempo mayor a los 10 años para recuperar la inversión por lo que este modelo no resultaría muy idóneo para la aplicación.

De las observaciones anteriores se debe tener en cuenta que, en base al análisis del VPN, la mejor alternativa va a depender del costo de las baterías y del tipo de embarcación, pues esto influye mucho en la inversión inicial del sistema. El desarrollo de los cálculos del VPN de todos los modelos de Lancha Solar para una navegación de 4 horas se los expone en el Anexo 5.4.

Una vez realizado el análisis de los distintos modelos de Lanchas solares, se puede decir que la propuesta es viable económicamente para los casos de navegación de 3 y 4 horas utilizando las baterías de plomo y Lithium-Ion , esto sin considerar otras bondades (sociales, ambientales, etc.) que se obtendrían al implementar el Sistema de Lanchas Solares.

El análisis realizado hasta aquí, no considera las externalidades socio-ambientales que tiene el uso de la alternativa convencional. Por ejemplo, sería interesante conocer cuál es el costo (“externalidad negativa”) de contaminar un río cuando un motor fuera de borda derrama aceite o combustible.

Si bien ese análisis escapa del alcance de la presente tesis, a continuación, a manera referencial se indican algunos beneficios o “externalidades positivas” de implementar el modelo de lanchas Solares en la Amazonia.



### 5.4.3.6 BENEFICIOS ADICIONALES DEL PROYECTO

La población de esta región tendrá la oportunidad de beneficiarse de un transporte más frecuente, económico, limpio, sin la dependencia de combustibles fósiles. No es raro que, por escasez de combustible o elevado precio del flete se cancele algún viaje. Además podrán trasladar regularmente los productos que ellos cosechan (piña, yuca, palma, papa china, toronja, maíz, etc.), logrando obtener también ingresos que les ayuden en su desarrollo. Cabe señalar que al implementar este tipo de sistema, se facilitará mucho a las autoridades o personal de diversas instituciones tener un ingreso más continuo para conocer sobre las necesidades que requieren los habitantes del lugar, permitiendo realizar distintas gestiones que ayuden a mejorar la calidad de vida de los mismos. Ese es el caso, por ejemplo, de los técnicos de la Centro Sur que tendrían mayor facilidad de acceder a las comunidades donde tienen instalados los SFV del proyecto Yantsa Li Etsari.

Un proyecto como el propuesto también será beneficioso porque se podrá promover el turismo dentro de la región. Sin duda, para un turista que visita la región va a ser de mucha importancia movilizarse en un medio de transporte amigable con el entorno (este punto se amplía en la siguiente sección).

Otro aspecto de gran importancia será que el prestador del servicio (canoero) no necesitará de mucho tiempo para recuperar su inversión, puesto que con solo reemplazar el combustible por energía solar logrará cubrir el costo que representará la Lancha Solar.

Uno de los aspectos más importantes del uso de nuevas alternativas de generación de energía es la eliminación de riesgo de derrame (combustible, aceite, etc.) con su consecuente contaminación al agua y suelo. Así mismo, con la alternativa propuesta se reducirían las emisiones de gases contaminantes del aire como monóxido de carbono – CO, óxidos de nitrógeno o azufre, etc., además de los gases de efecto invernadero – GEI (particularmente CO<sub>2</sub>).

#### 5.4.3.6.1 TURISMO

Una forma más de aprovechar este proyecto, es aplicándolo para el turismo ecológico a través de un medio de transporte nuevo, a sabiendas que hoy en día nuestro país busca ser una potencia turística, y no puede haber una mejor manera que exhibir la naturaleza Amazónica en medios de transporte sostenibles.



De esta forma se generarían ingresos económicos para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región.

El turismo en nuestro país ha tenido un crecimiento considerable, no solo por la llegada de una gran cantidad de turistas del extranjero, sino porque hoy en día existe también un importante movimiento de turistas nacionales que prefieren disfrutar de los atractivos naturales que tiene Ecuador.

En la Ilustración 5.13 se puede constatar la cantidad de turistas extranjeros que visitaron nuestro país en los últimos años. Un grupo importante de ese total podría visitar el oriente ecuatoriano.

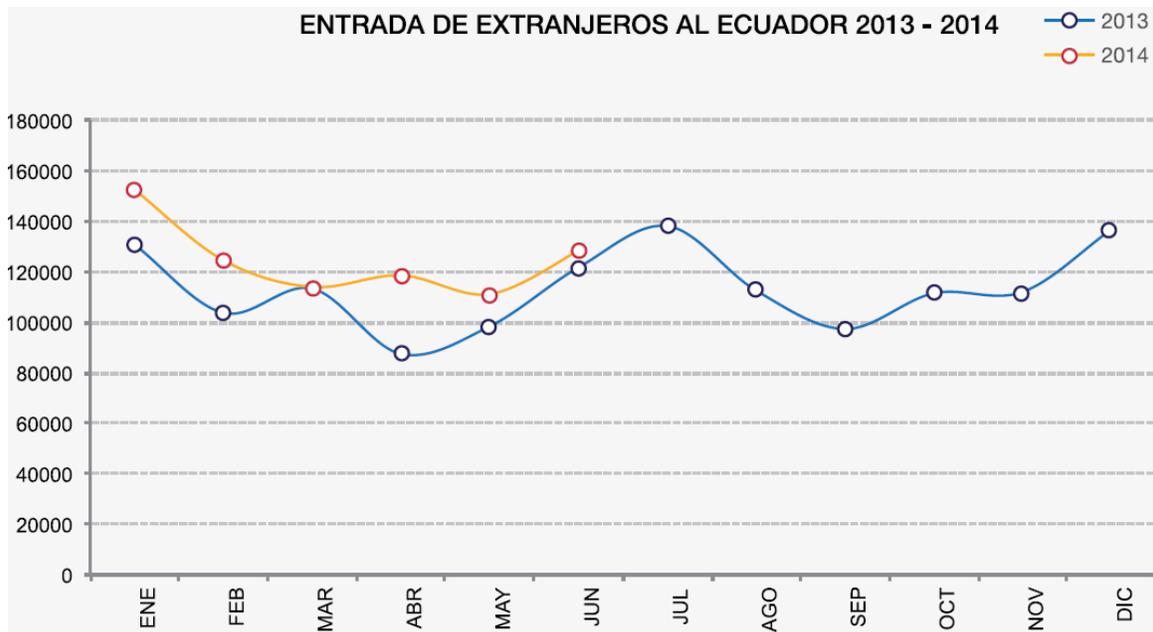


Ilustración 5.13: Entrada de Extranjeros al Ecuador. (Ministerio de Turismo, 2014).

En la ilustración 5.14 se presentan las cifras del turismo interno en Ecuador.

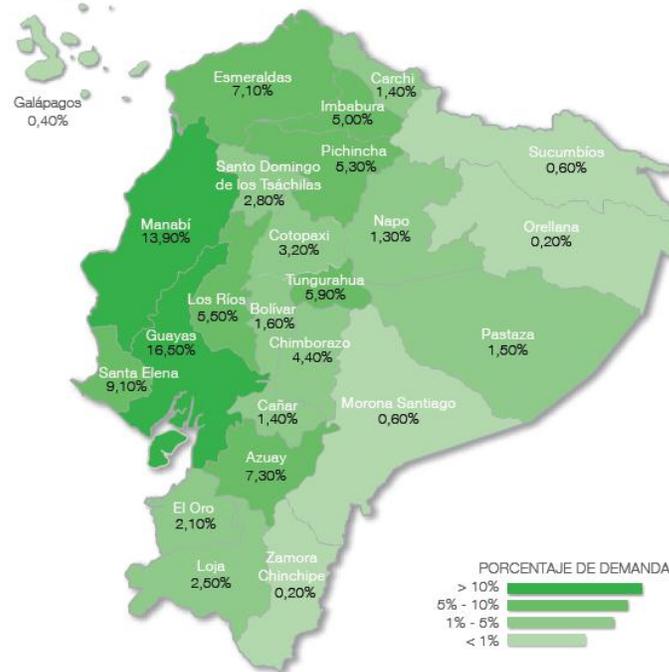


Ilustración 5.14: Porcentaje de Demanda de Turismo Interno en Ecuador. (Ministerio de Turismo, 2014).

Esta propuesta turística, en base a la experiencia de campo que se obtuvo, a más de ofertar los paseos en los alrededores, también se podría comercializar varios alimentos propios del lugar como piña, toronjas, plátano, cacao, etc.

Con un buen manejo turístico se puede también ofrecer algunas artesanías que son elaboradas por parte de las personas del lugar (por ejemplo la “Changuina”, (Ilustración 5.15), e incluso aprovechar los comedores que ya han sido construidos especialmente para recibimiento de visitas, ofertando ahí una gran variedad de platos con un arte culinario invaluable (ayampaco, chicha, caracha, bagre, etc.).



Ilustración 5.15: Changuina tradicional de la cultura Shuar (Trabajo de campo, Autores).



### 5.4.3.6.2 MEJORAS EN EL TRANSPORTE FLUVIAL

Las Lanchas Solares (fibra de vidrio) tendrán las características de ser más estables, más livianas y mucho más resistentes que las canoas tradicionales utilizadas actualmente, y por tanto son más seguras. Aparte de presentar las bondades antes mencionadas, serán amigables con el entorno, pues el sistema en si no será contaminante, será menos ruidoso y se podrá de alguna manera reducir la tala de grandes árboles, aportando así a conservar la selva amazónica.



## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- Esta tesis se desarrolló para estudiar la viabilidad técnica, económica y ambiental de un sistema de propulsión eléctrico/solar como una alternativa de transporte fluvial para las comunidades amazónicas del Sur del Ecuador, con lo cual se enfocó en el estudio de embarcaciones eléctricas/solares y energías renovables, luego se analizó la demanda del transporte fluvial en el área establecida para determinar los ríos que pueden ser navegables y así hacer el diseño de una lancha solar para la operación, con lo que finalmente se desarrolla un análisis de escenarios para cada modelo de embarcaciones.
- A fin de cumplir con el objetivo del estudio se procedió a realizar una investigación bibliográfica referente al tema; para luego hacer actividades de campo (primera visita: 10 al 15 de Marzo de 2014, segunda visita: 8 al 10 de Junio de 2014 ) que consistieron en: hacer un recorrido por los ríos de la zona y realizar encuestas a los operadores de las canoas convencionales, y por último se hizo un análisis técnico-económico basados en los estudios e investigación realizados obteniendo los posibles escenarios para la aplicación.
- Por lo general un sistema de propulsión eléctrica con paneles fotovoltaicos permite una autonomía de un número reducido de horas en función de la potencia y la velocidad con la que se requiera hacer la navegación, esto hace que se reduzca sustancialmente realizar travesías demasiado largas por lo que su uso se limita a realizar viajes cortos. En caso de hacer el dimensionamiento para una ruta larga se incrementa demasiado el costo de los equipos, produciendo también un aumento significativo del peso y espacio debido al volumen de baterías requerido para el almacenamiento de energía, por lo tanto se reduce la capacidad de carga de las embarcaciones.
- Considerando que el modelo se aplica para una embarcación del tipo desplazamiento (la resistencia al avance es mínima), la velocidad es baja



en comparación con lo que se podría lograr mediante un sistema de propulsión convencional con un motor de combustión interna. Existen motores eléctricos con grandes potencias que pueden alcanzar mayores velocidades, pero su gran problema radica en el volumen y el tiempo que ocuparía para almacenar energía (baterías). Si comparamos la autonomía entre un motor de combustión interna con un motor eléctrico se puede concluir que, para un motor eléctrico se requiere un mayor volumen (baterías) en relación de un motor a gasolina (tanque de gasolina), para almacenar energía, es decir que para un volumen igual de almacenamiento de energía, el motor a gasolina da una cantidad mucho mayor de horas de funcionamiento respecto a un motor eléctrico.

- Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el uso de lanchas solares es viable operacional y económicamente si se consideran condiciones de autonomía reducida (viajes cortos) y capacidad de recargar energía diariamente. La zona de análisis presenta las condiciones para ello.
- El costo que representa la implementación de sistemas de propulsión eléctrico se recuperaría en un plazo aproximado de unos 7 a 9 años utilizando sistemas fotovoltaicos con baterías de litio (Lithium-Ion), que son las que más representan en el costo de inversión inicial del sistema. Esta inversión permite contar con un modelo no contaminante de transporte fluvial que requerirá un costo mínimo operacional acorde a la eficiencia y la vida útil de los elementos (motor, baterías, bote fibra de vidrio, paneles fotovoltaicos) que componen la Lancha Solar.
- La implementación de Lanchas Solares en la región Sur de la Amazonía del Ecuador ayudará trascendentalmente en la sostenibilidad del proyecto Yantsa Li Etsari, ya que facilitará el ingreso de los técnicos de la Centrosur para que realicen el mantenimiento respectivo de los SFV instalados en las comunidades que se encuentren asentadas a las orillas de los ríos.
- Es posible que desde algún sector se pueda cuestionar la idea que las comunidades indígenas se incorporen a la vida moderna y dejen su ritmo de vida “natural” con la llegada de la electricidad y nuevas tecnologías que contribuyan a su bienestar. Sin embargo, al tratarse de un proyecto “ecológico”, la propuesta logra demostrar que es posible introducir nuevas



tecnologías que ayuden a las comunidades, conservando nuestros ecosistemas.

- Con la iniciativa de movilidad mediante lanchas solares se podrá realizar también un manejo sostenible de nuestros recursos como ríos, bosques, lagunas, cascadas, montañas, etc. Esto podría ser llevado como un programa turístico que permitiría obtener ingresos económicos, un intercambio cultural, salud, educación, acceso a estudios científicos y de observación, etc.
- El uso de lanchas solares permitirá disminuir sustancialmente las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen al utilizar el sistema actual con motores a gasolina, además se evitará en parte la deforestación de grandes árboles que se emplean para la elaboración de las canoas de madera, manteniendo así el entorno natural de la Amazonía.

### RECOMENDACIONES

- Para facilitar la implementación de una Lancha Solar en la Región Sur de la Amazonia, se debería empezar dando información detallada de cómo es esta nueva tecnología, a través de talleres o campañas de promoción donde se destaquen los beneficios que se obtendrían como: la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, la disminución de la tala de árboles para construcción de las embarcaciones convencionales, la no contaminación de los ríos de la zona por combustibles o aceites para los motores, la obtención de mayores ingresos económicos, la reducción del ruido que se ocasiona por los motores convencionales, etc.
- En caso de que el proyecto tenga aceptación, se recomendaría implantar un taller de Energías Renovables en el puerto Kashpaim, ya que este es el lugar donde se concentran la mayor parte de las canoas convencionales, este taller servirá para: optimizar el uso de los equipos, capacitar a los canoeros para que puedan dar el mantenimiento requerido de los equipos de la Lancha Solar, etc.



- Sería indispensable la ubicación de “Centros de Carga y/o Centros de Reemplazo de Baterías”, debido a que estos son muy necesarios, pues al tener trayectos muy largos de navegación, se requerirá de abastecimiento de energía (recarga y cambio de baterías) para las Lanchas Solares, y al tener que transportar baterías extras durante el trayecto se disminuirá la capacidad de carga de la embarcación.
  
- Según el modelo propuesto, se puede emprender alguna empresa de servicios de transporte fluvial que presente un modelo limpio, sostenible que no afecte al medio ambiente. Dada la gran importancia del proyecto alguna entidad del gobierno (Ejemplo: Ministerio de Turismo o los gobiernos locales), deberían hacer un análisis sobre los beneficios que se generan con la aplicación de Lanchas Solares en la región Amazónica.
  
- Este proyecto sería más sobresaliente si se logra construir un modelo a escala real (lancha solar), que bien podría ser integrado al proyecto Yantsa Li Etsari con el objetivo de facilitar el acceso a los técnicos de la Centrosur, pues este tipo de iniciativas permitirán visualizar como las energías alternativas pueden cambiar la perspectiva del manejo de los recursos naturales, desarrollando nuevas tecnologías energéticas sostenibles en sistemas eléctricos, que contribuyan en la disminución del daño que se causa a diario a la región amazónica y en sí al planeta.
  
- Será de mucha importancia que este proyecto (Lancha Solar) tenga un seguimiento para que en un futuro se dé su aplicación, ya que con esto se fortalecerá el estudio de las energías alternativas logrando que este tipo de iniciativas sirva como motivación para la comunidad universitaria en realizar una investigación más profunda que den soluciones manejadas con las energías renovables no convencionales.



ANEXOS

Capítulo 3

Anexo 3.1

Encuestas realizadas a los canoeros en el Puerto Kashpaim realizadas en el trabajo de campo, del 8 al 10 de julio en la segunda visita:

Identificación: Ramon Antun	Canoa 1	Identificación: Rafael Yurank	Canoa 2
Tipo de Embarcación:	canoas	Tipo de Embarcación:	canoas
Longitud (metros)	10.5	Longitud (metros)	7
Costo Canoas	\$600	Costo Canoas	\$400
Ancho atrás (metros)	0.45	Ancho atrás (metros)	0.4
Material de canoa	madera calada	Material de canoa	madera calada
Peso(toneladas)	0.25	Peso(toneladas)	0.15
Motor utilizado	13 HP	Motor utilizado	5 HP
Horas de viaje	14	Horas de viaje	8
Cosumo de gasolina (galones)	18	Consumo de gasolina (galones)	12
Ingreso por día	\$56	Ingreso por día	\$40
Ingreso por mes	\$448.00	Ingreso por mes	\$160
Carga por viaje(Toneladas)	0.9	Carga por viaje(Toneladas)	0.6
Tipo de carga a transportar	personas y viveres	Tipo de carga a transportar	personas y viveres
Número de Viajes por Semana	3	Número de Viajes por Semana	2
Peso del motor(Toneladas)	0.0341	Peso del motor(Toneladas)	0.0341
<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>	<b>1.1841</b>	<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>	<b>0.7841</b>

Identificación: Nelson Jimpikit	Canoa 3	Identificación: Martin Amaint	Canoa 4
Tipo de Embarcación:	canoas	Tipo de Embarcación:	canoas
Longitud (metros)	11	Longitud (metros)	12
Costo Canoas	\$600	Costo Canoas	\$600
Ancho atrás (metros)	0.45	Ancho atrás (metros)	0.5
Material de canoa	madera en tablas	Material de canoa	madera en tablas
Peso(toneladas)	0.2	Peso(toneladas)	0.225
Motor utilizado	13 HP	Motor utilizado	13 HP
Horas de viaje	12	Horas de viaje	7
Cosumo de gasolina (galones)	16	Cosumo de gasolina (galones)	12
Ingreso por día	\$64	Ingreso por día	\$80
Ingreso por mes	\$512	Ingreso por mes	\$1,280.00
Carga por viaje(Toneladas)	1.05	Carga por viaje(Toneladas)	1.4
Tipo de carga a transportar	personas y viveres	Tipo de carga a transportar	eres, materiales de
Número de Viajes por Semana	3	Número de Viajes por Semana	4
Peso del motor(Toneladas)	0.0341	Peso del motor(Toneladas)	0.0341
<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>	<b>1.2841</b>	<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>	<b>1.6591</b>



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Identificación: Domingo Mashinkisa</b>	<b>Canoa 5</b>	<b>Identificación: Geovanny Saque</b>	<b>Canoa 6</b>
Tipo de Embarcación:	canoas	Tipo de Embarcación:	canoas
Longitud (metros)	11	Longitud (metros)	9.5
Costo Canoa	\$600	Costo Canoa	\$550
Ancho atrás (metros)	0.45	Ancho atrás (metros)	0.4
Material de canoa	madera calada	Material de canoa	madera calada
Peso(toneladas)	0.3	Peso(toneladas)	0.2
Motor utilizado	13 HP	Motor utilizado	18 HP
Horas de viaje	8	Horas de viaje	14
Cosumo de gasolina (galones)	12	Cosumo de gasolina (galones)	18
Ingreso por día	\$90	Ingreso por día	\$112
Ingreso por mes	\$720	Ingreso por mes	\$896
Carga por viaje(Toneladas)	1.1	Carga por viaje(Toneladas)	1.2
Tipo de carga a transportar	personas y viveres	Tipo de carga a transportar	personas y viveres
Número de Viajes por Semana	3	Número de Viajes por Semana	2
Peso del motor(Toneladas)	0.0341	Peso del motor(Toneladas)	0.0341
<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>	<b>1.4341</b>	<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>	<b>1.4341</b>

<b>Identificación: Jeremias Nurinkias</b>	<b>Canoa 7</b>	<b>Identificación: Christian Peas</b>	<b>Canoa 8</b>
Tipo de Embarcación:	canoas	Tipo de Embarcación:	canoas
Longitud (metros)	8.5	Longitud (metros)	8
Costo Canoa	\$500	Costo Canoa	\$450
Ancho atrás (metros)	0.4	Ancho atrás (metros)	0.35
Material de canoa	madera calada	Material de canoa	madera calada
Peso(toneladas)	0.175	Peso(toneladas)	0.15
Motor utilizado	13 HP	Motor utilizado	8 HP
Horas de viaje	3	Horas de viaje	4
Cosumo de gasolina (galones)	6	Cosumo de gasolina (galones)	7
Ingreso por día	\$35	Ingreso por día	\$4
Ingreso por mes	\$140.00	Ingreso por mes	\$16
Carga por viaje(Toneladas)	0.85	Carga por viaje(Toneladas)	0.5
Tipo de carga a transportar	personas y viveres	Tipo de carga a transportar	personas y viveres
Número de Viajes por Semana	2	Número de Viajes por Semana	1
Peso del motor(Toneladas)	0.0341	Peso del motor(Toneladas)	0.0341
<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>	<b>1.0591</b>	<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>	<b>0.6841</b>



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Identificación: Jorge Sinkush</b>		<b>Canoa 9</b>		<b>Identificación: Gerardo Antun</b>		<b>Canoa 10</b>	
Tipo de Embarcación:		canoas		Tipo de Embarcación:		canoas	
Longitud (metros)		10		Longitud (metros)		10.5	
Costo Canoa		\$600		Costo Canoa		\$600	
Ancho atrás (metros)		0.4		Ancho atrás (metros)		0.45	
Material de canoa		madera calada		Material de canoa		madera calada	
Peso(toneladas)		0.3		Peso(toneladas)		0.25	
Motor utilizado		13 HP		Motor utilizado		13 HP	
Horas de viaje		5		Horas de viaje		14	
Cosumo de gasolina (galones)		7		Cosumo de gasolina (galones)		19	
Ingreso por día		\$45		Ingreso por día		\$56	
Ingreso por mes		\$540		Ingreso por mes		\$672.00	
Carga por viaje(Toneladas)		1.25		Carga por viaje(Toneladas)		1.05	
Tipo de carga a transportar		personas y viveres		Tipo de carga a transportar		personas y viveres	
Número de Viajes por Semana		3		Número de Viajes por Semana		3	
Peso del motor(Toneladas)		0.0341		Peso del motor(Toneladas)		0.0341	
<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>		<b>1.5841</b>		<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>		<b>1.3341</b>	

<b>Identificación: Gonzalo Juank</b>		<b>Canoa 11</b>		<b>OBSERVACIONES:</b>	
Tipo de Embarcación:		canoas		COSTO DE GALON DE GASOLINA	\$2.10
Longitud (metros)		10		MARCA DEL MOTOR	HONDA
Costo Canoa		\$600		GASTO POR MANTENIMIENTO	\$100
Ancho atrás (metros)		0.45		COSTO APROXIMADO DE CANOA	\$600
Material de canoa		madera en tablas		TIEMPO A COMEDOR (HORAS)	7 Ida y vuelta
Peso(toneladas)		0.2		Las horas de viaje estan estimadas	
Motor utilizado		13HP		en un viaje de ida y vuelta al puerto	
Horas de viaje		15		de partida (Puerto Kashpaim).	
Cosumo de gasolina (galones)		18			
Ingreso por día		\$72			
Ingreso por mes		\$576			
Carga por viaje(Toneladas)		1.1			
Tipo de carga a transportar		personas y viveres			
Número de Viajes por Semana		2			
Peso del motor(Toneladas)		0.0341			
<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>		<b>1.3341</b>			

- Encuestas realizadas a canoeros que poseen embarcaciones de una dimensión mayor, en la segunda visita del 8 al 10 de julio del 2014.



## Identificación: CANOA GRANDE 1

Tipo de Embarcación:	Lancha	
Longitud (metros)	20	
Costo Canoa	2500	
Ancho atrás (metros)	0,8	
Material de canoa	madera en tablas	
Peso(toneladas)	0,6	
Motor utilizado	60 HP	
Horas de viaje	10	
Cosumo de gasolina (galones)	48	
Ingreso por día	\$440	
Ingreso por mes	\$1.760,00	
Carga por viaje(Toneladas)	7	
Tipo de carga a transportar	personas, alimentos, materiales de construcción	
Número de Viajes por Semana	1	
Peso Motor(Toneladas)		0,105
<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>		<b>7,705</b>

## Identificación: CANOA GRANDE 2

Tipo de Embarcación:	Lancha	
Longitud (metros)	18	
Costo Canoa	2300	
Ancho atrás (metros)	0.7	
Material de canoa	madera en tablas	
Peso(toneladas)	0.55	
Motor utilizado	60 HP	
Horas de viaje	9	
Consumo de gasolina (galones)	44	
Ingreso por día	\$384	
Ingreso por mes	\$1,536.00	
Carga por viaje(Toneladas)	6.3	
Tipo de carga a transportar	personas, víveres, materiales de construcción	
Número de Viajes por Semana	1	
Peso Motor(toneladas)		0.105
<b>PESO TOTAL (TONELADAS)</b>		<b>6.955</b>

### OBSERVACIONES:

COSTO DE GALON DE GASOLINA	\$2,10
MARCA DEL MOTOR	YAMAHA



COSTO APROXIMADO DE CANOA \$2.500

Anexo 3.2

Cuadro de Calculo en Excel de Combustible y Emisión de CO2.

GASTO EN COMBUSTIBLE AL AÑO CON SISTEMA ACTUAL	
<b>FACTOR DE CARGA</b>	
$Factor\ de\ carga = \frac{Número\ de\ Dias\ laborados}{Número\ de\ dias\ de\ labor} \times 100\%$	
	0.42857143    42.8571429
<b>NUMERO DE DIAS (d)=360*Factor de carga</b>	
	154.285714    155 DIAS
<b>Factor del consumo en HP por litros y hora</b>	
$Potencia\ por\ hora = \frac{Potencia\ del\ motor}{Horas\ de\ navegacion}$	
	4.33333333 HP/h
$Consumo\ de\ combustible\ por\ hora = \frac{combustible\ utilizado}{Horas\ de\ navegacion}$	
	5.61830552 lt/h
$HP\ por\ litros\ y\ hora = \frac{Consumo\ de\ combustible\ por\ hora}{Potencia\ Motor}$	
	0.43217735
$Ahorro\ en\ combustible = (P) * (HP\ por\ litro\ y\ hora) * (Cc) * (Nh) * (d)$	
	\$1,447.33 CON SUBSIDIO
	\$2,127.58 SIN SUBSIDIO
<b>EMISION DE CO2 AL AÑO</b>	
$Emision\ de\ CO2 = (HP\ por\ litro\ y\ hora) * (Nh) * (P) * (d) * (fe)$	
	6217.77872 kg <b>6.21777872 Toneladas</b>



## Capítulo 4

### Anexo 4.1

Alternativa de embarcación construida en fibra de vidrio, para tres tipos de lanchas según su dimensión, las dimensiones de las embarcaciones son las que tomamos en nuestro trabajo de campo, el precio las canoas fue proporcionado por el constructor de canoas Jacinto Mera.

CARACTERISTICAS	BOTE 1	BOTE 2	BOTE 3
LARGO (metros)	10	13	21
ANCHO ATRÁS (metros)	0,53	0,58	0,73
PESO (TONELADAS)	0,35	0,439	0,65
CARGA POR VIAJE (TONELADAS)	0,75	2,25	8,25
COSTO	\$2.500	\$4.000	\$14.000
<b>Peso Total (Toneladas)</b>	<b>1,1</b>	<b>2,689</b>	<b>8,9</b>

### Anexo 4.2

Datos tomados con el GPS en la primera visita a las comunidades Shuar que son parte del proyecto Yantsa Li Etsari que habitan en a las orillas del rio Mangosiza. Los datos corresponden a variables importantes como lo son: velocidad, distancia, tiempo, tiempo en movimiento, etc.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Numero de Medición	Media en Movimiento (k-h)	Velocidad Máxima (k-h)	Tiempo en movimiento	Velocidad (k-h)	Hora	Cuenta (km)
1	16,4	16,5	1 min 57 sec	14,5	8:28	0,53
2	16,2	16,5	3 min 05 sec	15,3	8:29	0,83
3	15,4	16,5	4 min 54 sec	12,1	8:31	1,26
4	14,7	16,5	6 min 03 sec	11,5	8:32	1,48
5	14,6	16,5	6 min 13 sec	12,1	8:32	1,51
6	14,4	16,5	6 min 57 sec	12,7	8:33	1,67
7	14,2	16,5	7 min 49 sec	13,3	8:34	1,85
8	14,2	16,5	8 min 05 sec	13,6	8:34	1,91
9	14,2	16,5	10 min 01 sec	14,8	8:36	2,37
10	14	16,5	14 min 24 sec	13,3	8:40	3,35
11	13,7	16,5	16 min 33 sec	-	-	3,78
12	13,7	16,5	29 min 37 sec	12,1	8:55	6,74
13	13,5	16,5	32 min 34 sec	11,3	8:58	7,35
14	13,5	16,5	32 min 46 sec	11,1	8:59	7,39
15	13,6	16,5	37 min 41 sec	9,6	9:04	8,52
16	13,4	16,5	39 min 31 sec	11,3	9:05	8,85
17	13,3	16,5	49 min 30 sec	14,6	9:15	10,99
18	13,4	16,5	51 min 11 sec	14,1	9:17	11,43
19	13,3	16,5	55 min 59 sec	10,8	9:22	12,45
20	13,3	16,5	57 min 37 sec	10,1	9:24	12,73
21	13,2	16,5	1 h 03 min	13,4	9:29	13,98
22	13,2	16,5	1 h 06 min	13,7	9:30	14,01
23	13,3	17,6	1 h 07 min	13,7	9:33	14,83
24	13,3	17,6	1 h 12 min	12,3	9:39	16,08
25	13,3	17,6	1 h 20 min	15,7	9:47	17,94



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

26	13,1	17,6	1h 27 min	14	9:54	19,13
27	13,2	17,6	1 h 32 min	13,3	9:59	20,31
28	13,2	17,6	1h 34 min	8,9	10:01	20,74
29	13	17,6	1 h 43 min	13,9	10:13	22,35
30	13	17,6	1 h 53 min	12,8	10:22	24,46
31	13	17,6	1 h 59 min	12,5	10:28	25,73
32	13	17,6	2 h 05 min	12,3	10:34	27,13
33	12,9	17,6	2 h 08 min	-	10:47	27,6
34	12,9	17,6	2 h 08 min	-	10:47	27,61
35	12,9	17,6	2 h 08 min	7,2	14:17	27,64
36	12,9	17,6	2 h 08 min	10,4	14:17	27,71
37	12,9	17,6	2 h 08 min	11,2	14:17	27,74
38	12,9	17,6	2 h 14 min	8,3	14:23	28,86
39	12,8	17,6	2 h 16 min	10,8	14:24	29,08
40	13,2	144	2 h 19 min	11,9	13:57	30,62
41	13,3	144	2 h 25 min	17,1	14:03	32,07
42	13,4	144	2 h 31 min	11,2	14:09	33,73
43	13,5	144	2 h 37 min	7,9	14:15	35,6
44	13,4	144	2 h 45 min	11,3	14:39	36,81
45	13,4	144	2 h 51 min	14	14:45	38,4
46	13,6	144	2 h 57 min	15	14:51	40,19
47	13,7	144	3 h 04 min	10,2	14:58	41,89
48	13,7	144	3 h 11 min	15,1	15:06	43,73
49	13,8	144	3 h 19 min	15,4	15:13	45,65
50	13,7	144	3 h 30 min	16,6	15:25	48,22
51	13,8	144	3 h 32 min	13,5	15:26	48,77
52	13,5	144	4 h 30 min	-	16:39	60,88
53	13,5	144	4 h 33 min	29,7	13:49	61,43



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

54	13,6	144	4 h 36 min	24,9	13:53	62,87
55	13,7	144	4 h 43 min	20,6	18:27	65,3
56	13,3	144	5 h 23 min	24,3	16:07	71,55
57	13,5	144	5 h 32 min	22	16:16	74,97
58	13,6	144	5 h 45 min	24,9	16:54	78,46
59	13,6	144	5 h 46 min	24,4	16:54	78,58
60	19,9	144	6 h 01 min	10	17:09	83,64
61	13,9	144	6 h 01 min	22,3	17:10	83,7
62	13,9	144	6 h 12 min	21,8	12:14	86,15
63	13,9	144	6 h 13 min	21,8	12:17	86,25
64	14,2	144	6 h 24 min	20,2	12:27	91,13
65	14,2	144	6 h 25 min	22,2	12:29	91,2
66	14,3	144	6 h 29 min	27	12:31	92,86
67	14,3	144	6 h 29 min	27,8	12:32	92,98
68	14,4	144	6 h 30 min	23,3	12:32	93,34
69	14,4	144	6 h 32 min	24,6	12:35	94,32
70	14,4	144	6 h 35 min	22,8	12:38	95,17
71	14,4	144	6 h 35 min	20,3	12:38	95,21
72	14,5	144	6 h 39 min	26,3	12:42	96,77
73	15,7	144	7 h 44 min	24,2	13:47	121,52



**Anexo 4.3**

Tablas de radiación solar obtenidas en la página web de la NASA.

Latitude **-3** / Longitude **-78** was chosen.

---

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	-3
Longitude	°E	-78
Elevation	M	680
Heating design temperatura	°C	18.00
Cooling design temperatura	°C	31.04
Earth temperature amplitude	°C	11.07
Frost days at site	day	0

---

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation – horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	24.6	62.0%	3.66	93.5	1.8	25.6	0	454
February	24.2	66.4%	3.44	93.5	1.8	25.1	0	399



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

March	24.7	63.0%	3.47	93.5	1.8	25.7	0	454
April	24.3	62.5%	3.66	93.5	1.9	25.3	0	427
May	24.1	56.2%	3.64	93.7	2.1	25.0	0	438
June	23.9	50.0%	3.45	93.8	2.5	24.5	0	416
July	23.7	43.3%	3.53	93.8	2.6	24.2	0	424
August	24.6	38.9%	3.88	93.8	2.5	25.3	0	451
September	25.8	38.6%	4.04	93.6	2.3	26.8	0	471
October	26.4	41.8%	4.24	93.5	1.9	27.6	0	506
November	25.7	51.2%	4.25	93.4	1.9	27.1	0	472
December	24.9	59.8%	3.85	93.5	1.8	26.1	0	463
<b>Annual</b>	24.7	52.8%	3.76	93.6	2.1	25.7	0	5375
Measured at (m)					10.0	0.0		

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface  
(kWh/m<sup>2</sup>/day)  
Lat -3 / Lon -78

3.66  
3.44  
3.47  
3.66  
3.64  
3.45  
3.53  
3.88  
4.04  
4.24



4.25  
3.85

Tabla de radiación solar obtenida del Atlas Solar del Ecuador proporcionado por el CONELEC.

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACION ELECTRICA			
INSOLACION DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO			
MES	Insolación Difusa <i>kWh/m<sup>2</sup></i>	Insolación Directa <i>kWh/m<sup>2</sup></i>	Insolación Global <i>kWh/m<sup>2</sup></i>
ENERO	3,2	1,8	4,35
FEBRERO	3,3	1,2	4,35
MARZO	3,2	1,8	4,5
ABRIL	3	2,1	4,5
MAYO	2,7	2,4	4,05
JUNIO	2,6	2,1	3,9
JULIO	2,6	2,4	4,35
AGOSTO	2,7	3	4,8
SEPTIEMBRE	2,8	3,3	5,25
OCTUBRE	2,9	3,3	5,1
NOVIEMBRE	2,8	3	5,1
DICIEMBRE	2,9	3	4,95
PROMEDIO	2,891666667	2,425	4,6
			3,305555556

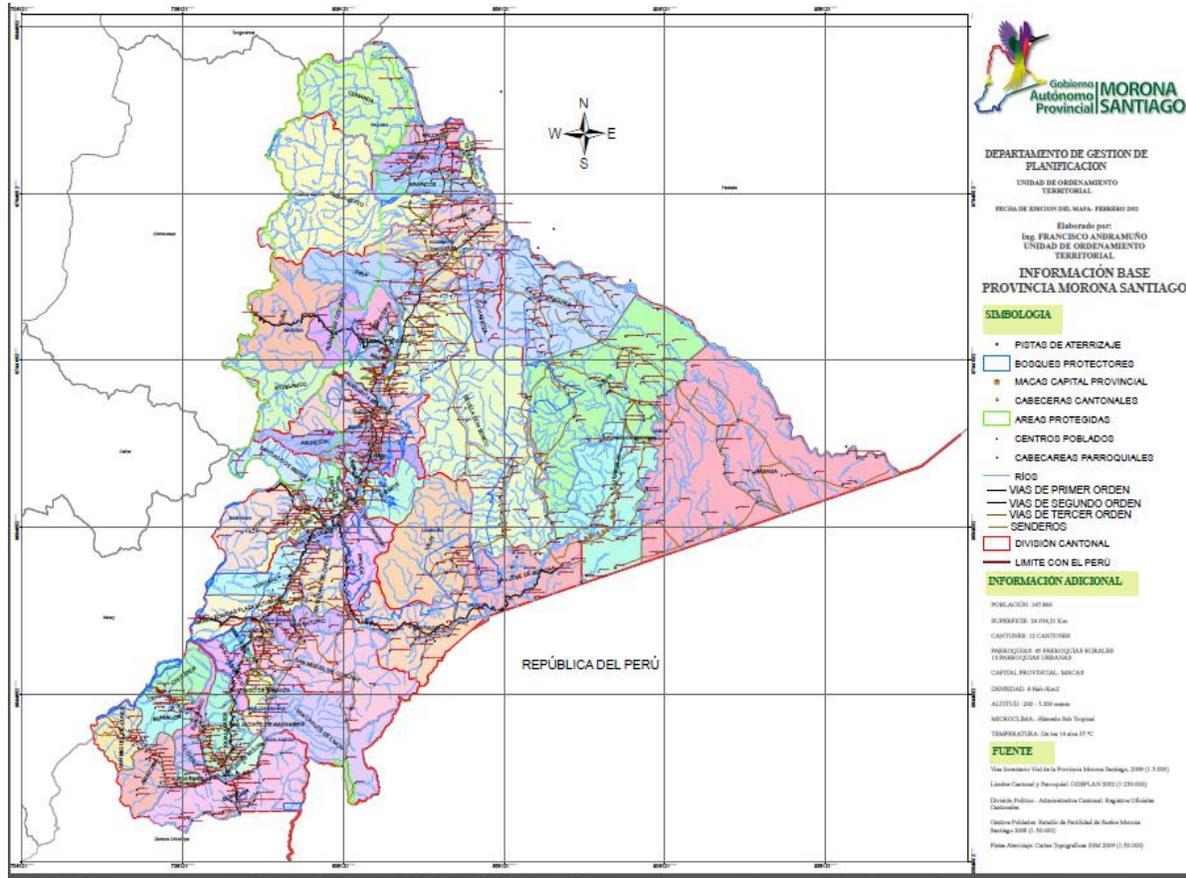
FUENTE: CONELEC



## Capítulo 5

### Anexo 5.1

Para realizar el trazado de las rutas se basó en el mapa de ordenamiento territorial proporcionado por el Gobierno Autónomo Provincial Morona Santiago.



### Anexo 5.2

Matriz de cálculo de las embarcaciones, según el tiempo de recorrido y el peso:

- Ruta 1: Inicio de la ruta puerto Kashpaim, llegando a la comunidad Shuar Antún, haciendo un recorrido de 42 Km en 4 horas de viaje aproximadamente.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

RUTA 1: RIO MANGOSIZA							
TIEMPO APROXIMADO: 4 HORAS							
DISTANCIA: 42 Km.							
DESCRIPCION			BOTE PEQUEÑO	Peso:1.1Ton			
VARIACION DE R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
	1.34	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4
Resistencia al avance (daN/t)	5	6	8	12	16	22	31.5
VELOCIDAD (Nudos) $V = R * \sqrt{E_f}$	7.29	7.61	8.7	9.79	10.88	11.9	13.05
POTENCIA (KW)	0.37	0.47	0.71	1.21	1.79	2.71	4.23
NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104	2	2	2	4	5	8	12
NUMERO DE BATERIAS AGM	4	4	4	5	8	12	18
NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION	2	2	2	2	3	4	7
NUMERO DE PANELES	2	2	3	5	7	10	15
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{eR}$	11.71-9.78	14.68-12.26	22.38-18.68	37.7-31.5	55.9-46.7	84.6-70.6	132.2-110.3

DESCRIPCION			BOTE MEDIANO	Peso:2.689Ton			
VARIACION DE R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
	1.34	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4
Resistencia al avance (daN/t)	5	6	8	12	16	22	31.5
VELOCIDAD (Nudos) $V = R * \sqrt{E_f}$	8.4	8.78	10.03	11.29	12.54	13.8	15.05
POTENCIA (KW)	1.05	1.32	2.02	3.41	5.05	7.64	11.94
NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104	3	4	6	10	14	21	33
NUMERO DE BATERIAS PLOMO	5	6	9	14	21	32	50
NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION	2	2	3	6	8	12	19
NUMERO DE PANELES	4	5	8	13	18	27	43
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{eR}$	22.01-27.57	27.6-34.5	42.06-52.67	70.97-88.89	105.1-131.6	159.04-199.1	248.42-311.13



- Ruta 2 y 3: 92 Km y aproximadamente 9 horas de viaje.

RUTA 2 y 3: RIO MACUMA Y RIO CANGAIME							
TIEMPO APROXIMADO: 9 HORAS							
DISTANCIA: 92 Km.							
DESCRIPCION	<b>BOTE PEQUEÑO</b> Peso:1.1Ton						
VARIACION DE R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
	<b>1.34</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>	<b>1.8</b>	<b>2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>
Resistencia al avance (daN/t)	5	6	8	12	16	22	31.5
<b>VELOCIDAD (Nudos) <math>V = R * \sqrt{E_f}</math></b>	7.29	7.61	8.7	<b>9.79</b>	10.88	11.9	13.05
<b>POTENCIA (KW)</b>	0.37	0.47	0.71	<b>1.21</b>	1.79	2.71	4.23
<b>NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104</b>	3	3	5	<b>8</b>	11	17	27
<b>NUMERO DE BATERIAS AGM</b>	4	5	7	<b>12</b>	17	26	40
<b>NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION</b>	2	2	3	<b>5</b>	7	10	15
<b>NUMERO DE PANELES</b>	3	4	6	<b>10</b>	15	22	34
<b>CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) <math>I_{eR}</math></b>	11.71-9.78	22.03-12.26	33.5-18.6	<b>56.6-31.5</b>	83.93-46.72	126.95-70.68	198.3-110.3

DESCRIPCION	<b>BOTE MEDIANO</b> Peso:2.689Ton						
VARIACION DE R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
	<b>1.34</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>	<b>1.8</b>	<b>2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>
Resistencia al avance (daN/t)	5	6	8	12	16	22	31.5
<b>VELOCIDAD (Nudos) <math>V = R * \sqrt{E_f}</math></b>	8.4	8.78	<b>10.03</b>	11.29	12.54	13.8	15.05
<b>POTENCIA (KW)</b>	1.05	1.32	<b>2.02</b>	3.41	5.05	7.64	11.94
<b>NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104</b>	7	9	<b>13</b>	22	32	49	75
<b>NUMERO DE BATERIAS AGM</b>	10	13	<b>19</b>	32	48	72	113
<b>NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION</b>	4	5	<b>7</b>	12	18	27	43
<b>NUMERO DE PANELES</b>	9	11	<b>17</b>	28	41	61	95
<b>CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) <math>I_{eR}</math></b>	49.53-27.57	62.1-34.5	<b>94.6-52.6</b>	159.7-88.8	236.5-131.6	357.8-199.1	558.9-311.1



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

DESCRIPCION		BOTE GRANDE	Peso:8.9Ton		
VARIACION DE R	R1	R1	R2	R3	R4
	<b>0.9</b>	<b>1</b>	<b>1.34</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>
Resistencia al avance (daN/t)	1.1	2	5	6	8
VELOCIDAD (Nudos) $V = R * \sqrt{E_f}$	7.38	8.2	10.9	11.48	13.12
POTENCIA (KW)	0.7	1.41	4.75	5.95	9.07
NUMERO DE BATERIAS	1	2	6	8	12
NUMERO DE PANELES	6	12	38	48	72
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A)	4.56-18.28	9.23-36.9	30.9-123.7	38.7-155.1	59.07-236.3

- Ruta 2 y 3: Considerando los centros de Carga, tiempo de viaje 3 horas aproximadamente, 31Km.

RUTA 2 y 3: RIO MACUMA Y RIO CANGAIME							
CENTROS DE CARGA							
TIEMPO APROXIMADO: 3 HORAS							
DISTANCIA: 31 Km. APOXIMADAMENTE							
DESCRIPCION			BOTE PEQUEÑO	Peso:1.1Ton			
VARIACION DE R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
	<b>1.34</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>	<b>1.8</b>	<b>2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>
Resistencia al avance (daN/t)	5	6	8	12	16	22	31.5
VELOCIDAD (Nudos) $V = R * \sqrt{E_f}$	7.29	7.61	8.7	9.79	10.88	11.9	13.05
POTENCIA (KW)	0.37	0.47	0.71	1.21	1.79	2.71	4.23
NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104	2	2	2	3	4	6	9
NUMERO DE BATERIAS AGM	4	4	4	4	6	9	14
NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION	2	2	2	2	2	4	5
NUMERO DE PANELES	1	2	2	4	5	8	12
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{GR}$	5.85-9.78	7.3-12.2	11.1-18.6	18.8-31.5	27.9-46.7	42.3-70.6	66.1-110.3



DESCRIPCION	BOTE MEDIANO							Peso:2.689Ton
VARIACION DE R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
	1.34	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	
Resistencia al avance (daN/t)	5	6	8	12	16	22	31.5	
VELOCIDAD (Nudos) $V = R * \sqrt{E_f}$	8.4	8.78	10.03	11.29	12.54	13.8	15.05	
POTENCIA (KW)	1.05	1.32	2.02	3.41	5.05	7.64	11.94	
NUMERO DE BATERIAS POWER 26-104	3	3	5	7	11	16	25	
NUMERO DE BATERIAS AGM	4	5	7	11	16	24	38	
NUMERO DE BATERIAS LITHIUM-ION	2	2	3	4	6	9	14	
NUMERO DE PANELES	3	4	6	10	14	21	32	
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A) $I_{eR}$	16.5-27.5	20.7-34.5	94.6-52.6	53.23-88.8	78.86-131.6	119.2-199.1	186.31-311.1	

DESCRIPCION	BOTE GRANDE					Peso:8.9Ton
VARIACION DE R	R1	R1	R2	R3	R4	
	0.9	1	1.34	1.4	1.6	
Resistencia al avance (daN/t)	1.1	2	5	6	8	
VELOCIDAD (Nudos) $V = R * \sqrt{E_f}$	7.38	8.2	10.9	11.48	13.12	
POTENCIA (KW)	0.7	1.41	4.75	5.95	9.07	
NUMERO DE BATERIAS	1	1	2	3	4	
NUMERO DE PANELES	2	4	13	16	24	
CAPACIDAD DEL REGULADOR (A)	1.52-18.28	3.07-36.9	10.3-123.7	12.9-155.1	19.69-236.35	

## Anexo 5.3

Información técnica de los equipos usados en la embarcación solar.

- Motor Torquedo Cruise 4.0 T.

### Cruise 4.0 TS/TL

Potencia de salida en vatios	4.000
Potencia de propulsión en vatios	2.240
Motores fueraborda de gasolina de referencia (potencia de propulsión)	8 CV
Motores fueraborda de gasolina de referencia (propulsión)	9,9 CV



## Cruise 4.0 TS/TL

Rendimiento máximo en %	56
Tracción a punto fijo en lbs*	189
Batería integrada	-
Tensión nominal en voltios	48
Peso total en kg	18,3 (S)/19,2 (L)
Longitud de la cola en cm	62,5 (S)/75,5 (L)
Hélice estándar (v = velocidad en km/h con p = rendimiento en vatios)	v19/p4000
Opciones alternativas de hélices	v8/p350; v30/p4000
Número de revoluciones de la hélice a plena carga en U/min	1.300
Mando	Timón de caña
Conducción	360°; bloqueable
Sistema basculante	manualmente con protección contra el encallamiento
Sistema de trim	manualmente a 4 niveles
Marcha adelante/atrás regulables sin graduación	Sí
Ordenador de a bordo integrado	Sí

- Motor Deep Blue 40CV (Motor usado para la embarcación grande).

## Características técnicas

DEEP BLUE 40 L/XL	
Potencia de entrada en vatios	30,0
Potencia de propulsión en KW	16,2



Motores fueraborda equis. de gasolina (potencia de propulsión)	40 CV
Eficiencia global en %	54
Batería integrada, energía útil en kWh	12,8
Tensión nominal en voltios	345
Tensión final de carga en voltios	389
Peso del motor en kg (incl. componentes electrónicos)	125 (L) / 135 (XL)
Peso de una batería en kg	149
Pesos del sistema completo en kg (ejemplos)	360 (con 1 batería y 1 cargador, eje largo)
Longitud de la caña	20" / 51 cm (L) 25" / 63,5 cm (XL)
Hélice estándar	v50/p50k
Número máx. de revoluciones de la hélice a plena carga en rpm	2.400
Mando	Palanca de acelerador
Sistema de trim	Power-trim-and-tilt
Incorpora ordenador de a bordo con pantalla	Sí



## ➤ Baterías para la Embarcación Solar.

### Características generales Batería Litio Power 26-104 (Torquedo, 2014)

Capacidad	2.685 Wh	
Tensión nominal	25,9 V	
Tensión final de carga	29,05 V	
Tensión final de descarga	21,0 V	
Carga nominal	104 Ah	
Régimen de descarga máxima	180 A	Sistema de seguridad (alimentación batería de tracción)
Régimen de descarga máxima	4.500 W	
Peso	24,3 kg	
Dimensiones	577,5 x 218,5 x 253,5 mm	
Volumen	32l	
Composición química	Li NMC	

### ***Datos de referencia***

Densidad energética (peso)	110 Wh/kg
Densidad energética (volumen)	84 Wh/l
Relación valor/precio	0,93 EUR/Wh
Densidad de potencia (peso)	185 W/kg



Densidad de potencia (volumen)	141 W/l
--------------------------------	---------

## ***Características de vida útil***

Zyklen-Ciclos de vida útil de la batería	800 ciclos para una profundidad de descarga del 100 % a 25° C	dan una pérdida de capacidad de carga de aprox. el 25 %
--	---	---

Pérdida de capacidad de carga anual	por envejecimiento de aprox. el 4 % a una temperatura ambiente de 25 °C
-------------------------------------	---

## ***Consignas de manipulación***

Temperatura de funcionamiento de las celdas	De -20 ° a +60 °C	Autoprotección de la batería
---	-------------------	------------------------------

Temperatura de carga de las celdas	De 0 ° a +55 °C	Autoprotección de la batería
------------------------------------	-----------------	------------------------------

Temperatura de almacenamiento	De -30 ° a +55 °C
-------------------------------	-------------------

Período normal de almacenamiento	1 año	Desconectada
----------------------------------	-------	--------------

Interconexión máxima	2S8P ó 1S16P	para bancos de baterías mayores
----------------------	--------------	---------------------------------

Régimen de carga rápida máxima	100 A	Tiempo de carga < 1,2 horas
--------------------------------	-------	-----------------------------

Grado de protección	IP 67	Estanco, sumergible a 1 metro de profundidad durante un período de 30 minutos sin deterioro
---------------------	-------	---



## **Composición de la batería**

Número de celdas 336

Caja de celdas célula de seguridad en cilindro de acero

Capacidad por celda 2,25 Ah

Carga nominal por celda 3,7 V

Conexión de las celdas 7S48P

## **Sistema de gestión de la batería y seguridad**

Conmutador encendido/apagado Sí Con motores Cruise o conmutador encendido/apagado

con motores Cruise o conmutador encendido/apagado Sí Aumenta la vida útil de la batería

Protección frente a sobretensiones y cortocircuitos Sí 4 niveles de protección frente a subidas de tensión y cortocircuitos

Protección frente a fuertes descargas Sí, Desconexión con < 2,7 V por celda, protección de carga con < 2 v por celda

Protección frente a carga incorrecta Sí 3 niveles de protección frente a sobrecarga

Protección frente a inversión de la polaridad Sí



Control individual de la tensión de las celdas Sí

Dispositivo de corte de corriente (CID) en cada celda individual Sí

Válvula de seguridad en cada celda individual Sí

Control de temperatura de la celda Sí

Control de temperatura del sistema electrónico de la batería Sí

Desactivación automática en caso de inmersión Sí

### ***Sistema de información***

Interfaz RS485

Identificación electrónica de la batería Sí Importante para la interconexión de varias baterías en el banco de baterías

Registro de datos Sí Importante para la garantía

Batería Victron Lithium-Ion Battery. (Victron Energy B.V., 2014)



Technical specifications Victron Lithium Battery	
Technology	Lithium iron phosphate (LiFePo4)
Nominal voltage	26,4 V
Nominal capacity	180 Ah
Nominal power	4,75 KWh
Weight	55 Kg
Power/Weight ratio	86 Wh/Kg
Dimensions (LxWxH)	620x188x360 mm
Charge cut-off voltage at 0.05C	28,8 V
Discharge cut-off voltage	20 V
Recommended charge/discharge current (0.3C)	54 A
Maximum charge current (1C)	180 A
Maximum discharge current (1.5C)	270 A
Pulse discharge current (10s)	1000 A
Cycle Life @DOD (0.3C)	2000
Serie configuration	Yes, easy up to 2 (more in series on request)
Parallel configuration	Yes, easy up to 4 (more parallel on request)
Operating temp. charge	0–45 °C
Operating temp. discharge	-20–55 °C
Storage temp.	-20–45 °C

Batería de plomo Monoblock 12V/250Ah

Principales características técnicas: <sup>[6]</sup>

- Tension: 12V
- Capacidad: C20-230Ah/C100-250Ah
- 400 ciclos de duración.
- Soldaduras reforzadas en las placas, prueba de choque y vibración.
- Material activo con composición concreta para reducir al mínimo el estrés cíclico.
- Rejillas de aleación para asegurar la resistencia contra la corrosión y realizar el óptimo contacto con los materiales activos.
- Baja autodescarga
- Diseñado para ciclo profundo.
- Dimensiones: 518 x 274 x 242
- Peso: 60 kg.

<sup>[6]</sup> (<http://www.teknosolar.com/bateria-monoblock-12v-250ah-c100.html>)



➤ Modulo Fotovoltaico 230 W. (SHARP, 2014)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
Maximum Power (Pmax)*	230 W
Tolerance of Pmax	+10%/-5%
Type of Cell	Monocrystalline silicon
Cell Configuration	60 in series
Open Circuit Voltage (Voc)	37.0 V
Maximum Power Voltage (Vpm)	30.0 V
Short Circuit Current (Isc)	8.40 A
Maximum Power Current (Ipm)	7.67 A
Module Efficiency (%)	14.1%
Maximum System (DC) Voltage	600 V
Series Fuse Rating	15 A
NOCT	47.5°C
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.485%/°C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.351%/°C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053%/°C

➤ Regulador Victron Energy para la Embarcación Solar. (Victron Energy B.V., 2014)



BlueSolar charge controller	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Nominal battery voltage	12 / 24 / 36 / 48V Auto Select	
Rated charge current	70A @ 40°C (104°F)	85A @ 40°C (104°F)
Maximum solar array input power 1)	12V: 1000W / 24V: 2000W / 36V: 3000W / 48V: 4000W	12V: 1200W / 24V: 2400W / 36V: 3600W / 48V: 4850W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Minimum PV voltage	Battery voltage plus 7 Volt to start	Battery voltage plus 2 Volt operating
Standby power consumption	12V: 0,55W / 24V: 0,75W / 36V: 0,90W / 48V: 1,00W	
Efficiency at full load	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Absorption charge	14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6V	
Float charge	13.7 / 27.4 / 41.1 / 54.8V	
Equalization charge	15.0 / 30.0 / 45 / 60V	
Remote battery temperature sensor	Yes	
Default temperature compensation setting	-2,7mV/°C per 2V battery cell	
Remote on/off	No	Yes
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC/4A DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC	
Communication port	VE.Can: two paralleled RJ45 connectors, NMEA2000 protocol	
Parallel operation	Yes, through VE.Can. Max 25 units in parallel	
Operating temperature	-40°C to 60°C with output current derating above 40°C	
Cooling	Natural Convection	Low noise fan assisted
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Terminal size	35mm <sup>2</sup> / AWG2	
Material & color	Aluminium, blue RAL 5012	
Protection class	IP20	
Weight	4,2 kg	
Dimensions (h x w x d)	350 x 160 x 135 mm	
Mounting	Vertical wall mount	Indoor only
Safety	EN60335-1	
EMC	EN61000-6-1, EN61000-6-3	

### Anexo 5.4

En este anexo se presenta el cálculo del valor presente neto (VPN) para una navegación de 4 horas proyectado para 12 años de operación de todas las embarcaciones consideradas en el estudio (Lanchas Solares y Canoa Convencional a gasolina).



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### CANOA CONVENCIONAL A GASOLINA

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00
Gasto en Combustible	-	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78	\$1,929.78
Reemplazo de Canoa	-	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	\$1,030.00	-	-	-	-	-	\$1,030.00
Inversión Inicial	\$1,630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>\$1,630</b>	<b>\$2,129.78</b>	<b>\$2,129.78</b>	<b>\$2,729.78</b>	<b>\$2,129.78</b>	<b>\$2,129.78</b>	<b>\$3,759.78</b>	<b>\$2,129.78</b>	<b>\$2,129.78</b>	<b>\$2,729.78</b>	<b>\$2,129.78</b>	<b>\$2,129.78</b>	<b>\$3,759.78</b>
Tasa de Interés del 5%		\$2,028.36	\$1,931.77	\$2,358.09	\$1,752.18	\$1,668.74	\$2,805.61	\$1,513.59	\$1,441.52	\$1,759.64	\$1,307.50	\$1,245.24	\$2,093.59
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$23,535.82												
<b>VALOR PRESENTE NETO</b>	<b>\$31,647.36</b>												

### BOTE PEQUEÑO FIBRA DE VIDRIO (BATERIAS DE PLOMO)

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	\$1,579.25	-	-	-	\$1,579.25	-	-	-	\$1,579.25	-
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$12,472	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>\$12,472</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$1,679.25</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$100.00</b>	<b>\$1,629.25</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$100.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$1,679.25</b>	<b>\$50.00</b>
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$1,450.60	\$41.14	\$39.18	\$74.62	\$1,157.88	\$33.84	\$64.46	\$30.70	\$981.82	\$27.84
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$16,467.29												
<b>VALOR PRESENTE NETO</b>	<b>\$18,010.00</b>												



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

BOTE MEDIANO FIBRA DE VIDRIO (BATERIAS DE PLOMO)													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	\$2,842.65	-	-	-	\$2,842.65	-	-	-	\$2,842.65	-
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$17,411	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>\$17,411</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$2,942.65</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$100.00</b>	<b>\$2,892.65</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$100.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$2,942.65</b>	<b>\$50.00</b>
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$2,541.97	\$41.14	\$39.18	\$74.62	\$2,055.75	\$33.84	\$64.46	\$30.70	\$1,720.51	\$27.84
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$24,133.62												
VALOR PRESENTE NETO	\$26,738.60												

CANOA MADERA (BATERIAS DE PLOMO)													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	\$1,579.25	-	-	-	\$1,579.25	-	-	-	\$1,579.25	-
Reemplazo de Canoa	-	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$10,572	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>\$10,572</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$2,279.25</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$700.00</b>	<b>\$1,629.25</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$700.00</b>	<b>\$50.00</b>	<b>\$1,679.25</b>	<b>\$650.00</b>
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$1,968.90	\$41.14	\$39.18	\$522.35	\$1,157.88	\$33.84	\$451.23	\$30.70	\$981.82	\$361.94
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$16,254.19												
VALOR PRESENTE NETO	\$18,510.00												



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

BOTE PEQUEÑO FIBRA DE VIDRIO (BATERIAS POWER 26-104)													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	-	-	-	\$12,628.00	-	-	-	-	\$12,628.00	-
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$23,521	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$23,521	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$12,728.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$12,728.00	\$50.00
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$86.38	\$41.14	\$39.18	\$9,497.83	\$35.53	\$33.84	\$64.46	\$30.70	\$7,441.80	\$27.84
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$40,912.67												
VALOR PRESENTE NETO	\$49,577.00												

BOTE MEDIANO FIBRA DE VIDRIO (BATERIAS POWER 26-104)													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	-	-	-	\$18,942.00	-	-	-	-	\$18,942.00	-
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$33,510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$33,510	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$19,042.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$19,042.00	\$50.00
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$86.38	\$41.14	\$39.18	\$14,209.43	\$35.53	\$33.84	\$64.46	\$30.70	\$11,133.46	\$27.84
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$59,304.94												
VALOR PRESENTE NETO	\$72,194.00												

CANOA MADERA (BATERIAS POWER 26-104)													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	-	-	-	\$12,628.00	-	-	-	-	\$12,628.00	-
Reemplazo de Canoa	-	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$21,621	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$21,621	\$50.00	\$50.00	\$700.00	\$50.00	\$50.00	\$13,328.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$12,728.00	\$650.00
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$604.69	\$41.14	\$39.18	\$9,945.56	\$35.53	\$33.84	\$64.46	\$30.70	\$7,441.80	\$361.94
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$40,312.80												
VALOR PRESENTE NETO	\$49,477.00												



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

BOTE PEQUEÑO FIBRA DE VIDRIO (BATERIAS LITIO-ION)													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$25,799	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$25,799	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$86.38	\$41.14	\$39.18	\$74.62	\$35.53	\$33.84	\$64.46	\$30.70	\$58.47	\$27.84
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$26,384.13												
VALOR PRESENTE NETO	\$26,599.00												

BOTE MEDIANO FIBRA DE VIDRIO (BATERIAS LITIO-ION)													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$36,927	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$36,927	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$86.38	\$41.14	\$39.18	\$74.62	\$35.53	\$33.84	\$64.46	\$30.70	\$58.47	\$27.84
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$37,512.13												
VALOR PRESENTE NETO	\$37,727.00												

CANOA MADERA (BATERIAS LITIO-ION)													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00
Reemplazo de Baterías	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reemplazo de Canoa	-	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00	-	-	\$600.00
Reemplazo de Motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión Inicial	\$23,899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$23,899	\$50.00	\$50.00	\$700.00	\$50.00	\$50.00	\$700.00	\$50.00	\$50.00	\$100.00	\$50.00	\$100.00	\$650.00
Tasa de Interés del 5%		\$47.62	\$45.35	\$604.69	\$41.14	\$39.18	\$522.35	\$35.53	\$33.84	\$64.46	\$30.70	\$58.47	\$361.94
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$25,784.26												
VALOR PRESENTE NETO	\$26,499.00												



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### Cálculo de ingresos por transporte de carga o pasajeros en un tiempo de 4 horas

INGRESOS POR TRANSPORTE DE PASAJEROS O CARGA BOTE PEQUEÑO FIBRA DE VIDRIO													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00
Inversión Inicial	\$0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$0	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00	\$1,320.00
Tasa de Interes del 5%		\$1,257.14	\$1,197.28	\$1,140.27	\$1,085.97	\$1,034.25	\$985.00	\$938.10	\$893.43	\$850.88	\$810.37	\$771.78	\$735.03
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$11,699.49												
VALOR PRESENTE NETO	\$15,840.00												

INGRESOS POR TRANSPORTE DE PASAJEROS O CARGA BOTE MEDIANO FIBRA DE VIDRIO													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00
Inversión Inicial	\$0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$0	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00	\$3,960.00
Tasa de Interes del 5%		\$3,771.43	\$3,591.84	\$3,420.80	\$3,257.90	\$3,102.76	\$2,955.01	\$2,814.30	\$2,680.28	\$2,552.65	\$2,431.10	\$2,315.33	\$2,315.33
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$35,208.73												
VALOR PRESENTE NETO	\$47,520.00												

INGRESOS POR TRANSPORTE DE PASAJEROS O CARGA CANOA DE MADERA													
CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Resultado de Operación	-	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00
Inversión Inicial	\$0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$0	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00	\$2,640.00
Tasa de Interes del 5%		\$2,514.29	\$2,394.56	\$2,280.53	\$2,171.93	\$2,068.51	\$1,970.01	\$1,876.20	\$1,786.86	\$1,701.77	\$1,620.73	\$1,543.55	\$1,470.05
VALOR PRESENTE NETO 5%	\$23,398.98												
VALOR PRESENTE NETO	\$31,680.00												



## BIBLIOGRAFÍA

- Adonai Zapata Gordon, J. A. (2012). *Lancha Solar escala real*. Pereira.
- Ballin, D. C. (2014). Cruise T. *TORQEEDO*.
- Banco Central del Ecuador. (2014). Estadísticas Macroeconómicas. *Banco Central del Ecuador*.
- bp. (2014). Statistical Review of World Energy 2014. *bp*.
- CENTER, A. S. (2014). *NASA Surface meteorology and Solar*.
- Chiriboga, P. J. (2009). *EVALUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES*. Quito.
- Ciencia y Empresa. (2009). *Investigación y Ciencia*.
- CONELEC. (2008). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA*. Quito.
- CONELEC. (2012). *Indicadores de energía eléctrica anuales*. Quito.
- CONELEC. (2014). *EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN ENERGÉTICA DEL ECUADOR. QUITO*.
- Delta Volt SAC. (2014). *Baterías para Sistemas Solares y Eólicos*. Lima, Perú.
- Diccionario de Arquitectura y Construcción. (2014). Factor de Carga. *Diccionario de Arquitectura y Construcción*.
- eco-finanzas. (2014). *VALOR PRESENTE NETO*.
- EL ESPECTADOR. (2013). Deforestación pone en peligro a plantas de la Amazonia. *EL ESPECTADOR*.
- Elena. (2010). La función de los árboles.
- ENCICLOPEDIA FINANCIERA. (2014). *Valor Presente Neto (VPN)*.
- FUNDACION PROBOSQUE. (11 de julio de 2010). *ARBOL DE CEIBO*.
- Grupo NAP. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid.
- Gutelle, P. (1995). *Architecture du voilier*. Bordeaux: Loisirs nautiques.



- Hans Ekdahl, M. S. (2013). *Análisis operacional y Económico de Sistema de Propulsión Eléctrico para Embarcaciones Menores*. Iquitos, Perú.
- <http://www.teknosolar.com/bateria-monoblock-12v-250ah-c100.html>. (s.f.).
- IDAE . (2009). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica*. MADRID.
- INEC. (2011-2012). *Transporte*. Quito.
- INEC. (2014). Salud en el Ecuador. *Ecuador en Cifras*.
- INER. (2013). *Embarcaciones solares, una evolución al transporte marino en las islas* . Quito.
- Izko, X. (2010-2030). *Informe amazonia ecuatoriana*. Quito: Paulina Torres .
- Jara, I. J. (2014). *Comunicacion Personal*. Cuenca.
- Karu, K. (24 de Octubre de 2012). Nacionalidades amazonicas rechazan XI ronda petrolera. *Magazine*.
- LÍDERES.ec, R. (2013). La gasolina extra y súper: el subsidio creció ocho veces en siete años. *Revista Líderes*.
- Lowell E. Sever, P. (2009). *Contaminación Petrolera y Efectos sobre la Salud*. Quito.
- Luna, V. H. (2013). PERSPECTIVAS DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DE ELECTRICIDAD EN EL ECUADOR. *ESPOL*.
- Macancela Zhumi, L. G. (2012). *DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO YANTZA Li ETSARI*. Cuenca.
- Malessa, W. P. (2010). Situación de las comunidades productoras forestales de la amazonia ecuatoriana:. *Verifor y Traffic*, 16.
- Manuel Gari, B. E. (2011). *Empleo Asociado Al Impulso De Las Energías Renovables*. Madrid.
- Marcos Salas, R. L. (2013). *ENERGÍA SOLAR PARA PROPULSIÓN DE EMBARCACIONES FLUVIALES*. Perú.
- mcgraw-hill. (2014). *Componentes de una instalacion solar fotovoltaica*.



- Mera, J. (2014). *Botes Fibra de Vidrio*. Manta.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2012). *Destacan uso de tecnología para mejora de calidad de vida de población Shuar y Achuar*. Guayaquil.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS. (2010). *RED VIAL ESTATAL EN MORONA SANTIAGO*. QUITO.
- Ministerio de Turismo. (2014). *TURISMO INTERIOR (residentes y no residentes)*. Quito.
- Montalvo, C. (2014). *Motores Torqeedo*. *Torqeedo*.
- Noboa, E. (2012). *El transporte en la matriz energética del Ecuador. Sectores Estratégicos*.
- Oficina Catalana del Canví Climàtic. (Marzo 2012). *GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE*. Cataluña.
- OLADE. (2011). *Matriz Energética*.
- One Stop Cargo. (2013). *Vehículos Híbridos*.
- Petroecuador. (2011). *Producción Nacional de Crudo*.
- PROECUADOR. (2013). *Guía comercial de la república del Ecuador*. Quito: PRO ECUADOR.
- ProPurús. (2012). *Madereras de Ucayali usan comunidades indígenas en el Alto Purús para “blanquear” la caoba*. *ProPurús*.
- proTierra. (2014). (<http://www.ofertia.com/protierra/un-blog-un-arbol-asi-funciona>). *proTierra*.
- RAY ELECTRIC OUTBOARDS, INC. (2014). *The Role of Shape*.
- Santiago, G. d. (2009). *Vialidad*. Morona Santiago.
- SHARP. (2014). *Solar Electricity*. *SHARP*.
- SunFields. (2014). *Cálculo sistemas fotovoltaicos autónomos*.
- TORQEEDO. (2014). *Bateria Power 26-104*. Alemania.



Torqueado. (2014). *Cruise T. Alemania.*

Torqueado. (2014). Motores Electricos. *Torqueado.*

Torqueado, Carlos Martínez. (2014). *El Líder en Motores Eléctricos.* ESPAÑA.

Udiales, D. (2012). *GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN ETAPAS DE PREINSTALACIÓN, INSTALACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y RETIRO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE LA SEGUNDA ETAPA DEL PROYECTO YANTSA ii ETSARI EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.* Cuenca.

Universidad de las Americas. (2010). Autos Híbridos en el Ecuador. *Scribd.*

Victron Energy B.V. (2014). Lithium-Ion. *MG ELECTRONICS.*

Vogliano, S. (2009). Proyecto cultura y ambiente. *Fuhem cip social.*

Wikipedia. (2014). Barco Eléctrico. *Wikipedia.*

-WWF-, S. (2013). *SOLARIS.*

Zacarías, R. (17 de Junio de 2010). Importancia del árbol en el ecosistema. *ABC Color.*