



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **Estudio de sostenibilidad sobre el acceso universal a la energía y al agua potable en la Amazonía**

**Autor: Belén Rabadán Travesí  
Directora: María del Mar Cledera Castro  
Director: José Carlos Romero Mora**

Madrid  
Agosto 2018

## **AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO**

### **1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.**

El autor Dña. Belén Rabadán Travesí

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Estudio de sostenibilidad sobre el acceso universal a la energía y al agua potable en la Amazonía, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

### **2º. Objeto y fines de la cesión.**

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

### **3º. Condiciones de la cesión y acceso**

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

### **4º. Derechos del autor.**

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

### **5º. Deberes del autor.**

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la

- intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
  - d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

**6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 28 de Agosto de 2018

**ACEPTA**

Fdo. Belén Rabadán Travesí



Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
*“Estudio de sostenibilidad sobre el acceso universal a la energía y al agua potable en la Amazonía”* en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2017/2018 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Belén Rabadán Travesí

Fecha: 28/08/2018



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: José Carlos Romero Mora

Fecha: 27 / 08 / 2018





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **Estudio de sostenibilidad sobre el acceso universal a la energía y al agua potable en la Amazonía**

Autor: Belén Rabadán Travesí

Directora: María del Mar Cledera Castro

Director: José Carlos Romero Mora

Madrid

Agosto 2018



## ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD SOBRE EL ACCESO UNIVERSAL A ELECTRICIDAD Y AGUA POTABLE EN LA AMAZONIA

**Autor: Rabadán Travesí, Belén.**

Directora: Cledera Castro, María del Mar.

Director: Romero Mora, José Carlos.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

### RESUMEN DEL PROYECTO

#### Introducción

El agua y la energía son esenciales para el desarrollo tanto del ser humano como persona como para la realización de sus actividades económicas. No obstante, gran parte de la población mundial carece de ellos o tiene un acceso muy limitado. Según cálculos del Banco Mundial 780 millones de personas carecen en la actualidad de acceso al agua y 1.3 billones de acceso a la electricidad. Siguiendo esta línea de actuación, en este proyecto se ha buscado mejorar la situación actual de acceso al agua y a la electricidad de varias poblaciones rurales situadas en la ribera del río Napo, distrito de Loreto, Perú. Así, en este proyecto se desarrollan dos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el ODS-6 “Agua limpia y saneamiento” y el ODS-7 “Energía asequible y saneamiento”.

#### Metodología

En primer lugar, se define de manera geográfica la región conocida como Amazonía. Existen diferentes definiciones de esta región y, cada una de ellas, se refiere a un territorio concreto. Así, se concluye que la región a la que se referirá a lo largo del proyecto es la región de la Figura 1 conocida como Amazonia sensu latissimo. Una vez definida la región se profundiza en la gran abundancia de recursos naturales en la zona y el impacto del hombre en ellos.



Figura 1: Amazonia sensu latissimo (en rojo) [1]

Más adelante, se resume el concepto de sostenibilidad que será utilizado más adelante para evaluar el impacto de este proyecto en sus tres componentes principales:

económico, natural y social. De esta forma se concluye que la sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades del presente permitiendo que a las generaciones futuras satisfacer las suyas también.

A continuación, se presenta un breve análisis de la región de estudio. En concreto, este proyecto se centra en el departamento de Loreto, en la provincia de Maynas en el Perú. Además, se presentan aquellos poblados que, gracias a su localización, se benefician de manera directa de las instalaciones diseñadas en este proyecto. Como se observa en la Figura 2 estos poblados son: Sargento Lores, Santa Clotilde, Nuevo San José, Nuevo San Pedro y Huitotos de la Fortaleza.



Figura 2: Poblados beneficiados de manera directa por el proyecto

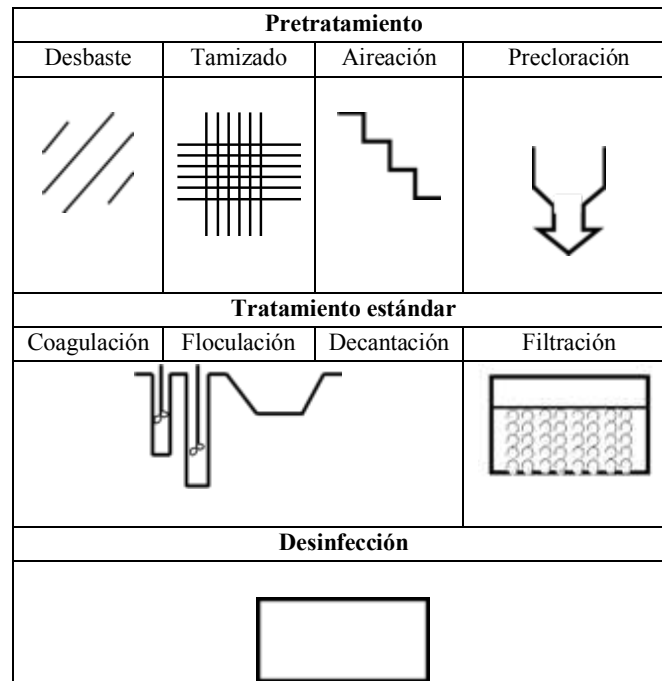
Una vez que la región de estudio ha sido definida se procede al diseño de las instalaciones. Se diseñan dos instalaciones de agua, una ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable) y una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales). Así, previo al diseño, se realiza un análisis de los resultados obtenidos en un estudio sobre la calidad del agua superficial del río Napo, que como se ha mencionado anteriormente es el río en cuya ribera se instalan los poblados de la Figura 2. Tras el análisis se concluye que es necesario reducir la elevada cantidad de sólidos en suspensión presentes en el agua del río. Las coordenadas de la EDAR y la ETAP se muestran en el Cuadro 1. A la hora de escoger la localización se ha buscado aquella que permitiese mejorar el acceso al agua del mayor número de habitantes posible.

	Coordenadas en grados, minutos y segundos	
	Latitud	Longitud
<b>ETAP</b>	2° 29' 00,00'' S	73° 41' 00,00'' O
<b>EDAR</b>	2° 27' 14,71'' S	73° 38' 25,9'' O

Cuadro 1: Coordenadas en grados, minutos y segundos de la EDAR y ETAP en cuestión

Se diseña una ETAP formada por un pretratamiento, un tratamiento estándar y una desinfección, Cuadro 2. A su vez, el pretratamiento contiene las etapas de desbaste, tamizado, aireación y precloración y, el tratamiento estándar, está compuesto por los procesos de coagulación, floculación, decantación y filtración.





Cuadro 2: Etapas de la ETAP

Por otro lado, se diseña una EDAR de filtros verdes ya que esta tecnología asegura, a la vez, un bajo coste y una buena eficacia. Así, la EDAR en cuestión está formada por un pretratamiento (desbaste y tanque Imhoff) y una etapa de filtros verdes en la que se utilizarán los helechos de agua como especie vegetal, reduciendo así el impacto del sistema sobre la zona.

Por último, se dimensiona un sistema fotovoltaico que se encarga de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento del sistema de bombeo instalado en la ETAP. Se escoge esta tecnología gracias a los buenos índices de irradiación de la zona. Además, el proporcionar a la población los conocimientos necesarios para el diseño y mantenimiento del sistema fotovoltaico, asegura la posible futura instalación de esta tecnología en las viviendas de la zona.

## **Resultados**

Tras el dimensionamiento de los sistemas en cuestión se procede al análisis del impacto que tiene el proyecto sobre los tres componentes principales de la sostenibilidad. Este impacto se realiza estudiando la influencia de la EDAR, la ETAP y los paneles fotovoltaicos sobre algunos de los indicadores de la sostenibilidad más usados como el Índice de Desarrollo Humano (IDH) o el índice de matriculación. Se observa en todo momento que estos índices experimentan un crecimiento gracias a los sistemas instalados en el proyecto. De esta forma se asegura, por un lado, una mejora en la calidad de vida de la población de la zona y, por otro lado, el mantenimiento de capitales que permitan a las generaciones futuras satisfacer sus necesidades.

## **Conclusiones**

Las cifras actuales de acceso al agua y a la electricidad en el distrito Napo son de 4,5% y de 25,5% respectivamente para una población total de 14.882 habitantes. Por otro

lado, en la región de estudio viven 3.173 personas en total. Así, gracias a la ETAP y EDAR dimensionadas en el proyecto se mejora el acceso al agua en el distrito de Napo en un 21,3%. Por otro lado, la instalación del sistema fotovoltaico proporciona a los habitantes de la zona del conocimiento necesario que les permita instalar estos sistemas en el futuro en sus viviendas, mejorando así el acceso a la electricidad. Además, puesto que estas instalaciones se han realizado en poblados aislados pertenecientes al ámbito rural se contribuye a una reducción de las desigualdades existentes entre las poblaciones rurales y urbanas del Perú.

Por último, aunque el objetivo principal de este proyecto ha sido desarrollar el ODS-6 y ODS-7 presentados previamente, las mejoras introducidas sobre el acceso al agua y a la electricidad también generan un impacto sobre el resto de ODS. Por ejemplo, el acceso al agua potable en las viviendas aumenta la cantidad de tiempo libre que tienen los niños (ya que estos, junto con las mujeres, son los encargados normalmente de recolectar el agua potable). Así, este tiempo libre puede ser utilizado por los niños para asistir a la escuela, mejorando la escolarización de los niños y contribuyendo al ODS-4 “Educación de calidad”.

Por lo tanto, una vez realizado el proyecto se puede afirmar que, gracias a la instalación de la EDAR, ETAP y del sistema fotovoltaico se mejora el acceso al agua y a la electricidad de las poblaciones de la zona. Así, se contribuye a una mejora general de la calidad de vida de los habitantes que tiene un impacto en todos y cada uno de los indicadores de sostenibilidad utilizados actualmente.

### **Referencias**

- [1] Expert Consultation Workshop organized by the European Commission in collaboration with the Amazon Cooperation Treaty Organization, «A proposal for defining the geographical boundaries of Amazonia,» Ispra, 2005.

## SUSTAINABILITY STUDY ON THE UNIVERSAL ACCESS TO THE ELECTRICITY AND DRINKING WATER IN THE AMAZON

**Author: Rabadán Travesí, Belén.**

Supervisor: Cledera Castro, María del Mar.

Supervisor: Romero Mora, José Carlos.

Collaborating entity: ICAI – Comillas Pontifical University.

### PROJECT SUMMARY

#### Introduction

Water and energy are essential for the development of the human being as a person as well as for the realization of his economic activities. However, a large part of the world's population lacks them or has a very limited access to them. The World Bank estimates that, currently, 780 million people lacks access to water and 1.3 billion access to electricity. Therefore, following this line of action, this project has sought to improve the current situation of access to water and electricity in several rural populations locates on the banks of the Napo River, Loreto district, Peru. Thus, this project develops two of the Sustainable Development Goals (SDG), SDG-6 “Clean water and sanitation” and SDG-7 “Affordable and clean energy”

#### Methodology

Firstly, the region known as Amazonia is defined geographically. There are different definitions of this region and, each of them, refers to a specific territory. Thus, it is concluded that the region that will be referred to through the project is the region of Figure 1 known as Amazonia sensu latissimo. Once the region is defined, the great abundance of natural resources in the area as well as the man's impact on them is studied.



Figure 1: Amazonia sensu latissimo (in red) [1]

Then, the concept of sustainability is summarized. This concept will be used later in order to evaluate the impact that the project has on the three main components of sustainability: the economic component, the natural component and the social

component. In this way, it is concluded that the sustainability consists in satisfying the needs of the present, allowing the future generations to satisfy their needs as well.

Next, a brief analysis of the region of study is presented. Specifically, this project focuses on the department of Loreto, in the province of Maynas, Peru. Moreover, those villages that, thanks to their location are directly benefited by the facilities designed in the project are presented. As it can be seen in Figure 2, these villages are: Sargento Lores, Santa Clotilde, Nuevo San José, Nuevo San Pedro and Huitotos de la Fortaleza.



Figure 2: Villages that are directly benefited by the facilities designed in the project

Once the region of study has been defined, the facilities are designed. Regarding the access to water two facilities are implemented, one Drinking Water Plant (DWP) and one Wastewater Treatment Plant (WWTP). And, prior to the design of them, an analysis of the results obtained in a study on the surface water quality of the Napo River is carried out. As it was mentioned before, in the riverbank of the Napo River are located the villages shown in Figure 2. After the analysis, it is concluded that it is necessary to reduce the high number of suspended solids that are present in the river water. The coordinates of the implemented water facilities are shown in the Table 1. The location chosen has been the one that improves the access to water for the maximum number of inhabitants.

	Coordinates in degrees, minutes and seconds	
	Latitude	Longitude
<b>DWP</b>	2° 29' 00,00" S	73° 41' 00,00" O
<b>WWTP</b>	2° 27' 14,71" S	73° 38' 25,9" O

Table 1: Coordinates in degrees, minutes and seconds of the DWP and WWTP

The DWP designed consists in a pretreatment, a standard treatment and a disinfection, Table 2. In turn, the pretreatment contains the stages of roughing, sifting, aeration and pre-chlorination. Moreover, the standard treatment is composed of the processes of coagulation, flocculation, decantation and filtration.


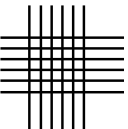
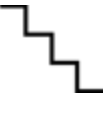

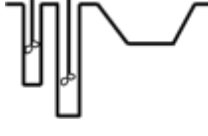
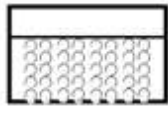

Pretreatment			
Roughing	Sifting	Aeration	Pre-chlorination
			
Standard treatment			
Coagulation	Flocculation	Decantation	Filtration
			
Disinfection			
			

Table 2: DWP stages

On the other hand, a green filter WWTP is designed. This technology has been used as it ensures, at the same time, a low cost and a good efficiency. Thus, the WWTP at issue includes a pre-treatment (roughing and Imhoff tank) and a stage of green filters that uses water ferns. The usage of water ferns as the vegetable species of the WWTP reduces the impact of the system in the area.

Finally, a photovoltaic system responsible for supplying the necessary energy for the operation of the pumping system installed in the DWP is designed. This technology is chosen due to the good irradiation rates of the area at issue. In addition, providing the population with the necessary knowledge for the design and maintenance of the photovoltaic system, ensures the possible future installation of this technology in the households of the area.

## **Results**

After the sizing of the systems in question, the impact of the project on the three main components of sustainability is analyzed. This study is made by analyzing how do the WWTP, DWP and photovoltaic panels influence on some of the most used indicators of sustainability such as the Human Development Index (HDI) or the school registration index. It is observed at all times that these indices experience a growth thanks to the systems installed in the project. This ensures, on one hand, an improvement in the quality of life of the population of the area and, on the other hand, the maintenance of the capitals that will allow future generations meeting their needs.

## **Conclusions**

The current figures of access to water and electricity in the Napo district are 4.5% and 25.5% respectively for a total population of 14.882. On the other hand, in the region

of study there are 3.173 people in total. Thus, thanks to the DWP and WWTP designed in the project, the access to water in the district of Napo is improved by 21.3%. On the other hand, the installation of the photovoltaic system provides the inhabitants of the area with the necessary knowledge that will allow them to install these systems in their homes in the future, thus improving the access to electricity. In addition, since these facilities have been carried out in isolated villages belonging to the rural areas of the country, this project does also contribute to a reduction in the existing inequalities between the rural and urban populations of Peru.

Finally, although the main objective of this project has been to develop the SDG-6 and SDG-7 presented previously, the improvements introduced on the access to water and the access to electricity also generate an impact on the rest of the SDG. For example, the access to drinking water in homes increases the amount of free time that children have (since children, together with women, are usually responsible for collecting the drinking water needed in the households). Thus, this free time can be used by children to attend school, improving the schooling of children and contributing to SDG-4 "Quality education".

Therefore, once the project is completed, it can be affirmed that, thanks to the installation of the WWTP, DWP and the photovoltaic system, the access to water and electricity for the populations of the area is improved. So, it contributes to a general improvement of the quality of life of the inhabitants and also has an impact on each and every one of the sustainability indicators currently used.

## **References**

- [1] Expert Consultation Workshop organized by the European Commission in collaboration with the Amazon Cooperation Treaty Organization, «A proposal for defining the geographical boundaries of Amazonia,» Ispra, 2005.



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **Estudio de sostenibilidad sobre el acceso universal a la energía y al agua potable en la Amazonía**

Autor: Belén Rabadán Travesí

Directora: María del Mar Cledera Castro

Director: José Carlos Romero Mora

Madrid

Agosto 2018





## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>28</b>
1.1	MOTIVACIÓN .....	28
1.2	ALCANCE Y OBJETIVOS .....	28
1.3	ESTRUCTURA .....	29
<b>2</b>	<b>¿QUÉ ENTENDEMOS POR AMAZONÍA? .....</b>	<b>32</b>
2.1	DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA .....	32
2.1.1	<i>Región de la cuenca del río Amazonas</i> .....	33
2.1.2	<i>Región de la selva amazónica</i> .....	34
2.1.3	<i>Región del Tratado de Cooperación Amazónica</i> .....	35
2.2	RECURSOS NATURALES.....	38
2.2.1	<i>Agua</i> .....	39
2.2.1.1	Ríos voladores.....	40
2.2.1.2	Río Hamza.....	42
2.2.1.3	Usos del agua.....	42
2.2.2	<i>Flora y fauna</i> .....	42
2.2.2.1	Desforestación del Amazonas.....	43
2.2.2.1	Densidad de carbono.....	47
2.2.3	<i>Petróleo y gas natural</i> .....	49
2.2.4	<i>Minería</i> .....	51
2.3	POBLACIÓN EN EL AMAZONAS .....	53
2.3.1	<i>Comunidades indígenas</i> .....	55
2.4	CONCLUSIÓN.....	56
<b>3</b>	<b>¿QUÉ ENTENDEMOS POR SOSTENIBILIDAD? .....</b>	<b>58</b>
3.1	CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD .....	58
3.1.1	<i>¿Qué sostener? ¿Para quién? ¿Durante cuánto tiempo?</i> .....	60
3.1.1	<i>Componentes de la sostenibilidad</i> .....	62
3.1.2	<i>Sostenibilidad débil vs. Sostenibilidad fuerte</i> .....	63
3.1.2.1	Distribución de capitales.....	65
3.1.3	<i>Propuesta de síntesis</i> .....	65
3.2	MEDIDAS DE SOSTENIBILIDAD .....	65
3.2.1	<i>Escasez de recursos</i> .....	66
3.2.2	<i>Indicadores ambientales</i> .....	67
3.2.3	<i>Indicadores débiles</i> .....	68
3.2.4	<i>Indicadores de distribución</i> .....	70
3.3	LÍMITES PLANETARIOS DE ROCKSTRÖM.....	71
3.4	OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS).....	73
3.4.1	<i>ODS-6</i> .....	75
3.4.2	<i>ODS-7</i> .....	76
3.5	CONCLUSIÓN.....	77
<b>4</b>	<b>REGIÓN DE ESTUDIO .....</b>	<b>80</b>

4.1	PERÚ.....	80
4.2	DEPARTAMENTO DE LORETO .....	84
4.2.1	<i>Provincia de Maynas</i> .....	85
4.2.1.1	Iquitos.....	85
4.3	EL RÍO NAPO .....	86
4.3.1	<i>Análisis demográfico</i> .....	87
4.3.2	<i>Poblados Ribereños</i> .....	88
4.4	CONCLUSIÓN .....	90
<b>5</b>	<b>ACCESO AL AGUA .....</b>	<b>92</b>
5.1	SITUACIÓN ACTUAL DE ACCESO AL AGUA .....	92
5.2	CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL RÍO NAPO .....	96
5.3	DISEÑO DE LA ETAP .....	105
5.3.1	<i>Cálculos preliminares</i> .....	106
5.3.2	<i>Línea de aguas</i> .....	110
5.3.2.1	Pretratamiento.....	110
5.3.2.2	Tratamiento estándar.....	115
5.3.2.3	Desinfección .....	123
5.4	DISEÑO DE LA EDAR.....	125
5.4.1	<i>Cálculos preliminares</i> .....	129
5.4.2	<i>Pretratamiento</i> .....	130
5.4.2.1	Desbaste.....	130
5.4.2.2	Tanque Imhoff.....	134
5.4.3	<i>Filtro verde</i> .....	138
5.4.3.1	Diseño del filtro verde .....	140
5.4.4	<i>Agua de salida de la EDAR</i> .....	143
5.5	CONCLUSIÓN.....	143
<b>6</b>	<b>ACCESO A LA ELECTRICIDAD .....</b>	<b>146</b>
6.1	SITUACIÓN ACTUAL DE ACCESO A LA ELECTRICIDAD .....	146
6.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO .....	149
6.2.1	<i>Cálculo del pozo de bombeo</i> .....	149
6.3	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	152
6.3.1	<i>Condiciones de uso</i> .....	152
6.3.2	<i>Datos climatológicos</i> .....	153
6.3.3	<i>Dimensionamiento del sistema fotovoltaico</i> .....	155
6.4	CONCLUSIÓN.....	157
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD .....</b>	<b>160</b>
7.1	IMPACTO DE LA ACTIVIDAD EN LOS COMPONENTES DE LA SOSTENIBILIDAD .....	160
7.1.1	<i>Componente económico</i> .....	160
7.1.1.1	Acceso al agua.....	161
7.1.1.2	Acceso a la electricidad.....	164
7.1.2	<i>Componente social</i> .....	164
7.1.2.1	Acceso al agua.....	164
7.1.2.2	Acceso a la electricidad.....	166

7.1.3	Componente ecológico .....	167
7.1.3.1	Acceso al agua.....	168
7.1.3.2	Acceso a la electricidad.....	168
7.2	IMPACTO SOBRE LOS INDICADORES DE LA SOSTENIBILIDAD .....	169
7.3	CONCLUSIÓN.....	171
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>174</b>
8.1	EFFECTOS DE LAS MEJORAS SUGERIDAS .....	174
8.2	IMPACTO SOBRE LOS ODS .....	174
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>178</b>
<b>10</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>186</b>
10.1	ANEXO I: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	186



## **LISTA DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 2-1: Mapa en el que se delimita el área perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Amazonas [1] .....	34
Ilustración 2-2: Mapa en el que se delimita el área perteneciente a la región de la selva amazónica [1] .....	35
Ilustración 2-3: Mapa en el que se delimita el área perteneciente a la región del TCA [1] .....	36
Ilustración 2-4: Delimitación propuesta de la Amazonia sensu latissimo (en rojo) [3] ..	38
Ilustración 2-5: Río Amazonas [4] .....	39
Ilustración 2-6: Río volador en el Amazonas [6] .....	41
Ilustración 2-7: Especie endémica del Amazonas: rana dardo venenosa [11] .....	43
Ilustración 2-8: Deforestación en el estado de Santa Cruz, Bolivia, causada por el cultivo de soja [12] .....	44
Ilustración 2-9: Lote de madera ilegal confiscado en Belém. Pará, Brasil [13] .....	45
Ilustración 2-10: Frentes de deforestación del Amazonas [10] .....	45
Ilustración 2-11: Deforestación histórica y reciente en la Amazonía (km <sup>2</sup> ) [14] .....	46
Ilustración 2-12: Vegetación con cantidad de carbono forestal baja (izquierda), media (centro) y alta (derecha) [16] .....	48
Ilustración 2-13: Distribución de carbono presente en el suelo de la región amazónica [16] .....	49
Ilustración 2-14: Bloques de petróleo y gas en la cuenca amazónica [13] .....	50
Ilustración 2-15: Carretera tras-amazónica en Anpú, Pará, Brasil [13] .....	51
Ilustración 2-16: Zonas mineras en la Amazonía en el año 2015 [19] .....	52
Ilustración 2-17: Mina ilegal de oro en Perú [20] .....	53
Ilustración 2-18: Crecimiento de población de los países amazónicos desde 1960 hasta 2017 [22] .....	54
Ilustración 2-19: Wayúu, indígena habitante del Amazonas Colombiano [25] .....	56
Ilustración 3-1: Pirámide de Maslow [28] .....	61
Ilustración 3-2: Capitales que hay que mantener para asegurar el bienestar .....	62
Ilustración 3-3: Componentes de la sostenibilidad [29] .....	63
Ilustración 3-4: Huella ecológica mundial [30] .....	68
Ilustración 3-5: Índice de Gini de la distribución de la riqueza en el mundo [31] .....	71
Ilustración 3-6: Límites planetarios de Rockström [32] .....	73
Ilustración 3-7: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [33] .....	74
Ilustración 4-1: Cordillera Blanca situada en la región andina de Ancash al norte de Lima [36] .....	81

Ilustración 4-2: Evolución del PIB per cápita en Perú entre 1960-2016 [22].....	82
Ilustración 4-3: Composición del PIB en el Perú [37].....	83
Ilustración 4-4: Departamento de Loreto, Perú [39].....	84
Ilustración 4-5: Provincias del departamento de Loreto [40].....	85
Ilustración 4-6: Llegada de un barco de mercancías al puerto de Iquitos [42].....	86
Ilustración 4-7: Localización del río Napo (en rosa) en la cuenca amazónica [43] .....	87
Ilustración 4-8: Localización de los poblados de la ribera del Río Napo peruano [45] ..	89
Ilustración 4-9: Vista en detalle de los poblados estudiados en el proyecto .....	90
Ilustración 5-1: Niñas peruanas lavándose los dientes en una fuente de la calle antes de ir a la escuela [47] .....	93
Ilustración 5-2: Forma de abastecimiento de agua de la población peruana entre los años 2013-2015 (%) [34] .....	94
Ilustración 5-3: Población que consume agua proveniente de red pública según el departamento, 2017 (%) [34].....	95
Ilustración 5-4: Cuadro con los puntos de monitoreo de calidad del agua en el río Napo [49] .....	97
Ilustración 5-5: Plano con los puntos de monitoreo de calidad de agua en el río Napo [49] .....	99
Ilustración 5-6: Resultados de los parámetros de calidad del agua del río Napo. Parte I [45] .....	100
Ilustración 5-7: Resultados de los parámetros de calidad del agua del río Napo. Parte II [30] .....	101
Ilustración 5-8: Cuadro resumen con los parámetros que transgreden los ECA-Agua-Categoría 4 en el río Napo [49] .....	102
Ilustración 5-9: Poblados de la ribera del río Napo entre los puntos de monitoreo RNapo8 y RNapo9 [50] .....	104
Ilustración 5-10: Localización exacta de la ETAP y de la EDAR a dimensionar, así como de las poblaciones ribereñas que se benefician de ellas [50].....	105
Ilustración 5-11: Gráfico de la evolución del número de habitantes en la zona de estudio .....	107
Ilustración 5-12: Relación entre el caudal medio de agua residual en m <sup>3</sup> /h y el factor de punta [53] .....	109
Ilustración 5-13: Reja de desbaste de limpieza manual [55] .....	111
Ilustración 5-14: Tamiz estático [57] .....	112
Ilustración 5-15: Escalonamiento aireación .....	114
Ilustración 5-16: Decantador circular [58] .....	119
Ilustración 5-17: Ejemplo de filtro convencional, bimedio y flujo descendente [53] ..	120

Ilustración 5-18: Esquema de funcionamiento del filtro verde [60] .....	128
Ilustración 5-19: Tanque Imhoff [62] .....	134
Ilustración 5-20: División del terreno en parcelas [65].....	139
Ilustración 5-21: Helechos de agua [67] .....	140
Ilustración 6-1: Porcentaje de población total con acceso a la electricidad en los países de la Amazonía [22] .....	146
Ilustración 6-2: Porcentaje de población rural con acceso a la electricidad de los países de la Amazonía [22] .....	147
Ilustración 6-3: Niños peruanos sujetan un aerogenerador realizado a escala [70]....	148
Ilustración 7-1: Beneficios económicos obtenidos al mejorar el acceso al agua [75]..	162
Ilustración 7-2: Relación entre el agua, la seguridad alimentaria y la nutrición [78]...	166
Ilustración 7-3: Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir energía [79] .....	169





## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 2-1: Países que pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Amazonas, así como sus respectivas superficies [1] .....	33
Tabla 2-2: Países que pertenecen a la región de la selva amazónica, así como sus respectivas superficies [1] .....	35
Tabla 2-3: Países que pertenecen al TCA, así como sus respectivas superficies [1] .....	36
Tabla 2-4: Ciudades más pobladas del Amazonas [24] .....	55
Tabla 4-1: Habitantes en los distritos de la ciudad de Iquitos [41] .....	86
Tabla 4-2: Habitantes en los distritos que atraviesa el río Napo peruano [44] .....	87
Tabla 5-1: Departamentos con mayor porcentaje de población rural de Perú en el año 2017 [48] .....	95
Tabla 5-2: Viviendas con acceso a servicios de agua potable y saneamiento en los distritos de Torres Causana, Napo y Mazán [45] .....	96
Tabla 5-3: Coordenadas UTM (WGS-84) y coordenadas en grados, minutos y segundos de los puntos de monitoreo RNapo8 y RNapo9 [49] .....	104
Tabla 5-4: Coordenadas en grados, minutos y segundos de los puntos donde se localizan la ETAP y la EDAR .....	105
Tabla 5-5: Etapas a dimensionar en la ETAP .....	106
Tabla 5-6: Número de habitantes en las poblaciones de estudio en 2016 [51] .....	107
Tabla 5-7: Ventajas e inconvenientes del uso de tecnologías blandas [59] .....	127
Tabla 5-8: Características de las aguas residuales a tratar [46] .....	130
Tabla 5-9: Resumen de los parámetros de la reja de gruesos y de la reja de finos .....	134
Tabla 5-10: Factor de capacidad relativa en función de la temperatura [64] .....	136
Tabla 5-11: Tiempo de digestión de los lodos en función de la temperatura [64] .....	137
Tabla 5-12: Resumen de los parámetros del tanque Imhoff .....	138
Tabla 5-13: Resumen del dimensionamiento del filtro verde .....	142
Tabla 5-14: Porcentaje de reducción de los distintos contaminantes de las aguas residuales en los elementos de la EDAR [69] .....	143
Tabla 5-15: Valores de los contaminantes del agua residual tras su paso por la EDAR .....	143
Tabla 6-1: Acceso a la electricidad de las viviendas que pertenecen a distritos atravesados por el río Napo [34] .....	149
Tabla 6-2: Parámetros del pozo de bombeo .....	152
Tabla 6-3: Irradiación mensual en Iquitos, Perú [72] .....	154
Tabla 6-4: Características nominales del panel fotovoltaico .....	155

Tabla 7-1: Porcentaje del gasto en agua con respecto al gasto total monetario de las viviendas en Perú [76]..... 163

# CAPÍTULO 1:

# INTRODUCCIÓN

## **1 INTRODUCCIÓN**

En este primer capítulo podemos encontrar una introducción general del proyecto. Se planteará la motivación de dicho proyecto, así como el alcance y los objetivos de éste. Además, se explicará la estructura del documento.

### **1.1 Motivación**

Este proyecto surge con la intención de continuar el Trabajo de Fin de Máster “*Estudio sobre el acceso universal a electricidad y agua potable en la Amazonía*” realizado por la alumna Raquel de la Orden López bajo la dirección de María del Mar Cledera Castro y Andrés González García en junio de 2017.

Mona Sahlin, ex ministro de Desarrollo Sostenible sueco afirmo que *“si todos usásemos la energía y los recursos en la misma forma en que lo hacemos en el mundo occidental, necesitaríamos por lo menos tres Tierras más. Y el problema es que solo tenemos una”*. Así, siguiendo esta línea de actuación, en este proyecto se busca aprovechar más los recursos naturales que ofrece la Tierra, así como proporcionar oportunidades de desarrollo a los habitantes de Perú, un país actualmente pobre y en vías de desarrollo.

El agua y la energía son esenciales para el desarrollo del ser humano y de su actividad económica. A pesar de esto, una gran proporción de la población mundial carece del acceso a ellos o posee un acceso muy limitado. El Banco Mundial calcula que 780 millones de personas carecen de acceso al agua y 1.3 billones de acceso a la electricidad. A esto se suma el efecto que el cambio climático está teniendo sobre estos recursos, disminuyendo aún más el acceso a ellos. De este modo, en este proyecto se han desarrollado dos de los ODS más importantes:

- ODS-6: Agua limpia y saneamiento
- ODS-7: Energía asequible y no contaminante

### **1.2 Alcance y objetivos**

El objetivo principal de este proyecto es alcanzar una mejora en la situación actual del acceso al agua potable y a la electricidad de varios poblados de la Amazonía peruana. Estos poblados se encuentran en la ribera del río Napo, en el distrito de Loreto. Para ello, se comenzará diseñando una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) con el fin de tratar las aguas residuales procedentes de estos poblados. Siguiendo esta línea de actuación se diseñará también una ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable) con el fin de abastecer de agua potable a las viviendas de

la zona. Además, se diseñará un sistema fotovoltaico que alimente con esta energía el sistema de bombeo de la ETAP.

En todo momento, a la hora de diseñar el proyecto, se tendrá presente que la localización es Perú, un país pobre y poco desarrollado. Por lo tanto, se buscará el bajo coste de los elementos utilizados, así como un mantenimiento lo más sencillo posible.

### **1.3 Estructura**

El proyecto está dividido en diez capítulos. Los Capítulos 1, 9 y 10 se corresponden con la introducción del proyecto, la bibliografía y los anexos.

En el Capítulo 2 se realiza una breve introducción sobre la Amazonía. Para ello, se comienza definiéndola geográficamente. Más adelante se facilita un estudio sobre los recursos naturales de la zona, así como de sus habitantes.

En el Capítulo 3 se resume el concepto de sostenibilidad. Este concepto es el que servirá más adelante para evaluar el impacto que tiene el proyecto en la vida de los habitantes de la zona.

En el Capítulo 4 se analiza de manera amplia la región de implantación del proyecto. Se comienza con un análisis general del Perú como país para más adelante centrarse en el departamento de Loreto donde se encuentran los distritos de Torres Causana, Napo y Mazán.

En el Capítulo 5 se lleva a cabo un estudio para mejorar el acceso actual al agua. Para ello, se diseña una ETAP a partir de un análisis de calidad del agua superficial del río Napo y una EDAR.

En el Capítulo 6 se estudia el acceso actual a la electricidad. Así, se diseña un sistema fotovoltaico que alimenta de energía el sistema de bombeo de la ETAP previamente diseñada.

En el Capítulo 7 se examina el proyecto desde el punto de vista de la sostenibilidad, estudiando cómo las mejoras en el acceso a agua y a electricidad introducidas afectan a los capitales económico, natural y social de la zona.

En el Capítulo 8 se presentan de forma general las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto.



# CAPÍTULO 2:

## ¿QUÉ

### ENTENDEMOS

#### POR AMAZONÍA?

## **2 ¿QUÉ ENTENDEMOS POR AMAZONÍA?**

En este primer capítulo se presenta una introducción general sobre la Amazonía. Primero, se define de manera geográfica la región conocida como Amazonía. Existen diferentes definiciones de la región amazónica y, cada una de ellas, se refiere a un territorio. Esto manifiesta la importancia de definir geográficamente la Amazonía para clarificar a qué región se referirá a lo largo del proyecto.

Una vez que se haya delimitado la extensión del Amazonas se presentarán los principales recursos naturales que se pueden encontrar en la zona en cuestión. La región amazónica debe su nombre al río Amazonas, el río con mayor caudal del mundo y el segundo en cuanto a longitud. Por ello, se comenzará estudiando el agua como recurso natural. No solo se tratará el río Amazonas, sino que también se estudiarán los ríos voladores de la región amazónica y el río subterráneo que recorre las profundidades de la Amazonía, el río Hamza.

Más adelante se estudiará la flora y fauna de la región amazónica. El Amazonas es considerado como la región biótica más importante de la Tierra debido a la elevada cantidad de especies animales y plantas que habitan en esta región, muchas de ellas endémicas. Esto pone de manifiesto la importancia de conservar la Amazonía puesto que, una destrucción de este ecosistema tendría consecuencias letales para el resto del planeta.

También se estudiarán los recursos naturales no renovables que podemos encontrar en la cuenca del Amazonas, como son el petróleo, el gas natural y los recursos minerales. La explotación de estos recursos ha tenido y está teniendo actualmente impactos negativos sobre la biodiversidad de la Amazonía debido, principalmente, a la elevada tasa de deforestación que los acompaña.

Por último, se hará un repaso por la población del Amazonas. Se presentará de manera breve cual ha sido la historia de los habitantes de esta región, así como qué zonas son las actualmente más pobladas. Además, se explicará la importancia que tienen los Estados de preservar los derechos de las comunidades indígenas amazónicas.

### **2.1 Delimitación geográfica**

La definición geográfica de la región que abarca la Amazonía es importante para resolver problemas de todo tipo, desde asuntos de tipo político (PIB medio de los países que conforman el Amazonas) hasta asuntos de tipo ecológico (toneladas de CO<sub>2</sub> anuales absorbidas por dicha región).

Actualmente existen diferentes términos que abarcan, en parte, la región amazónica: Panamazonia, Amazonía Suramericana, Región Amazónica o Gran



Amazonia. Algunos de estos términos se refieren a la mayor selva tropical húmeda de la Tierra, otros a las regiones que abarca la cuenca del río Amazonas, otros a los Estados que promueven el desarrollo sostenible de la Amazonia... Así, se puede afirmar que cada uno de estos términos comprenden un enfoque diferente a nivel político, cultural y espacial. Se entiende por tanto que los límites geográficos de dichos conceptos no tienen por qué coincidir. Así, se puede declarar que la Amazonía, como entidad unificada, es un conglomerado de diferentes regiones situadas en Sudamérica [1].

A continuación, se definirá la región delimitada por la cuenca del río Amazonas, por la selva amazónica y por el Tratado de Cooperación Amazónica.

### **2.1.1 Región de la cuenca del río Amazonas**

El río Amazonas, con 7062km de longitud desde su nacimiento en la Quebrada de Apacheta, Perú, es el río más largo y con mayor caudal del mundo. Representa una quinta parte del agua dulce presente en la tierra. Además, su cuenca hidrográfica es también la mayor del mundo cubriendo la extensión de 7.352.112 km<sup>2</sup> repartidos en seis países: Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

Por lo tanto, desde el punto de vista de la región de la cuenca del río Amazonas, la Amazonía incluye los territorios de todos los países que comparten esta cuenca. En la Tabla 2-1 y Ilustración 2-1 se encuentra un listado y un mapa de los países que pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Amazonas con sus respectivas superficies.

País	Área de cuenca (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
<b>Bolivia</b>	824.000	11,2
<b>Brasil</b>	4.989.361	67,9
<b>Colombia</b>	406.000	5,5
<b>Ecuador</b>	123.000	1,7
<b>Perú</b>	956.751	13,0
<b>Venezuela</b>	53.000	0,7
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	7.352.112	

Tabla 2-1: Países que pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Amazonas, así como sus respectivas superficies [1]

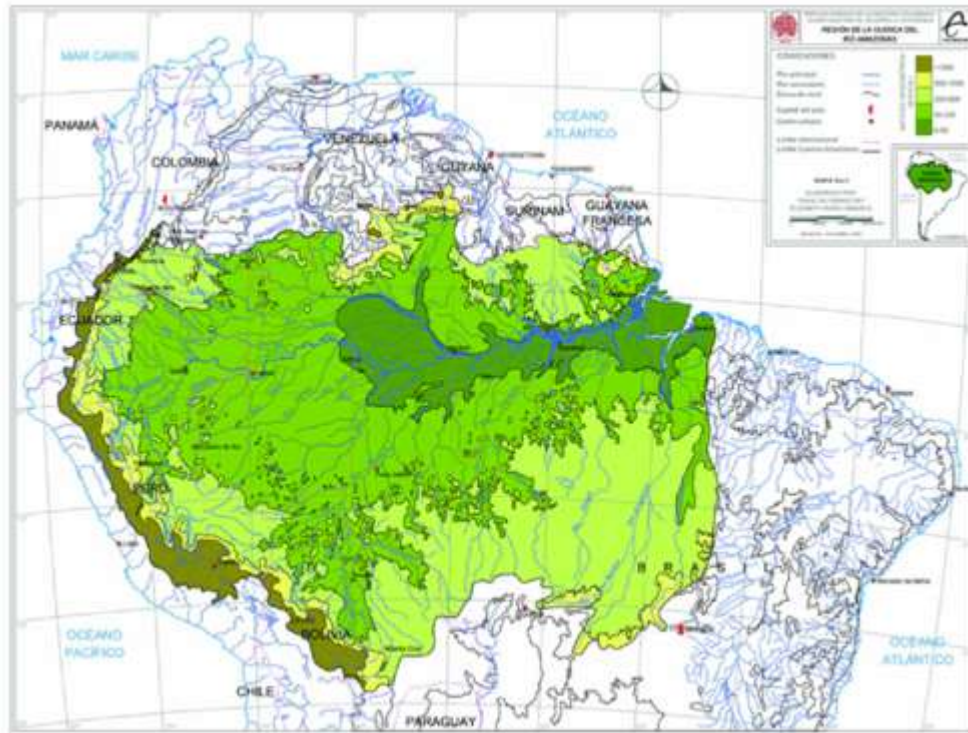


Ilustración 2-1: Mapa en el que se delimita el área perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Amazonas [1]

### 2.1.2 Región de la selva amazónica

La selva amazónica es la selva tropical más grande del planeta. Es considerada el “pulmón de la Tierra” puesto que, entre otras funciones, absorbe el 10% de las emisiones globales de dióxido de carbono. La superficie total de la región de la selva amazónica es de 7.989.004km<sup>2</sup>, un 4,2% más que el área delimitado por la cuenca del río Amazonas. Además, los países de Guyana, Guayana Francesa y Surinam, que no pertenecen a la cuenca del río Amazonas, si poseen territorio en la región de selva amazónica. En la Tabla 2-2 se encuentra un listado de países que pertenecen a la región de la selva amazónica, así como su área y porcentaje de ocupación con respecto de la superficie total. Además, en la Ilustración 2-2 se observa un mapa que nos delimita geográficamente dicha área.



El área incluida en el TCA corresponde a 7.590.083km<sup>2</sup> y, en la Tabla 2-3, se detallan los países incluidos en el tratado, así como su superficie y el porcentaje de ocupación con respecto al total. Por otro lado, en la Ilustración 2-3, se halla un mapa en el que se encuentra delimitado geográficamente dicha región.

País	Área TCA (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)	Territorio incluido
Bolivia	600.000	7,9	Cuenca hidrográfica y selva
Brasil	5.144.800	67,8	Amazonia legal
Colombia	419.346	5,5	Amazonia legal, cuenca hidrográfica y selva
Ecuador	131.000	1,7	Cuenca hidrográfica y selva
Guyana	215.000	2,8	Selva
Perú	756.992	10,0	Cuenca hidrográfica y selva
Surinam	142.800	1,9	Selva
Venezuela	180.145	2,4	Amazonia hidrográfica
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>7.590.083</b>		

Tabla 2-3: Países que pertenecen al TCA, así como sus respectivas superficies [1]

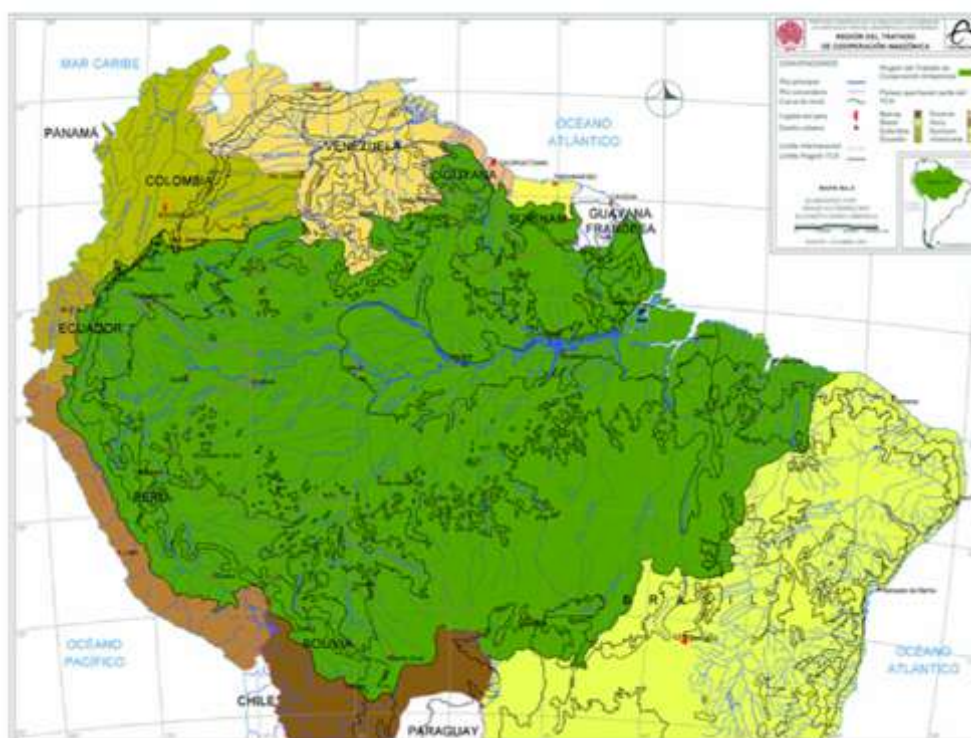


Ilustración 2-3: Mapa en el que se delimita el área perteneciente a la región del TCA [1]

En el año 2004 la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) pidió a la Comisión Europea (CE) la realización de un estudio para definir los límites geográficos de la Amazonia. Con el objetivo de abordar el tema en cuestión en junio de 2005 se reunieron en Ispra (Italia) varios expertos en la Amazonia. Para resolverlo,

distintos aspectos fueron tenidos en cuenta: clima, hidrología, flora, fauna, ecología... Como resultado para la delimitación geográfica de la región amazónica se obtuvo una descripción y un mapa de la región basándose en el Artículo II del TCA:

*“Artículo II.- El presente Tratado se aplicará en los territorios de las Partes Contratantes en la Cuenca Amazónica, así como también en cualquier territorio de una Parte Contratante que, por sus características geográficas, ecológicas o económicas se considere estrechamente vinculado a la misma”. [2]*

Se acordó el uso de tres criterios principales:

- Criterio hidrográfico basado en la extensión total de la cuenca del Amazonas (incluyendo los dos sistemas del río Amazonas y Tocantís). Este criterio es el constituyente central de la definición
- Criterio ecológico que subdivide la región de la cuenca del Amazonas en varias subregiones. Aunque estas subregiones corresponden distintas ecorregiones tienen gran influencia, directa o indirecta, en las tierras bajas de la región Amazónica
- Criterio biogeográfico que se utiliza para complementar la zona definida anteriormente como cuenca amazónica. El indicador utilizado para es la extensión geográfica conocida históricamente como bioma de la selva amazónica (*Amazon lowland rainforest biome*) situado en el norte de Sudamérica

En la Ilustración 2-4 se encuentra el resultado final del estudio realizado para definir los límites geográficos de la Amazonia. Se define la Amazonia *sensu latissimo* (en rojo en la imagen) como la región geográfica que abarca la totalidad de la Amazonia. Aún así, debido a la existencia de amplias diferencias biogeográficas y geomorfológicas se divide la región en cinco subregiones: una subregión principal (Amazonia *sensu stricto*) y cuatro subregiones periféricas: Andes, Planalto, Guyana y Gurupí. La división de la Amazonia en cinco subregiones permite una flexibilidad que no sería posible con una sola región. A continuación, se describirán los límites geográficos de cada una de estas cinco subregiones.

- La subregión de la Amazonia *sensu stricto* se encuentra delimitada por la cuenca amazónica en el norte, por la isolinia de 700m sobre el nivel del mar en el oeste y por la región del bioma de la selva amazónica (antes de la explotación) en el sur y en el sureste
- La subregión periférica de los Andes se encuentra delimitada por la isolinia de 700m sobre el nivel del mar y la cuenca del río Amazonas

- La subregión de Planalto incluye el área situada entre la región del bioma de la selva amazónica y el nacimiento del río Amazonas/Tocantís<sup>1</sup> en Bolivia y el sur de Brasil
- La subregión periférica Guyana se encuentra delimitada en el norte por la costa atlántica y los ríos Orinoco y Vichada. Por otro lado, el límite sur lo conforma la cuenca amazónica
- La subregión Gurupí se encuentra al este, fuera de la cuenca del río Amazonas/Tocantís, cubierta por el bioma de la selva amazónica [3]

Por lo tanto, de ahora en adelante, cualquier mención a la Amazonia se referirá a la zona definida anteriormente como Amazonia *sensu latissimo*.



Ilustración 2-4: Delimitación propuesta de la Amazonia sensu latissimo (en rojo) [3]

## 2.2 Recursos naturales

Se denomina recurso natural a todo bien material o servicio que proporciona la naturaleza sin alteración alguna por parte del ser humano. Al ser producidos por la naturaleza los seres humanos no pueden “producirlos” pero si utilizarlos y modificarlos para su propio beneficio. Son, por lo tanto, económicamente importantes para la

<sup>1</sup> El río Tocantís es un río brasileño cuyas aguas desembocan en el océano Atlántico muy cerca de la boca del río Amazonas. Por esta razón, a veces se considera que el río Tocantís forma parte del sistema fluvial del río Amazonas [80]

sociedad ya que contribuyen a su desarrollo y bienestar de manera directa o indirecta. Diferenciamos entre recursos continuos (fuentes de energía inagotables que no son afectadas por la actividad humana, por ejemplo, la energía solar), recursos renovables (aquellos que no se agotan al ser utilizados ya que su tasa de regeneración es mayor que su tasa de uso, por ejemplo, la flora) y recursos no renovables (aquellos recursos que sí se agotan al ser utilizados puesto que no pueden regenerarse naturalmente en una escala de tiempo humana, por ejemplo, el carbón). A continuación, se presentarán los principales recursos naturales que podemos encontrar en la Amazonia.

### **2.2.1 Agua**

El agua es el recurso natural más importante puesto que es la base de toda forma de vida. Siempre que su uso, tratamiento, liberación y circulación sean controlados se trata de un recurso renovable.

Es bien sabido que el agua dulce representa tan solo un pequeño porcentaje de la cantidad total de agua presente en la naturaleza. El agua dulce líquida es una parte aún más pequeña de este porcentaje. Y, la fracción potable es aún menor. En la Amazonia, conocida también como “la selva del agua” encontramos el 20% del agua total accesible para el ser humano.

El río Amazonas, Ilustración 2-5, es el río más caudaloso y con la cuenca hidrográfica más grande del mundo. Además, con 6400 kilómetros de longitud es el segundo río más largo después del Nilo. En algunas zonas de su curso alcanza los 100 metros de profundidad. Tiene una anchura de entre 1,6 y 10 kilómetros en su etapa más baja que se expande hasta más de 48 kilómetros durante la temporada húmeda.



*Ilustración 2-5: Río Amazonas [4]*

Según sus características fisicoquímicas se pueden diferenciar cuatro categorías de agua en la Amazonía:

1. Aguas claras: aquellas aguas que drenan sobre materiales de difícil alteración. Son aguas difícilmente contaminadas por materiales orgánicos, con un pH ligeramente ácido y una transparencia superior a los dos metros
2. Aguas mixtas o intermedias: mezcla de aguas claras con cualquier otra categoría de agua asociada a corrientes hídricas superficiales. Son aguas que drenan en material geológico plio-pleistocénico que, gracias a sus características fisicoquímicas, les proporciona una fertilidad inmediata
3. Aguas negras: aguas que se encuentra sobre materiales geológicos peniplacies. Son aguas con cantidades limitadas de nutrientes y minerales y pH muy ácido, características que provocan una baja fertilidad
4. Aguas blancas: aguas que llevan grandes concentraciones en suspensión de materiales arcillosos y limosos. Son aguas poco transparentes, de pH básico y ricas en nutrientes, gracias a lo cual se caracterizan en una alta fertilidad [5]

#### 2.2.1.1 Ríos voladores

Se conocen como ríos voladores, Ilustración 2-6, a los flujos masivos de agua en forma de vapor que recorren parte de la atmósfera. Proceden del océano atlántico tropical y son alimentados por el agua que se evapora en la Amazonia. Su altura puede ser de hasta dos kilómetros y, gracias a que pueden transportar incluso más agua que el propio río Amazonas, son vitales para la producción agrícola, así como para la vida de los millones de personas que viven en la Amazonia. Los ríos voladores que se pueden encontrar en la Amazonía descargan 17 billones de litros de agua al día en el océano Atlántico.





Ilustración 2-6: Río volador en el Amazonas [6]

El proceso de formación de este río volador es el siguiente:

- El océano atlántico tropical es un océano de aguas caliente donde la evaporación es muy intensa. Por lo tanto, la cantidad de nubes formadas en esta zona es muy elevada
  - Gracias a los vientos alisios estas nubes son transportadas por los niveles más bajos de la atmósfera
  - Cuando las nubes llegan a la zona de los Andes se produce un aumento de velocidad en el interior del río volador. El núcleo constituye entonces un chorro de nivel bajo, *low level jet*, donde se transporta mayor cantidad de humedad a mayor velocidad
  - En este proceso el río volador experimenta un giro hacia el sureste llegando a la Cuenca del Plata donde provoca lluvias
  - Durante las lluvias las nubes descargan su contenido en esta zona donde las hojas del follaje amazónico recogen las gotas procedentes de la lluvia. Estas gotas, desde ahí, caen por las ramas de los árboles hasta que llegan al suelo
  - El agua y todos los nutrientes que ésta transporta son absorbidos por el suelo hasta llegar a las raíces de los árboles
  - A través de las raíces los árboles son nutridos
  - El agua es devuelta a la atmósfera gracias a la transpiración de las hojas
- [7]

### 2.2.1.2 Río Hamza

El río Hamza es una masa de agua subterránea que fluye bajo la cuenca del Amazonas. Se trata, inicialmente, de un flujo de agua subterránea vertical a 2.000 metros de profundidad que luego cambia de dirección en casi noventa grados y discurre a una profundidad de hasta 4.000 metros.

Debido a que su velocidad es mucho menor que la del río Amazonas (avanza entre 10 y 100 metros al año) existe una polémica sobre si debe considerarse río subterráneo o no. Otro de los motivos por el que se discute si debe considerarse un río o no es por el nivel de salinidad de sus aguas.

Este flujo subterráneo descarga grandes cantidades de agua en el océano Atlántico y, se cree que es por este motivo, por el que el mar en las cercanías del Amazonas tiene un valor de salinidad menor. La baja salinidad de esta zona atlántica modifica la vida marina permitiendo que peces que normalmente viven en flujos de agua dulce, sean capaces de vivir en zonas supuestamente saladas.

Por otro lado, el agua subterránea que conforma el río Hamza podría ser utilizado en el futuro por las generaciones venideras debido a la futura escasez de agua dulce frente a la cual nos podemos encontrar si seguimos consumiendo este recurso a un ritmo tan acelerado como hasta ahora.

### 2.2.1.3 Usos del agua

Las culturas de la Amazonía pueden ser catalogadas como “culturas del agua”. En las riberas de este gran río encontramos grupos humanos que utilizan este caudal de agua como transporte, fuente de alimentos y espacio de ocio.

Debido a la gran cantidad de agua en la Amazonia y la baja demanda (debido a la baja densidad de población), la presión sobre los recursos hídricos no es muy elevada.

El 53% de la cantidad de agua total es consumida por la agricultura y ganadería, el 33% por los municipios y, el 14% restante por la industria [8].

Por otro lado, el río Amazonas es también usado como medio de transporte por gran parte de la población. Se estima que entre el río Amazonas y sus afluentes encontramos aproximadamente 40.000km navegables para barcos comerciales. Los principales puertos se encuentran en Iquitos, Perú; Leticia, Colombia y Manaus, Brasil.

## **2.2.2 Flora y fauna**

La región amazónica contiene más de la mitad del bosque tropical terrestre. Además, se trata del hábitat que contiene la mayor cantidad y variedad de plantas y

animales, haciendo que esta región sea considerada como la reserva biótica más importante del planeta.

En la selva amazónica se encuentra una diversidad más elevada de especies que la que podemos encontrar en los bosques húmedos de Asia y África. Un 10% de la totalidad de las especies del planeta viven aquí: 2,5 millones de especies de insectos, 40.000 de plantas (de entre las cuales más de 2.000 han sido clasificadas por su utilidad como alimentos y medicinas), 2.200 de peces, 1.294 de pájaros, 427 de mamíferos, 428 de anfibios y 378 de reptiles han sido clasificadas de manera científica [9]. Debemos de tener en cuenta que estos números crecen cada día. Se estima que hoy en día sólo se conoce el 90-95% de los mamíferos, aves y plantas, el 30% de los peces y el 2-10% de los insectos [10].

No cabe ninguna duda respecto a la gran variedad y cantidad de especies que encontramos en la región amazónica. Además, hay que tener en cuenta que algunas de estas especies son endémicas del Amazonas, lo que implica que no existen en ningún otro lugar del planeta. Por ejemplo, en la Ilustración 2-7, se presenta la rana dardo venenosa, capaz de quitarle la vida a un ser humano en tan solo unos segundos.



*Ilustración 2-7: Especie endémica del Amazonas: rana dardo venenosa [11]*

#### 2.2.2.1 Desforestación del Amazonas

La desforestación es uno de los principales peligros que acechan al Amazonas en la actualidad. En esta región tropical del planeta se pierden cada año grandes extensiones de selva. Esto provoca, no solo la emisión de enormes cantidades de gases de efecto invernadero, sino también una pérdida de la biodiversidad del planeta,

aumento de la erosión del terreno, ataque a la supervivencia de las poblaciones indígenas que habitan en esta zona del planeta.

Los motivos que llevan a esta deforestación son varios:

- Explotación de maderas valiosas como la madera de ipé
- Construcción de carreteras
- Ganadería extensiva, tala y quema de árboles para despejar el terreno que se utiliza posteriormente
- Agricultura, especialmente el cultivo de soja, Ilustración 2-8, que después se utiliza como biocombustible
- Minería



*Ilustración 2-8: Deforestación en el estado de Santa Cruz, Bolivia, causada por el cultivo de soja [12]*

La tala de árboles es el principal causante de la deforestación del Amazonas, especialmente la tala ilegal. Existen algunos ejemplos de gestión forestal sostenible certificados por organismos como puede ser el Consejo de Administración Forestal (Conselho de Administração Forestal: FSC), pero son una minoría. Por ejemplo, una investigación reciente reveló que el 80% de la tala peruana es de carácter ilegal. Además, la tala ilegal de árboles va más allá puesto que, además de deforestar el terreno mediante la tala, también se suelen realizar talas para limpiar nuevas carreteras ilegales elevando así el porcentaje de terreno deforestado [13]. La Ilustración 2-9 nos muestra un lote de madera ilegal confiscado en Belém, Brasil.



Ilustración 2-9: Lote de madera ilegal confiscado en Belém. Pará, Brasil [13]

El último análisis realizado por WWF identificó 31 frentes de deforestación separados. De estos, nueve continúan aumentando, quince se encuentran en disminución y siete tienen una tasa de deforestación estable. Además, en este mismo informe se concluyó que, entre el año 2000 y 2013, un 4,7% de la selva amazónica total ha sido destruida por la deforestación [10]. En la Ilustración 2-10 observamos la evolución de los frentes de deforestación del Amazonas.

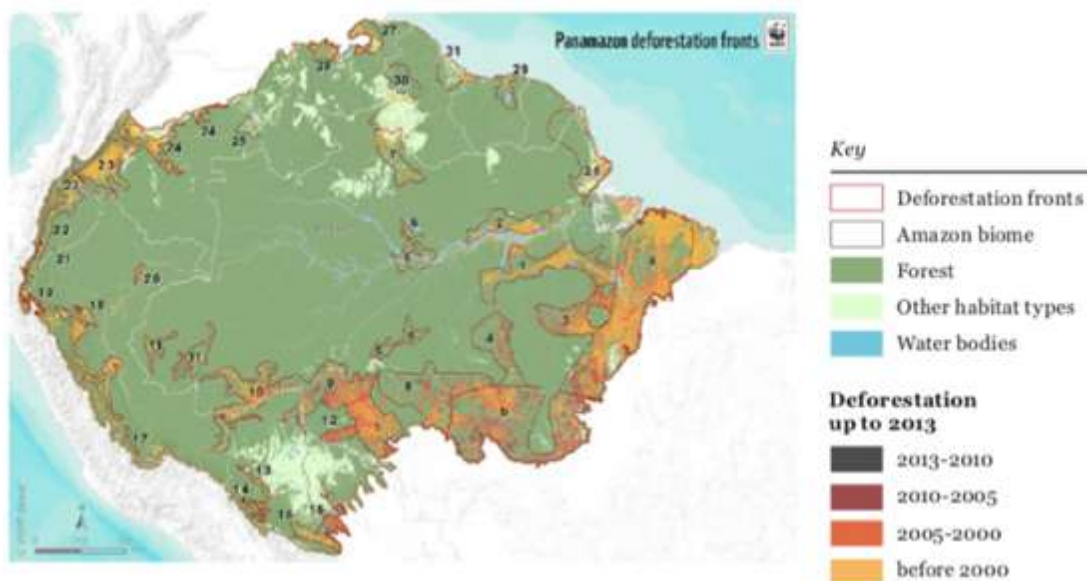


Ilustración 2-10: Frentes de deforestación del Amazonas [10]

Por otro lado, en la Ilustración 2-11, encontramos la deforestación histórica y reciente en el Amazonas en km<sup>2</sup>. Observamos que la tasa de deforestación no ha sido igual en los diferentes países. Brasil lidera esta tasa con la mayor proporción relativa de bosque amazónico perdido (un 17,6% del total hasta el año 2013) seguido por Ecuador, Colombia y Perú [14].

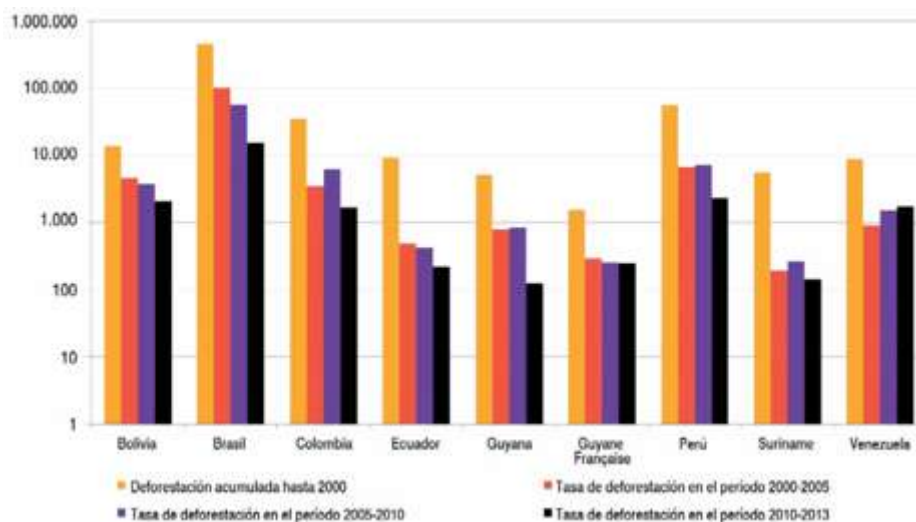


Ilustración 2-11: Deforestación histórica y reciente en la Amazonía (km<sup>2</sup>) [14]

El papel de la selva amazónica en la regulación del dióxido de carbono es crítico. Por lo tanto, la deforestación de la Amazonia tiene un impacto negativo y directo con el cambio climático. Además, la quema de árboles en las selvas tropicales del mundo, entre los que se incluye el Amazonas, es la responsable de casi el 20% anual de las emisiones de gases con efecto invernadero. Se estima que, la deforestación del Amazonas conlleva la emisión de entre 400 y 500 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año [14]. Así, al aumentar la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera, esto provoca un aumento de la temperatura y, a su vez, mayor número de sequías.

Por otro lado, investigaciones de la universidad de Cambridge han afirmado que, dadas las tasas de deforestación actuales, entre uno y dos grupos de las especies del Amazonas son aniquiladas cada vez que se tala el 10% de la superficie total del Amazonas. Así, la deforestación tiene un impacto brutal en la biodiversidad de la selva amazónica. Y esto, unido a la elevada cantidad de especies endémicas en esta zona, son una amenaza para el planeta Tierra en su totalidad.

Es necesario, por lo tanto, frenar la deforestación del Amazonas. Las empresas presentes en la Amazonía, así como los gobiernos de todo el planeta han de asumir responsabilidad para evitar continuar con la destrucción de la selva amazónica. Entre las acciones que deben llevar a cabo encontramos las siguientes:

- Los gobiernos de los países de la Amazonia han de implantar una política de cero deforestación
- Todas aquellas empresas que operan en países de la región amazónica han de revisar sus políticas de actuación para eliminar todos aquellos proyectos que afecten de manera negativa el ecosistema amazónico y su población
- La Unión Europea debe poner en marcha un plan contra la deforestación evitando el comercio de todas aquellas materias primas (como la soja o el aceite de palma) que procedan de la deforestación del Amazonas
- Los ciudadanos de todo el mundo debemos revisar nuestros estilos de vida para frenar el consumo innecesario y el derroche de los recursos naturales [15]

#### 2.2.2.1 Densidad de carbono

Hoy en día, el cambio climático es uno de los principales problemas de la humanidad. Uno de los efectos de este cambio climático es el incremento de la temperatura media del planeta debido a, principalmente, el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

El principal gas de efecto invernadero es el CO<sub>2</sub>. Su incorporación a la atmósfera se debe a la quema de combustibles fósiles como el petróleo o gas natural (75% de la aportación total) y a los cambios en el suelo debido a, por ejemplo, la deforestación. Por lo tanto, la cantidad de dióxido de carbono presente en la atmósfera podría ser reducida de dos maneras, o bien reduciendo la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> al reducir la quema de hidrocarburos, o bien creando nuevos sumideros de carbono en la biosfera o mejorando los ya existentes.

Centrándose en el último punto, la cantidad de dióxido de carbono atmosférico podría reducirse considerablemente creando y mejorando los sumideros de carbono de la biosfera. Para ello, es de alta importancia la conservación de los bosques ya que juegan un papel clave en la conservación, el secuestro y el almacenamiento del carbono atmosférico. Además, los sistemas agroforestales son capaces de retener, principalmente en su madera, grandes cantidades de carbono durante un tiempo prolongado, reduciendo así la cantidad de carbono atmosféricos. En la Ilustración 2-12 se muestra cómo afecta la cantidad de carbono forestal presente en el suelo a la vegetación.



*Ilustración 2-12: Vegetación con cantidad de carbono forestal baja (izquierda), media (centro) y alta (derecha) [16]*

Todo esto resalta la importancia de los ecosistemas forestales a la hora de frenar el cambio climático terrestres. Normalmente, en los bosques la cantidad de carbono en el suelo se encuentra en equilibrio. Pero, cuando se desforesta un bosque, este equilibrio se ve alterado y parte del carbono orgánico del suelo se pierde en forma de emisión de dióxido de carbono a la atmósfera. Por otro lado, la reforestación de un bosque es una buena forma de almacenar carbono en un horizonte temporal amplio [17].

La región amazónica comprende la mayor extensión de bosque tropical del mundo. Y, por tanto, su importancia a la hora de almacenar carbono es muy elevada. El 52% del Amazonas está formada por 2344 Territorios Indígenas (TI) y 610 Áreas Naturales Protegidas (ANP). Establecer un territorio como TI o ANP contribuye, por un lado, a asegurar los derechos de las poblaciones indígenas de la zona ya que les permite vivir en ese terreno. Por otro lado, también ayuda a proteger la biodiversidad y el ecosistema de ese territorio que contribuye, entre otras cosas, a capturar y almacenar carbono.

La región amazónica almacena, aproximadamente, 109.660 millones de toneladas métricas de carbono (MtC). Una cantidad mucho mayor a la contenida en los mayores acumuladores de carbono situados en el continente africano y asiático. En la Ilustración 2-13 tenemos un gráfico que nos indica cómo se distribuye el carbono en los distintos territorios de la región amazónica. Más de un 55% de la cantidad total se encuentra en territorios TI y ANP y, por lo tanto, en territorios protegidos.



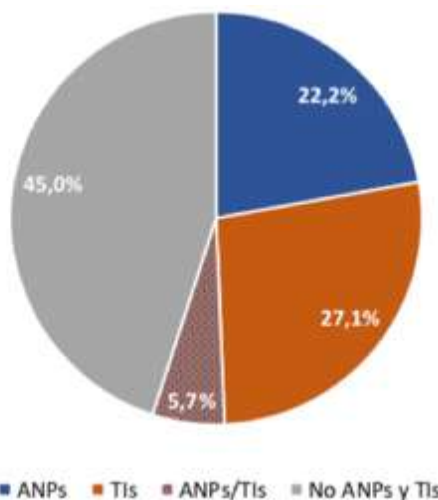


Ilustración 2-13: Distribución de carbono presente en el suelo de la región amazónica [16]

Aún así, aproximadamente el 45% del carbono se encuentra fuera de territorios protegidos. Es, por lo tanto, de vital importancia que se continúe promoviendo la protección de los territorios amazónicos en su totalidad para conservar el carbono almacenado y ayudar así a frenar el cambio climático [16].

### 2.2.3 *Petróleo y gas natural*

La extracción de hidrocarburos, como son el petróleo y el gas natural, ha crecido de manera exponencial en los últimos años debido a un aumento de la demanda global. La cuenca amazónica ha experimentado, desde la década de los noventa, una fuerte explotación de sus recursos naturales. Las grandes reservas de petróleo y gas natural han situado al Amazonas en una posición clave en la política energética global.

Uno de los problemas principales de la extracción de petróleo y gas en la Amazonía es que son los gobiernos de la región, y no las poblaciones indígenas que habitan la zona, quienes deciden quien puede explotar estos recursos naturales. De este modo, los gobiernos nacionales delimitan “bloques” (zonas en el terreno con presencia de hidrocarburos) y los alquilan a compañías energéticas para su posterior explotación y extracción [18].

Actualmente existen más de 320 bloques en la cuenca amazónica ocupando una extensión de, aproximadamente, 1 millón de km<sup>2</sup> (15% de la superficie total). En la Ilustración 2-14, podemos observar como 81 de estos bloques se encuentran explotados por 24 multinacionales energéticas mientras que los bloques restantes se encuentran en fases previas a su explotación. La mayoría de los bloques se encuentran en la zona oeste del Amazonas, la más rica en concentración de hidrocarburos [13].

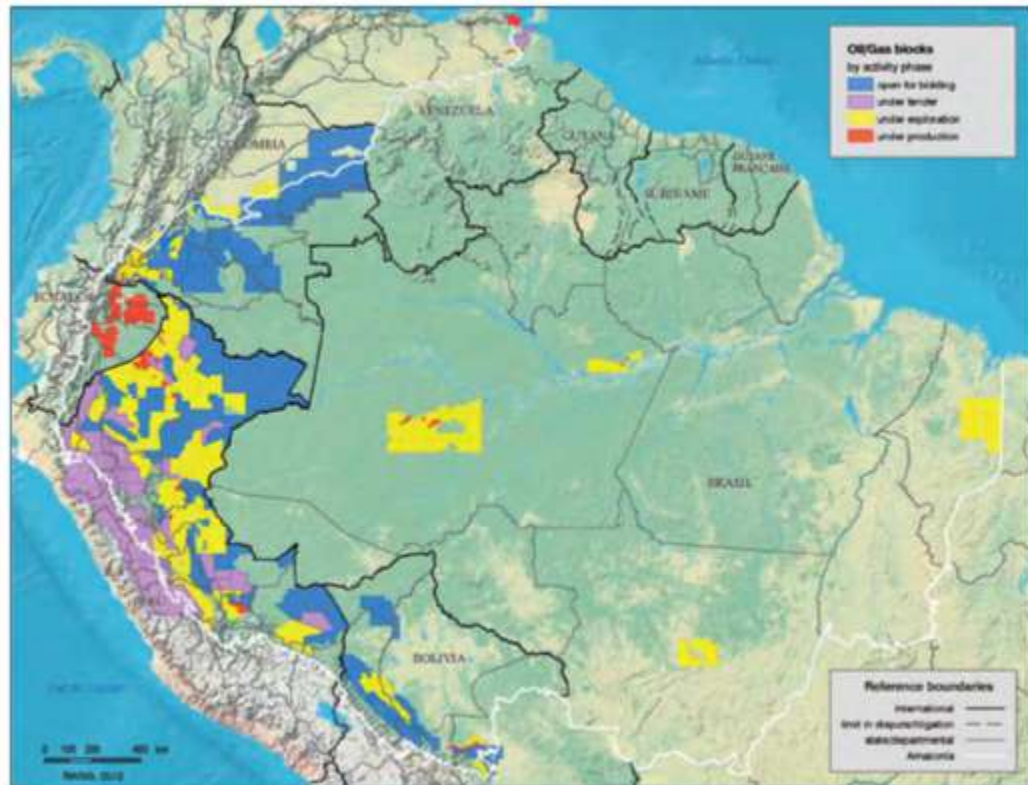


Ilustración 2-14: Bloques de petróleo y gas en la cuenca amazónica [13]

La explotación del Amazonas para la obtención de petróleo y gas natural tiene importantes efectos no sólo sobre su flora y fauna sino también sobre el suelo y los habitantes de la zona. Entre las consecuencias más importantes de la extracción de estos hidrocarburos se encuentran:

- Modificación de las propiedades del suelo
- Empeoramiento de la calidad del agua y del aire
- Contaminación por los vertidos y desechos tóxicos
- Introducción de nuevas enfermedades que afectan a la población indígena
- Destrucción de la flora y fauna al alterar su hábitat
- Erosión
- Destrucción del modo de vida de la población indígena

La mayoría de los bloques mencionados anteriormente están localizados en zonas aisladas de la población. Es, por tanto, necesaria la construcción de carreteras, como la de la Ilustración 2-15, para poder explotar los terrenos pertenecientes a dichos bloques. Esto lleva a una gran deforestación del terreno con todas las consecuencias previamente explicadas. Por ello, si se redujese o eliminase la construcción de nuevas

carreteras para acceder a las zonas explotadas, el impacto de esta explotación se vería reducido de manera drástica.



*Ilustración 2-15: Carretera tras-amazónica en Anpú, Pará, Brasil [13]*

Por otro lado, tal y como se ha mencionado previamente, gran parte de las explotaciones se encuentran en zonas aisladas. De esta forma, la mayoría de su población son grupos indígenas que viven en aislamiento voluntario y, por tanto, no pueden dar o quitar su consentimiento a las empresas que explotan los territorios donde habitan. Es, por tanto, importante que la comunidad internacional preste atención para asegurar la preservación de los derechos de los pueblos indígenas.

Aún así, cada vez son más las poblaciones indígenas y activistas que se manifiestan en contra de la explotación de hidrocarburos en el Amazonas. Con el paso del tiempo los indígenas han conocido sus derechos y se han dado cuenta de los impactos negativos que tienen la presencia de estas explotaciones sobre su forma de vida.

#### **2.2.4 Minería**

El Amazonas es un territorio donde los recursos naturales y la biodiversidad conviven. Ante un incremento en el precio de los minerales preciosos y un aumento de la demanda de ciertos minerales como el aluminio o el hierro, los gobiernos de las naciones amazónicas han desarrollado políticas de exploración de recursos minerales en esta zona. De esta forma, se ha desvelado el gran potencial minero del Amazonas lo que llevado a los gobiernos nacionales a ver la minería como una atractiva fuente de ingresos.

En la Ilustración 2-16 podemos ver la distribución de las zonas mineras en el Amazonas en el año 2015. Diferenciamos zonas potenciales (amarillos), zonas que han solicitado la exploración (rosa), zonas en exploración (rojo, naranja y azul) y zonas de las que no se dispone información (gris). Cabe destacar que muchas de estas zonas mineras se superponen con territorios declarados como ANP y TI. Esto pone de manifiesto el peligro que sufre tanto la biodiversidad amazónica como los habitantes indígenas de la zona por causa de la minería [19].

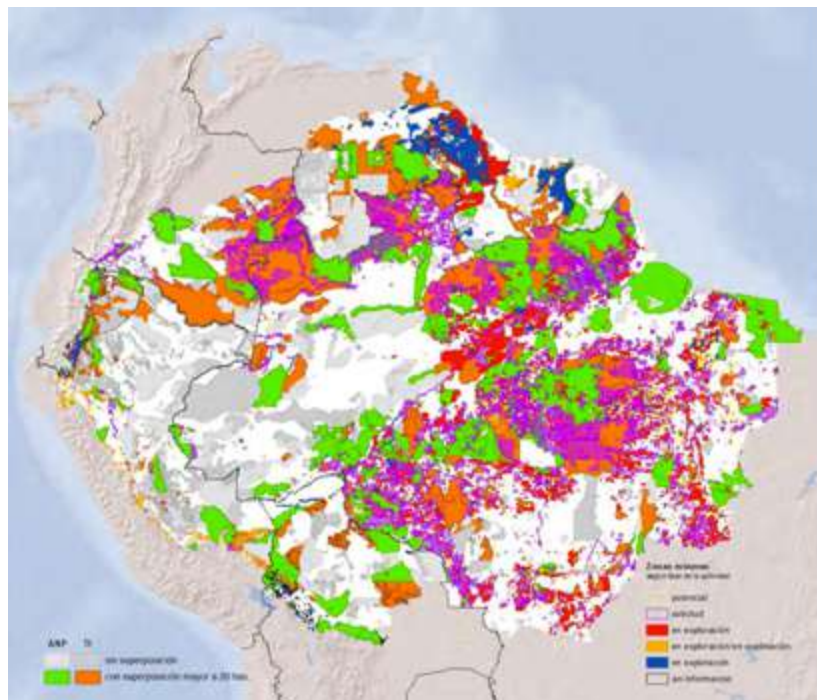


Ilustración 2-16: Zonas mineras en la Amazonía en el año 2015 [19]

Por otro lado, durante los últimos años la minería ilegal en el Amazonas se ha visto aumentada. En la actualidad el 37% de las zonas protegidas del Amazonas se encuentran afectadas por la minería ilegal. El impacto que provoca esta situación es muy elevado, no sólo afectando a la naturaleza sino poniendo en riesgo la salud de las poblaciones indígenas que habitan la zona [13]. Por ejemplo, en la Ilustración 2-17 podemos ver una mina ilegal de oro en Perú. La extracción de oro es una de las mayores responsables de la destrucción de gran parte del hábitat amazónico debido al elevado aumento de su precio durante los últimos años.



*Ilustración 2-17: Mina ilegal de oro en Perú [20]*

La extracción de recursos minerales del terreno se está convirtiendo en una de las principales causas de deforestación del Amazonas. Por ejemplo, entre los años 2005 y 2015 el 10% de la deforestación total de la región amazónica fue causada por la minería [21]. Además, la deforestación no es el único impacto que la minería tiene sobre la Amazonía. Otro de los grandes impactos causados por la minería es la contaminación. Las extracciones mineras contaminan el agua que procede de la mina amenazando con afectar también la calidad de los alimentos de las comunidades locales. Por ejemplo, el mercurio es un contaminante producido al extraer el oro. Altas concentraciones de mercurio son encontradas en los peces que habitan en las zonas próximas a las minas de extracción de oro, afectando así la alimentación de las poblaciones indígenas que habitan alrededor de la mina.

### **2.3 Población en el Amazonas**

El género humano llegó a América del Sur hace más de 14.000 años y ha habitado, desde hace once milenios. Las sociedades iniciales producían cerámica y utilizaban el bosque para cultivar sus alimentos. Ciertos estudios sugieren que el 11,8% de los bosques amazónicos son de origen antropogénico. Esto se debe a que los indígenas “modificaban” el bosque a su gusto para producir mayores cantidades de las especies que utilizaban para cubrir sus necesidades. Aún así, la principal diferencia entre los amazónicos y los agricultores modernos es que los primeros le dan un uso sostenible al bosque para asegurar el mantenimiento de la biodiversidad presente en este ecosistema.

Hasta hace poco las comunidades indígenas obtenían la mayoría de los productos que necesitaban del bosque y del río: maderas para construir sus casas y

pequeñas embarcaciones para desplazarse por el río; hojas de palma para hacer el techo de sus viviendas; frutos, peces y animales como alimento...

Este modo de vida sufrió un cambio dramático con la llegada a América del Sur de los europeos inicialmente y de los africanos y asiáticos después. Surgieron nuevos asentamientos que llevaron a la explotación de los recursos naturales mediante la esclavitud. Con el aumento de la industria de automóviles y, por tanto, la demanda de caucho, la Amazonía sufrió un aumento de inmigración principalmente europea. Fue a partir de la década de los 50 cuando comenzaron los primeros asentamientos de extranjeros en el Amazonas. Esto tuvo grandes impactos sobre la tierra y el agua: tala de bosques, construcción de carreteras y puertos, desarrollo de centrales hidroeléctricas...

En la Ilustración 2-18 se observa la evolución de la población en los países del Amazonas desde el año 1960 hasta el 2017. La tendencia en todos ellos es ascendente y esto se debe, en gran parte, a la inmigración por parte de los países europeos que hemos mencionado anteriormente.

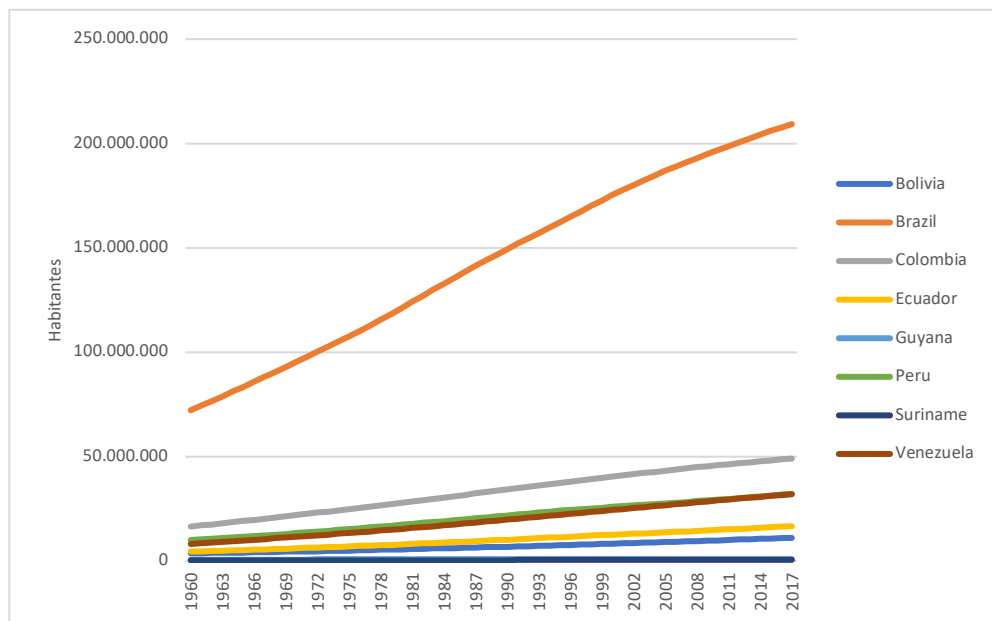


Ilustración 2-18: Crecimiento de población de los países amazónicos desde 1960 hasta 2017 [22]

Se estima que la cuenca amazónica alberga, aproximadamente, 34 millones de personas. Aproximadamente tres cuartas partes del total viven en Brasil mientras que más de una décima parte lo hace en Perú. Por otro lado, a pesar de que inicialmente las poblaciones indígenas emergieron en medio de la selva amazónica, estos centros poblacionales se han convertido ahora en importantes ciudades donde habita el 65% de la población amazónica total [23]. En la Tabla 2-4 tenemos una clasificación de las seis

ciudades más pobladas de la Amazonía. Se observa, tal y cómo se ha mencionado anteriormente, que la mayoría de ellas se encuentran en Brasil, país más poblado de la Amazonía.

Ciudad	País	Población urbana
<b>Belem</b>	Brasil	1.912.600
<b>Manaus</b>	Brasil	1.524.600
<b>Iquitos</b>	Perú	349.300
<b>Macapa</b>	Brasil	301.600
<b>Porto Velho</b>	Brasil	292.000
<b>Santarem</b>	Brasil	192.300

Tabla 2-4: Ciudades más pobladas del Amazonas [24]

### 2.3.1 Comunidades indígenas

Los más de 34 millones de habitantes que viven en la Amazonía incluyen 1,4 millones de personas que pertenecen a 385 pueblos indígenas y habitan en 2.244 territorios. Además, a estas cifras hay que sumarles todos aquellos indígenas que pertenecen a 71 de los grupos que han decidido vivir en aislamiento voluntario. Las poblaciones indígenas amazónicas hablan, al menos, 86 lenguas y 650 dialectos diferentes.

Estos pueblos indígenas han desarrollado, a lo largo de su existencia, formas de vida que aseguran la conservación de la selva amazónica a la vez que se aprovechan sus recursos. Viven en comunidades establecidas a lo largo de los ríos y se alimentan de vegetales y frutos como el maíz y la yuca. Además, cazan y pescan utilizando dardos impregnados en veneno, arcos y flechas.

El principal problema al que se enfrentan los indígenas es la presencia de extranjeros que explotan la tierra amazónica para obtener recursos de ella: tala ilegal de árboles, excavaciones de petróleo, rápida expansión de la agricultura... Y, es esta misma tierra la que ellos utilizan como sustento. Por ejemplo. Los Wayuú, Ilustración 2-19, son indígenas que habitan en el norte de Colombia y en los últimos años han visto afectada su forma de vida puesto que su río madre ha sido privatizado para la construcción de la mina de carbón El Cerrejón [25].



*Ilustración 2-19: Wayúu, indígena habitante del Amazonas Colombiano [25]*

Los pueblos indígenas son pueblos vulnerables ya que, al vivir aislado en regiones tan remotas, el resto del planeta desconoce la violencia a la que se ven sometidos hasta eliminarlos. Por tanto, es obligación de los Estados proteger estas poblaciones evitando que grandes multinacionales extranjeras destruyan sus hábitats arriesgando su existencia y modificando su forma de vida.

## **2.4 Conclusión**

En este capítulo se ha presentado un breve resumen de la Amazonía en general. Se ha comenzado delimitándola geográficamente para conocer a qué territorio nos referimos cuando hablamos de Amazonía. Después, se han presentado todos los recursos naturales que podemos obtener de la cuenca amazónica, así como las amenazas bajo las cuales se encuentra actualmente. Se ha analizado la relevancia que tiene el Amazonas con respecto a la vida de todos los individuos de la Tierra ya que es el pulmón del planeta. Por lo tanto, una modificación en su ecosistema tendría consecuencias negativas sobre todos nosotros. Por último, se nos ha presentado la población amazónica. Entre ellos, las comunidades indígenas viven bajo amenaza puesto que las grandes multinacionales extranjeras están alterando su territorio y, consecuentemente, atacando su modo de vida.

Se ha aprendido la relevancia que tiene el Amazonas, un ecosistema único en el planeta y el que cuenta con la mayor diversidad. Es, por tanto, importante que todos nosotros ayudemos a preservarlo y nos involucremos en su conservación antes de que sea demasiado tarde.



**CAPÍTULO 3:**  
**¿QUÉ**  
**ENTENDEMOS**  
**POR**  
**SOSTENIBILIDAD?**

### **3 ¿QUÉ ENTENDEMOS POR SOSTENIBILIDAD?**

Al inicio de este capítulo se presentará una visión general sobre el concepto de sostenibilidad, así como diferentes definiciones que se han ido dando. Seguidamente se analizará este concepto más en profundidad respondiendo a tres preguntas básicas que surgen al desarrollar el concepto de sostenibilidad: ¿qué sostener? ¿para quién? Y ¿durante cuánto tiempo? También se identificarán los componentes de la sostenibilidad y se analizarán las diferencias entre sostenibilidad débil y fuerte. Se estudiará la importancia de establecer medidas de sostenibilidad y presentaremos algunos de los índices más usados. Además, se profundizará en los límites planetarios de Rockström que presentan un espacio de actuación seguro para la vida terrestre. Por último, se hará un breve repaso por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), presentando aquellos que se ven desarrollados en este proyecto en cuestión.

#### **3.1 Concepto de sostenibilidad**

Uno de los principales retos a los que se ha enfrentado la comunidad científica durante los últimos años ha sido el reto de clarificar a qué nos referimos con el concepto de sostenibilidad o desarrollo sostenible<sup>2</sup>. A la hora de definirlo, es importante que su definición asegure la evaluación de su fin último y, a la vez, incluya todos los aspectos relevantes que la caracterizan. Inicialmente, se definió sostenibilidad desde el punto de vista de la economía, refiriéndose a cómo mantener un crecimiento económico indefinido. Más adelante se incluyeron los recursos naturales a la hora de definir la sostenibilidad y, finalmente, se añadieron conceptos de campos diversos como la sociología y las ciencias políticas. De esta forma, a lo largo de la historia la sociedad ha ido proponiendo diversas definiciones de sostenibilidad. Algunas de las más conocidas son:

- *“Maximum amount of resources that a person can consume in a period and still be as well off at the end of the period as s/he was at the beginning.”* (Hicks, 1946, refiriéndose a la renta sostenible)
- *“...requires the increase in moral knowledge or ethical capital of mankind.”* (Daly, 1987)

---

<sup>2</sup> A pesar de que el término desarrollo sostenible se refiere normalmente al problema de la sostenibilidad aplicado al ser humano, en este proyecto se utilizarán los términos sostenibilidad y desarrollo sostenible como sinónimos.

- *“Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” (World Commission on Environment and Development, más conocido como Informe Brundtland, 1987)*
- *“Non-declining utility of a representative member of society for millennia into the future” (Pezzey, 1992)*
- *“Sustainable development is about enhancing human wellbeing through time. The poor and disempowered must have much greater access to assets if growth is to be sustainable and the world is to avoid social unrest.” (Banco Mundial, 2003)*

Así, se observa que existen diversas formas de definir el concepto de sostenibilidad. No obstante, se pueden encontrar algunas deficiencias en estas definiciones:

- Algunas son muy limitadas puesto que se centran en temas concretos como el respeto por el medioambiente o la responsabilidad social corporativa
- Otras, como las basadas en parámetros termodinámicos, se refieren solamente a recursos y conceptos físicos
- Las hay que se centran más en los medios que en los fines, cuando son los medios los que se deben de escoger en función de los fines y no al revés [26]

La importancia del desarrollo sostenible del planeta se ha hecho patente especialmente en las últimas décadas. El continuo desarrollo económico y social nos han llevado a darnos cuenta de la importancia de proteger y mejorar el estado actual del planeta para así asegurar y mantener la existencia de los recursos naturales que éste nos proporciona. Es importante entender que son los recursos naturales los que sustentan nuestra forma de vivir día a día. En este contexto resultan especialmente lúcidas las reglas de Daly que enmarcan las condiciones necesarias para un progreso que respete y proteja el medio:

- Ningún recurso renovable se consuma a un ritmo superior al que se genera
- Ningún contaminante se produzca a un ritmo superior al ritmo que puede ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medioambiente

- Ningún recurso no renovable debe de ser consumido a una velocidad mayor de la velocidad necesaria para sustituirlo por un recurso renovable que sea consumido sosteniblemente [27]

Se observa, por lo tanto, que la sostenibilidad se refiere, en parte, al equilibrio entre la renovación de recursos y la capacidad de absorción del medio. Por ejemplo, la generación de CO<sub>2</sub> que presenta un problema para la sociedad actual tiene también un sentido de ser puesto que es usado por las plantas para asegurar su crecimiento. El problema surge cuando este equilibrio se rompe y desaparece el balance entre la renovación de recursos y la contaminación mediante su uso.

A continuación, se tratará de definir lo que entendemos por sostenibilidad. Tal y como se ha mencionado anteriormente es importante encontrar una definición que asegure la evaluación de su fin último y que, además, incluya todos los aspectos relevantes que la caracterizan.

### ***3.1.1 ¿Qué sostener? ¿Para quién? ¿Durante cuánto tiempo?***

Antes de definir los componentes de la sostenibilidad procederemos a responder qué queremos sostener, para quien y durante cuanto tiempo. La última de estas preguntas es la más sencilla de todas, queremos sostener para siempre. Por lo tanto, debemos mirar hacia el futuro teniendo bajo consideración las posibilidades y necesidades del presente.

Existen dos posturas a la hora de clarificar para quien queremos sostener. La primera postura defiende que debemos sostener para el ser humano, para nosotros mismos. Es, por tanto, una postura antropocéntrica. Por otro lado, existen quienes defienden una postura ecocéntrica, según ellos la sostenibilidad es necesaria para el planeta en sí mismo. Esta postura afirma que el ser humano es sólo una especie más del planeta y, de esta forma, no es necesario sostener el equilibrio por nuestro propio beneficio sino por el del propio planeta. En este estudio se va a partir de la postura antropocéntrica, pero sin negar en ningún momento el ecocentrismo. Así, se utilizará la especie humana como medida de la sostenibilidad, pero sin olvidarnos de los intereses del resto de las especies del planeta.

Una vez que ya se ha clarificado durante cuando tiempo se debe de sostener y para quien es el momento de entender qué es lo que queremos sostener. ¿Qué queremos sostener? ¿El crecimiento económico de la población? ¿El estado de la naturaleza? ¿El volumen de producción? Queda patente que hay infinitas realidades que se pueden sostener, pero, analizándolas, consideramos que el objetivo más amplio al

que podemos aspirar desde una perspectiva antropocéntrica es garantizar el bienestar de la población presente y futura. Es importante entender que, el término bienestar, no se refiere al bienestar tradicional del que se habla libros de economía. Por tanto, no se refiere sólo al bienestar económico de la población, sino a un bienestar que asegure el mantener todas aquellas necesidades que se consideran importantes en la vida humana: un entorno natural que ayude a preservar la vida en la Tierra, un entorno social y familiar que provea de arraigo, una vida cultural y espiritual... De este modo, se puede entender el bienestar como lo que representaba el psicólogo Maslow en su pirámide, Ilustración 3-1, el bienestar es la realización de una serie de necesidades que están ordenadas de manera jerárquica de manera que, las necesidades superiores solo se pueden alcanzar una vez que las necesidades más inferiores han sido cubiertas [26].



Ilustración 3-1: Pirámide de Maslow [28]

Es importante que se entienda el bienestar como un conjunto de necesidades y no como un conjunto de preferencias ya que las últimas no están limitadas en cantidad mientras que las primeras sí. Así, no se dispone de recursos suficientes para satisfacer las preferencias de todos mientras que, satisfacer las necesidades de todos sí es algo posible.

Por otro lado, puesto que se ha afirmado que hay que sostener para siempre, es importante que aseguremos el satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. Pero ¿cómo es posible conocer cuales serán sus necesidades? Puesto que esto no es posible en su totalidad, lo que se hará será garantizarles unos capitales más amplios, un stock no decreciente de capitales de modo que ellos puedan satisfacer sus necesidades en el futuro.

Por lo tanto, se define la necesidad de mantener el bienestar de la especie humana tanto presente como futura. Y, entendiendo el bienestar como una agregación

de capitales que podemos observar Ilustración 3-2, que asegure el mantenimiento de nuestras necesidades.

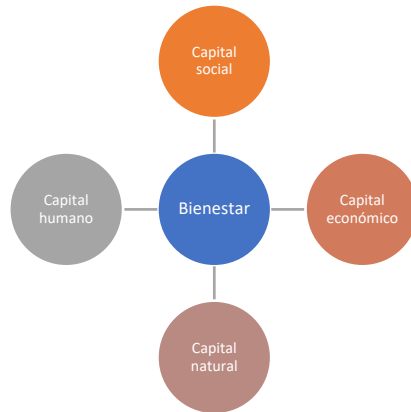


Ilustración 3-2: Capitales que hay que mantener para asegurar el bienestar

Es importante entender que los capitales no actúan de manera aislada, sino que existen sinergias e interacciones entre ellos. Es, por tanto, de suma importancia trabajar para asegurar el mantenimiento de todos ellos. Algunos ejemplos de las relaciones entre los capitales podrían ser:

- La complementariedad entre el capital económico y el natural puesto que el capital natural actúa como input para asegurar el desarrollo económico y, por tanto, el capital económico
- Los capitales social y humano actúan como condicionantes del capital económico. Está demostrado que aquellas sociedades ordenadas, estables y con mayores conocimientos tienen también un mayor desarrollo económico
- El capital humano guarda una estrecha relación con el resto de los capitales. Un mayor capital humano, entendido como más conocimiento e innovación, ayuda a asegurar el resto de los capitales y a incrementar el bienestar como conjunto

### **3.1.1 Componentes de la sostenibilidad**

Tal y como se ha anticipado la sostenibilidad no es una única realidad, sino que podemos distinguir en ella tres componentes principales: un componente ecológico, un componente económico y un componente social.

El componente económico de la sostenibilidad se refiere a la capacidad de producir el mayor beneficio económico utilizando los recursos que tenemos disponibles de manera eficiente y racional, especialmente aquellos recursos de mayor escasez. Por lo

tanto, el crecimiento económico debe de asegurar la obtención de los mayores beneficios limitando al máximo el impacto negativo de este crecimiento sobre el medioambiente. Por otro lado, el componente ecológico es un componente amplio y complejo. No tiene en cuenta solamente el estado actual del medioambiente sino también la forma en la que nuestras acciones presentes influyen en el medioambiente futuro. Este componente busca la compatibilidad entre la actividad humana y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas naturales. Por último, el componente social de la sostenibilidad se basa en la importancia de mantener las interacciones sociales, las relaciones y los valores de la humanidad. Busca encontrar la equidad entre las personas a la vez que se mantiene la biodiversidad cultural en un planeta cada día más globalizado.

Además, tal y como se observa en la Ilustración 3-3, los tres componentes de la sostenibilidad no tienen un carácter aislado, sino que guardan una estrecha relación entre ellos. Un desarrollo ecológico y social asegura un desarrollo soportable, un desarrollo ecológico y económico asegura la viabilidad y un desarrollo social y económico se preocupa de un reparto equitativo de los recursos.



Ilustración 3-3: Componentes de la sostenibilidad [29]

### 3.1.2 Sostenibilidad débil vs. Sostenibilidad fuerte

Al analizar el concepto de sostenibilidad se estudia la diferencia existente entre los capitales. Surgen entonces dudas sobre si algunos capitales son más o menos importantes que los otros, si se puede prescindir de ellos, si unos capitales pueden sustituir a otros o no, si existe complementariedad entre ellos... De este modo ese definen dos paradigmas completamente opuestos: la sostenibilidad débil y la sostenibilidad fuerte.

La sostenibilidad débil afirma que los capitales son sustituibles entre ellos siempre y cuando se mantenga el nivel global de bienestar positivo. Por lo tanto, se ha de buscar un desarrollo sostenible que asegure que la agregación de la variación de los capitales con respecto al tiempo tiene un valor superior o igual a cero.

$$\dot{k} = \frac{\partial k}{\partial t} = \frac{\partial k_s}{\partial t} + \frac{\partial k_e}{\partial t} + \frac{\partial k_n}{\partial t} + \frac{\partial k_h}{\partial t} \geq 0$$

Donde:

- $\dot{k}$  es la variación de la agregación total de los capitales con respecto al tiempo, es decir, la variación del bienestar con respecto al tiempo
- $k_s$  es el capital social
- $k_e$  es el capital económico
- $k_n$  es el capital natural
- $k_h$  es el capital humano

Se trata de una forma de pensar que presenta una definición flexible de la sostenibilidad ya que, por ejemplo, podemos disminuir un capital siempre que aseguremos el aumento de otro. Pero, por otro lado, el poder sustituir completamente unos capitales por otros presenta problemas, no solo a nivel físico, sino problemas éticos también. ¿Es sostenible destruir un bosque, reduciendo el capital natural, siempre y cuando paguemos un elevado precio por ello, aumentando el capital económico? La respuesta es claramente negativa.

Por otro lado, la sostenibilidad fuerte defiende que los capitales son complementarios entre sí. Así, para asegurar el bienestar los capitales no pueden ser intercambiados los unos por los otros, sino que cada uno de ellos ha de ser no decreciente para lograr mantener un bienestar no decreciente y, por tanto, la sostenibilidad. Se trata de un paradigma que considera que los capitales tienen unos límites físicos o niveles críticos que no se deben de sobrepasar. Un ejemplo de sostenibilidad fuerte sería el asegurar una educación mínima para todos los niños del planeta. El principal problema que plantea esta aproximación es que resulta restrictiva puesto que, para alcanzar la sostenibilidad, todos los capitales han de estar por encima de un nivel crítico y no pueden disminuir. Además, la sostenibilidad fuerte no tiene en cuenta que los capitales han de ser distribuidos, algo clave en el concepto de sostenibilidad.



### **3.1.2.1 Distribución de capitales**

Es importante, además de garantizar unos niveles mínimos de capitales, asegurar su distribución. Esta distribución ha de ser en dos direcciones. Una distribución intergeneracional que asegure que todos los seres humanos de la Tierra tienen acceso a un nivel mínimo de capitales. Y, una distribución intrageneracional, que asegure la distribución de capitales entre la generación actual y las generaciones futuras. En la distribución intrageneracional la ética juega un papel fundamental ya que asegura que las generaciones presentes se comprometan a guardar capitales para las generaciones futuras. Es, por tanto, de suma importancia entender que el reto de la sostenibilidad es, antes que técnico, ético. Más adelante se profundizará en esta conclusión.

### **3.1.3 Propuesta de síntesis**

Después de haber realizado un análisis sobre el concepto de sostenibilidad, sus componentes y los dos tipos posibles de sostenibilidad, vamos a clarificar lo que entenderemos en este proyecto por sostenibilidad.

Cuando hablamos de desarrollo sostenible nos referimos a un desarrollo que nos asegure el mantener el nivel de los capitales por encima de su nivel crítico. Y, además, asegure una distribución equitativa de estos capitales tanto en el momento presente como con respecto a las generaciones futuras.

De este modo, entenderemos como sostenible todo aquello que crea valor, que respeta unos límites y que se distribuye de igual manera entre todos los habitantes del planeta. Así, por ejemplo, un individuo actuará de manera sostenible siempre y cuando aporte más valor del que detraiga.

## **3.2 Medidas de sostenibilidad**

El reto de la comunidad científica de definir el concepto de sostenibilidad ha venido acompañado de una búsqueda de indicadores que ayuden a entender mejor y a evaluar claramente este concepto. Es importante establecer medidas de sostenibilidad para saber a dónde nos dirigimos y, además, evaluar las consecuencias y el impacto que el desarrollo sostenible tienen en la historia de la humanidad. Además, es necesario disponer de varios indicadores que permitan una visión más amplia de este complejo término. Así, para medir la sostenibilidad buscaremos indicadores de naturaleza cuantitativa, que estén sometidos constantemente a revisión y que permitan evaluaciones marginales de la sostenibilidad.

Los indicadores son estadísticas que se utilizan gracias a su capacidad de mostrar y explicar con claridad un fenómeno importante. No corresponden al valor de una sola

variable, sino que su valor es el resultado de dos o más variables combinadas. Permiten el estudio del estado, evolución y las tendencias de algo que se desea monitorizar. De esta forma, los indicadores deben de tener desde el principio una intención, una razón de ser. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible que tuvo lugar en Río de Janeiro en el año 1992 se afirmó que “es preciso elaborar indicadores del desarrollo sostenible que sirvan de base sólida para la adopción de decisiones en todos los niveles y contribuyan a una sostenibilidad autorregulada de los sistemas integrados del medio ambiente y el desarrollo”.

A lo largo de este apartado analizaremos diferentes tipos de indicadores, de naturaleza fuerte y de naturaleza débil. Los primeros medirán el agotamiento de los recursos y pondrán de manifiesto la importancia de establecer niveles mínimos de capitales. Por otro lado, los indicadores débiles estarán centrados en el bienestar y, por tanto, en la agregación de los diferentes capitales.

### **3.2.1 Escasez de recursos**

En el apartado 2.2 Recursos naturales se explicaba la diferencia entre los diferentes tipos de recursos. De esta forma se puede diferenciar entre recursos renovables (no se agotan al utilizarlos) y no renovables (se agotan con el uso puesto que la tasa de consumo es mayor que la tasa de generación). Por otro lado, se puede diferenciar entre recursos agotables y no agotables según su tasa de extracción. Así, si la tasa de extracción supera la tasa de crecimiento, el recurso puede agotarse o considerarse escaso.

A la hora de hablar de la escasez se distingue entre la escasez vista desde el punto de vista maltusiano y la escasez vista desde el punto de vista ricardiano. Malthus mide la escasez en términos absolutos, utilizando indicadores físicos. Por ejemplo, la totalidad de petróleo disponible en el subsuelo. Por otro lado, la escasez ricardiana mide la disponibilidad de los recursos de manera relativa con respecto a la existencia de otros recursos. Por ejemplo, el petróleo que es accesible económicamente a día de hoy.

La escasez es, por tanto, difícil de medir puesto que incluye un valor físico y un valor económico. Además, este valor económico varía con el tiempo puesto que varía en función de la demanda, de la tecnología... Normalmente, el valor de un recurso escaso se puede aproximar por su beneficio marginal. Este valor es la diferencia entre su precio (que cambia con la oferta y la demanda, la regulación...) y el coste marginal de la obtención de dicho recurso (que también varían con la tasa de extracción, la cantidad del recurso disponible...)

Algunos indicadores utilizados para medir la escasez son los siguientes:

- Vida del recurso: valor económico del recurso teniendo en cuenta la tasa de consumo actual
- Coste unitario: valor promedio que cuesta obtener una unidad de recurso. Depende de la cantidad total de producto a obtener ya que, a mayor volumen, menor coste unitario
- Precio real de mercado: cantidad de dinero que cuesta adquirir una unidad de recurso en el mercado. Este precio aumenta a medida que disminuye la disponibilidad de recursos y al revés. No representa siempre una total fiabilidad puesto que puede ser manipulado por los medios, publicidad, regulación...

### **3.2.2 Indicadores ambientales**

Los indicadores ambientales son unas herramientas que se utilizan para objetivar las tendencias de las dinámicas ambientales y realizar una evaluación histórica sobre su evolución. Algunos de los factores medioambientales que estudian son el agua, el aire, el suelo... Se trata, por tanto, de indicadores de naturaleza fuerte ya que miden el agotamiento de los recursos. Los indicadores ambientales constituyen un ámbito de estudio que aún se encuentra en proceso de desarrollo en la mayoría de los países.

Los indicadores ambientales más utilizados son:

- Espacio ambiental: máxima cantidad de recursos que podrían ser extraídos por cada habitante del planeta si el resto de habitante extrajese recursos de manera equivalente
- Huella ecológica: espacio que se necesita, medido en número de hectáreas, para vivir y sostener a una persona. Así, este indicador tiene en cuenta el área de tierra, la cantidad de agua y el volumen de aire necesarios para generar los recursos consumidos por una persona a lo largo de su vida y para asimilar los residuos que produce. El objetivo principal de este indicador es el de evaluar el impacto que tiene sobre la tierra una forma de vida concreta.

En la Ilustración 3-4 se encuentra un mapa que nos muestra la huella ecológica mundial. Utilizando la leyenda del mapa se ve cómo ciertos países necesitarían hasta “cuatro planetas” como la Tierra para poder mantener su ritmo de vida actual. Se observa que los países más desarrollados (Qatar, USA, España, Australia...) son aquellos que necesitan un número de planetas más elevado para mantener su ritmo de vida



Ilustración 3-4: Huella ecológica mundial [30]

- Huella de carbono: medida de las toneladas de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano...) que emite un individuo al año por efecto directo o indirecto
- Huella de agua: volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por cada individuo
- Dependencia energética: cantidad de energía primaria que importa un país para abastecerse en forma de calor, electricidad o transporte. Algunas de las soluciones para reducir la dependencia energética de los países pasan por aumentar el uso de los recursos renovables, mejorar la eficiencia de los procesos que utilizan combustibles fósiles...
- Exergía: variable termodinámica que mide el porcentaje de energía útil que se puede obtener de un recurso. Es decir, qué energía presente en un recurso energético primario se transforma de manera plena en trabajo. Este indicador se usa para medir el impacto que tiene la actividad industrial sobre el entorno ya que, a mayor exergía, se necesita una cantidad de recurso menor para realizar el mismo trabajo

### 3.2.3 Indicadores débiles

Los indicadores débiles corresponden, tal y como indica su nombre, a indicadores de sostenibilidad débil. Estos indicadores “agregan” la información obtenida a partir de diferentes fuentes. Por lo tanto, utilizan medidas de los diferentes capitales

para obtener una medida global del bienestar. Es importante, por lo tanto, conocer el peso que se le da a cada uno de los elementos que conforman estos indicadores para entender perfectamente su finalidad. Los indicadores débiles más importantes son:

- Producto Interior Bruto (PIB): el PIB es el indicador más utilizado a día de hoy. Se trata de una magnitud macroeconómica que mide el valor monetario de todos los bienes y servicios producidos en un país a lo largo de un año.

Aunque se trata de un buen indicador para medir la riqueza o el crecimiento económico de un país, no es un buen indicador del bienestar. El principal motivo es que mide el capital económico de un país, pero no tiene en cuenta el resto de los capitales. Por ejemplo, el nivel del sistema educativo o de la sanidad de un país no se contabilizan en el PIB. Así, existen alternativas del PIB que incorporan factores sociales:

- Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES): este índice no contabiliza los bienes y servicios de un país al igual que el PIB. En cambio, contabiliza el gasto de los consumidores y la utilidad que aporta el trabajo doméstico a un país, y descuenta a este valor el coste asociado a las externalidades causadas por la polución y el consumo de los recursos
- Índice de Progreso Real (IPR): el IPR incluye los mismos datos de consumo que utiliza el PIB y, además, ajusta algunos factores (como la distribución de la renta), añade nuevos factores (como el valor del voluntariado o el valor de las actividades de carácter doméstico) y resta otros factores (como los costes que conllevan el agotamiento de los recursos o los costes asociados a la delincuencia)
- Genuine Savings: este indicador tiene en cuenta la riqueza que genera un país a la que le sustrae el impacto de este país sobre el medioambiente. El impacto puede ser positivo si es sostenible y negativo si no lo es
- Índice de Desarrollo Humano (IDH): índice combinado que evalúa la salud de un país, la educación y el nivel de vida. La dimensión de la salud se evalúa a través de la esperanza de vida al nacer, la de la educación con los años promedio de escolaridad y la del nivel de vida utilizando el PIB. Es, por tanto, un indicador más completo que el PIB ya que tiene en cuenta medidas de varios capitales

- Happy Planet Index: medida que tiene en cuenta la percepción de bienestar de la gente de un país. Es, por tanto, un indicador subjetivo que obtiene sus datos a través de encuestas realizadas a la población
- Contabilidad verde: forma de contabilidad que usan los países y que consiste en añadir los recursos ambientales a los flujos de caja de la contabilidad nacional. Así, el concepto de “ganancias” o “pérdidas” no tiene solo carácter monetario son también sostenible

### **3.2.4 Indicadores de distribución**

Los indicadores de distribución responden a la dimensión ética de la sostenibilidad. La sostenibilidad se encuentra unida por un estrecho lazo a la ética. Todos los seres humanos son responsables de la sostenibilidad del planeta y deben de asegurar una correcta distribución a día de hoy y con respecto al futuro.

A lo largo de la historia se ha ido viendo cómo la sostenibilidad servía para dar respuesta a los problemas a los que la sociedad se iba enfrentando. Por ejemplo, cuando los científicos se dieron cuenta de la disminución de la capa de ozono investigaron para conocer qué compuestos eran los responsables. De este modo, se prohibió el uso de CFC (principales causantes de la destrucción del ozono atmosférico) como respuesta a este problema. Uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta el mundo actual es a la desigualdad en la distribución de recursos, renta, educación... Así, eliminar las desigualdades en el mundo es uno de los retos claves a los que se enfrenta la sostenibilidad. Este reto, además, un reto de carácter ético ya que son los que más tienen los que se deben de encargar de frenar las desigualdades que existen con respecto a los que menos poseen.

Existen diversos indicadores de distribución. A continuación, se desarrollan los más usados.

- Índice de Gini: medida de la desigualdad de una distribución. Se suele utilizar para medir la desigualdad en los ingresos de una población en concreto, pero se puede utilizar para medir cualquier distribución desigual como la educación, el acceso a sanidad... Este indicador utiliza el coeficiente de Gini, un número entre cero y uno, donde el cero se corresponde a la perfecta igualdad y el uno a la desigualdad absoluta.

En la Ilustración 3-5 podemos ver la desigualdad en la distribución de la riqueza en el mundo. Aquellos países en marrón y rojo son los que tienen una distribución de riqueza menor, es decir, un índice de Gini más alto. En cambio, los países en verde y azul son países más igualitarios con

respecto a la distribución de la riqueza. El índice de Gini mundial se estima en 0,63. Se estima que, la renta correspondiente al 20% de las personas más ricas del mundo es 28,7 veces más elevado que la renta del 20% más pobre [31].

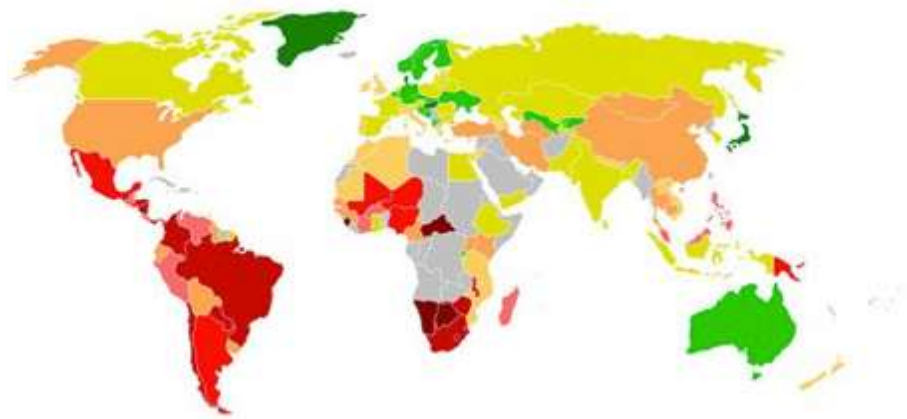


Ilustración 3-5: Índice de Gini de la distribución de la riqueza en el mundo [31]

- Razones de ingreso: la razón de ingreso es un indicador que se calcula como la división entre el ingreso medio de la población en pobreza extrema y el ingreso medio de la población no pobre y no vulnerable. De esta forma, este indicador permite conocer la brecha existente entre los ingresos de las personas que pertenecen al primer grupo y al segundo.

### **3.3 Límites planetarios de Rockström**

Los límites planetarios de Rockström son un marco conceptual que se encarga de evaluar el estado de nueve procesos fundamentales para la estabilidad terrestre. Además, se denominan límites planetarios ya que este marco conceptual sugiere unos límites para cada uno de estos procesos que, de ser superados, pondrían en peligro la habitabilidad en la Tierra. Fueron propuestos en el año 2009 por un grupo de 29 científicos. Su nombre se debe a que el líder de este grupo de científicos fue Johan Rockström del Stockholm Resilience Centre (SRC). Estos límites se han convertido en un marco conceptual de referencia que es utilizado a día de hoy por grandes organismos internacional como la ONU o el Foro Económico Mundial de Davos.

Es importante entender que, todos los sistemas se encuentran interconectados los unos con los otros. Rockström defiende que son como los tres mosqueteros “todos para uno y uno para todos”. Por lo tanto, traspasar el límite de un sistema puede tener como consecuencia acelerar otro sistema acercándonos más a su límite.

En la Ilustración 3-6 se encuentra un gráfico que nos muestra los nueve límites planetarios de Rockström. Los nueve procesos mostrados son aquellos que regulan la estabilidad y la resiliencia terrestre. Así, la sociedad actual depende de las condiciones de vida provistas por las interacciones entre la tierra, el océano, la atmósfera y la vida.

El círculo azul de la figura representa los límites que no se deben de traspasar, aquellos que avalan un espacio de operación seguro para la humanidad. Se observa que solamente los procesos de formación de la capa de ozono estratosférica, la acidificación de los océanos y el uso de agua dulce se encuentran dentro de dichos límites. Por otro lado, cuatro de los nueve límites del planeta han sido cruzados ya. Estos límites son el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el cambio en el uso del suelo terrestre y los ciclos de fósforo y nitrógeno. Por último, existen dos límites que no pueden ser cuantificados de manera global puesto que aún no somos capaces de sugerir niveles de límites cuantitativos y, de esta manera, no podemos determinar si han sido o no traspasados. Estos dos son la carga de aerosoles en la atmósfera y la polución química.

Es importante entender que, si se continúa traspasando estos límites, se acabará convirtiendo a la Tierra en un planeta hostil, dañando los esfuerzos que han hecho lo seres humanos hasta ahora para reducir la pobreza mundial y provocando un deterioro del bienestar humano en muchos países del mundo, incluidos los ricos. Por este motivo es importante que los gobiernos, la industria y las organizaciones actuales tengan en cuenta estos límites y los usen como marco para reducir el riesgo [32].



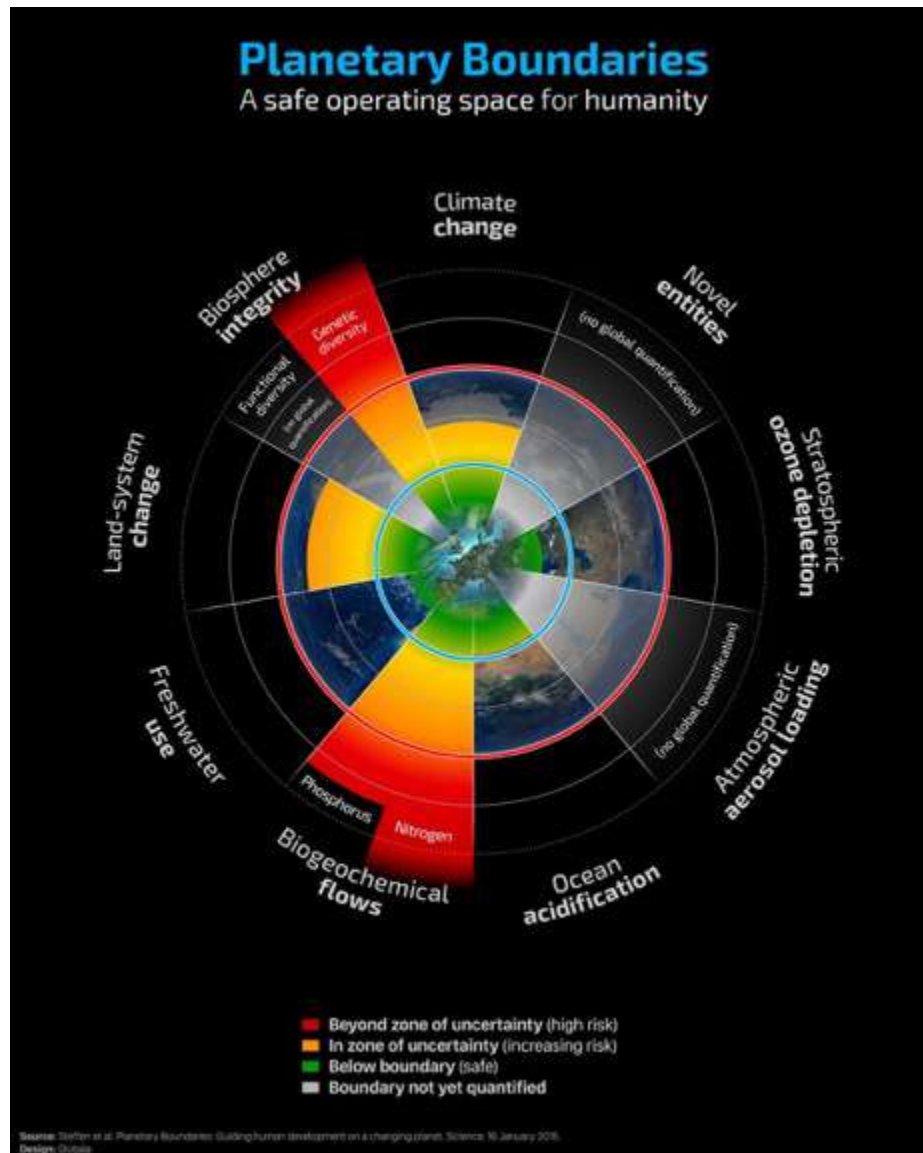


Ilustración 3-6: Límites planetarios de Rockström [32]

Los límites planetarios de Rockström son un marco conceptual sostenible. Nos invitan a pensar qué hemos hecho para llegar a traspasar los límites de cada uno de estos procesos y entender cómo debemos de comportarnos a partir de ahora para evitar continuar perjudicando nuestro planeta.

### 3.4 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) o Objetivos Mundiales, Ilustración 3-7, son un conjunto de diecisiete objetivos globales. Fueron establecidos el 25 de septiembre de 2015, fecha en la que 193 líderes mundiales se comprometieron a adoptar las medidas necesarias para erradicar la pobreza, proteger el planeta y

garantizar la paz y prosperidad de todos. Cada uno de estos objetivos cuenta con unas metas específicas que han de ser alcanzadas en los próximos quince años.



Ilustración 3-7: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [33]

Los ODS están basados en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) que fueron establecidos en el año 2000. Los ODM fueron ocho objetivos acordados de manera universal que buscaban hacer frente al hambre y pobreza extrema, prevenir enfermedades mortales y ampliar la enseñanza primaria a todos los niños del planeta. La principal diferencia entre los ODS y los ODM es que los primeros incluyen nuevos campos de acción como el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, la paz, la justicia y el consumo sostenible.

Los ODS son especiales ya que abarcan cuestiones que nos afectan a todos. Éstos fueron elaborados por un grupo de expertos a puerta cerrada. Entre los expertos se incluían, no sólo representantes de los países miembros de la ONU, sino también representantes de la sociedad civil. De esta forma, al estar presentes representantes con diferentes intereses y perspectivas se aseguró la elaboración de unos objetivos centrados en el bienestar de todos los habitantes [33].

A pesar de ser diecisiete objetivos definidos de manera individual es importante entender que existe vínculos entre ellos. De esta forma, cada objetivo se sustenta en los demás y ayuda al cumplimiento del resto. Por ejemplo, el abastecimiento de agua potable salubre y saneamiento higiénico guarda relación con el Objetivo 1 (Fin de la

Pobreza), el Objetivo 6 (Agua Limpia y Saneamiento), el Objetivo 12 (Producción y Consumo Sostenibles) y el Objetivo 13 (Acción por el Clima).

### **3.4.1 ODS-6**

El ODS-6 “Agua Limpia y Saneamiento” es uno de los objetivos desarrollados en este proyecto. Enseguida se explicará este ODS en mayor profundidad y se clarificará la contribución de este proyecto para alcanzar las metas propuestas por este ODS.

El agua es una de las necesidades fundamentales de todos los seres humanos del planeta. La ONU establece que cada persona necesita, como mínimo, entre 20 y 50 litros de agua potable al día para beber, cocinar y mantenerse limpio. Por lo tanto, el acceso al agua potable y limpia es un derecho básico de la humanidad y un paso clave para conseguir mejorar la calidad de vida en todo el mundo. Aquellas comunidades carentes de recursos hídricos suelen ser comunidades económicamente pobres y cuyos habitantes tienen dificultades a la hora de salir de la pobreza. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que las personas deben de desplazarse, como máximo, un kilómetro desde sus viviendas hasta los lugares de distribución de agua apta para el consumo humano [34].

Actualmente el 33% de los recursos hídricos del planeta se encuentran en América Latina. Aún así, 37 millones de habitantes latinoamericanos carecen de acceso a agua potable. Entre los países latinoamericanos son Haití, República Dominicana, Nicaragua, Ecuador, Perú y Bolivia los que tienen menores índices de acceso al agua potable. Siguiendo una línea de actuación que busca mejorar estos datos el ODS-6 establece las siguientes metas:

1. Para 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos
2. Para 2030, lograr el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuados para todos y poner fin a defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones vulnerables
3. Para 2030, mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial
4. Para 2030, aumentar sustancialmente la utilización eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la

extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir sustancialmente el número de personas que sufren de escasez de agua

5. Para 2030, poner en práctica la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda
6. Para 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos [35]

Así, en este proyecto se buscará mejorar el acceso al agua potable de algunos poblados situados en la Amazonía. De esta forma se ayudará al alcanzar en el año 2030, el acceso universal y equitativo al agua potable y a un precio asequible para todos los habitantes del planeta.

### **3.4.2 ODS-7**

El ODS-7 “Energía asequible y no contaminante” es el segundo objetivo de desarrollo sostenible que se desarrolla a lo largo de este proyecto.

Este ODS busca asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos. Aunque entre el año 1990 y 2010, el número de personas con acceso a energía eléctrica se vio aumentado en 1.700 millones, a día de hoy una de cada siete personas en el mundo carece de acceso a la electricidad.

Desde 2011 más de un 20% de la energía mundial es generada a partir de fuentes renovables. Pero, puesto que el crecimiento de la población mundial va a llevar a un crecimiento de la demanda de energía es importante continuar incrementando la producción de energía renovable en el mundo. De no ser así, puesto que actualmente la mayoría de la energía se produce a partir de combustibles fósiles, aumentaremos más aún las emisiones de gases de efecto invernadero generando más cambios perjudiciales en nuestro sistema climático.

Este ODS establece las siguientes metas:

1. Para 2030, garantizar el acceso universal a servicios de energía asequibles, confiables y modernos
2. Para 2030, aumentar sustancialmente el porcentaje de la energía renovable en el conjunto de fuentes de energía
3. Para 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética [35]

Siguiendo esta línea de actuación en este proyecto se buscará mejorar el acceso a energía asequible y no contaminante en algunos poblados de la Amazonía.

### 3.5 Conclusión

Una vez analizado el concepto de sostenibilidad, sus componentes, los tipos que existen, las formas de medirla... surge inevitablemente la duda de si es posible o no alcanzar la sostenibilidad.

Si se observa la historia uno se da cuenta de que, obviando algunos indicadores medioambientales como la temperatura global del planeta y la cuestión de la distribución de los capitales (especialmente desigual cuando se analizan las diferencias dentro de los propios países), la tendencia histórica de los demás indicadores es positiva. Así, se observa una tendencia positiva a nivel global en todos los capitales: mejor acceso a la educación y sanidad de los países en desarrollo, mayor PIB, progresos en la defensa diaria de los derechos civiles y políticos de todos los habitantes del planeta, innovación tecnológica que ofrece promesas que hace años parecían inalcanzables.... Por lo tanto, la visión general sobre la sostenibilidad ha de ser una visión positiva.

No obstante, se debe seguir trabajando día a día para poder asegurar el desarrollo sostenible del planeta. Especialmente, con respecto al capital natural y a la distribución justa de los capitales y acceso a ellos de toda la población. Así, la ética ha de ser puesta en el centro del análisis de la sostenibilidad. Por lo tanto, es importante establecer una serie de prioridades para reforzar algunos elementos importantes de nuestros modelos sociales. Es, por ejemplo, prioritario reforzar nuestros sistemas de gobierno para incorporar los elementos de la sostenibilidad en los distintos procesos de la toma de decisiones. Igualmente se debe luchar por una educación para todos y que anime a la innovación para mejorar la eficiencia en el consumo de los recursos del planeta. Por último, es importante que todos aquellos que viven en países del primer mundo se preocupen por asegurar que el acceso a los capitales esté disponible para todos.



# CAPÍTULO 4:

# REGIÓN DE

# ESTUDIO

## **4 REGIÓN DE ESTUDIO**

A lo largo de este capítulo vamos a conocer en mayor profundidad la región en la que se centra este proyecto.

Se comenzará estudiado la República del Perú como país. Se proporcionarán aquellos datos demográficos y económicos que se han considerado de mayor importancia: población, extensión, PIB... Esto ayudará a comprender de mejor manera la población peruana que es quien se beneficiará de este proyecto.

Más adelante se realizará un estudio demográfico más profundo del departamento de Loreto y, en concreto, de la provincia de Maynas. Es ésta la provincia que atraviesa el río Napo y, por tanto, provincia en la que se centra el proyecto.

Por último, se indicarán los poblados ribereños del río Napo que se benefician de manera directa gracias a la ETAP, EDAR y sistema fotovoltaico que se dimensionarán más adelante.

### **4.1 Perú**

Perú, oficialmente la República del Perú, es un país situado al oeste de América del Sur. Está limitado en el norte por Ecuador y Colombia, por Brasil al este, por Bolivia y Chile al sureste y por el océano Pacífico en su costa oeste. Tal y como analizamos en el apartado 2.1.3 Región del Tratado de Cooperación Amazónica, Perú forma parte de la Amazonía y, por tanto, es uno de los países con mayor biodiversidad del planeta.

Sus 1.285.215 km<sup>2</sup> lo posicionan como el tercer país más grande de Sudamérica. El idioma oficial de sus más de 32 millones de habitantes es el español. Además, cuentan con el quechua y el aimara como lenguas cooficiales y una gran cantidad de lenguas indígenas que se hablan en los poblados del Amazonas.

El país está dividido en 24 departamentos y una provincia constitucional, Callao. A su vez, estos departamentos se dividen en provincias (179) y las provincias en distritos (1.765)

La población del país está concentrada en la costa y dispersa en el resto del país. Esto genera grandes desigualdades en el abastecimiento de agua y electricidad a la población ya que es muy costoso y, por tanto, poco rentable disponer de infraestructuras para tan pocos habitantes.

Perú es el décimo país más vulnerable del planeta frente a los impactos del cambio climático. Esto se debe, principalmente, a su alta urbanización en la costa, el retroceso de los glaciares en los Andes y la deforestación de los bosques amazónicos. Por ejemplo, entre los años 1970 y 2014 se ha experimentado una reducción del área glaciaria en Perú del 43%. En la Ilustración 4-1 se observa la cordillera Blanca que ha



perdido en las últimas décadas 195,75km<sup>2</sup>, lo que se corresponde a un 27% de su superficie de hielo total.



*Ilustración 4-1: Cordillera Blanca situada en la región andina de Ancash al norte de Lima [36]*

Tal y como se observa en la Ilustración 4-2, el PIB del país ha crecido de manera significativa desde el año 2000. Así, en el nuevo milenio la economía peruana se ha posicionado en una de las de mejor desempeño en Latinoamérica. En el año 2016 el PIB del país se situaba en 211,389 mil millones de dólares. Aún así, se calcula que un 4% de la población vive con menos de \$1,90 al día.

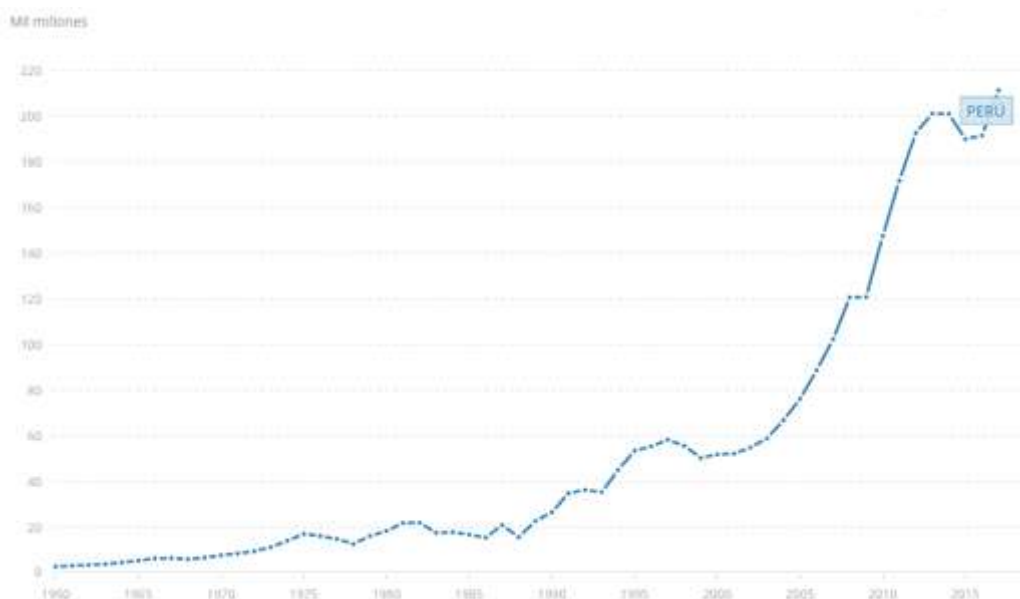


Ilustración 4-2: Evolución del PIB per cápita en Perú entre 1960-2016 [22]

En la Ilustración 4-3 se proporciona información sobre la composición del PIB peruano. Se observa que actualmente la economía peruana es dependiente de la minería (sector al que le corresponde el 14,36% del PIB) ya que el Perú es uno de los principales productores mundiales de cobre, plomo, plata, estaño y zinc. Así, al sector minero le corresponde más del 50% de las exportaciones totales del país. Por otro lado, el sector agropecuario representa un 5,97% del PIB, un 25% menos de lo registrado en el 2000 [22].

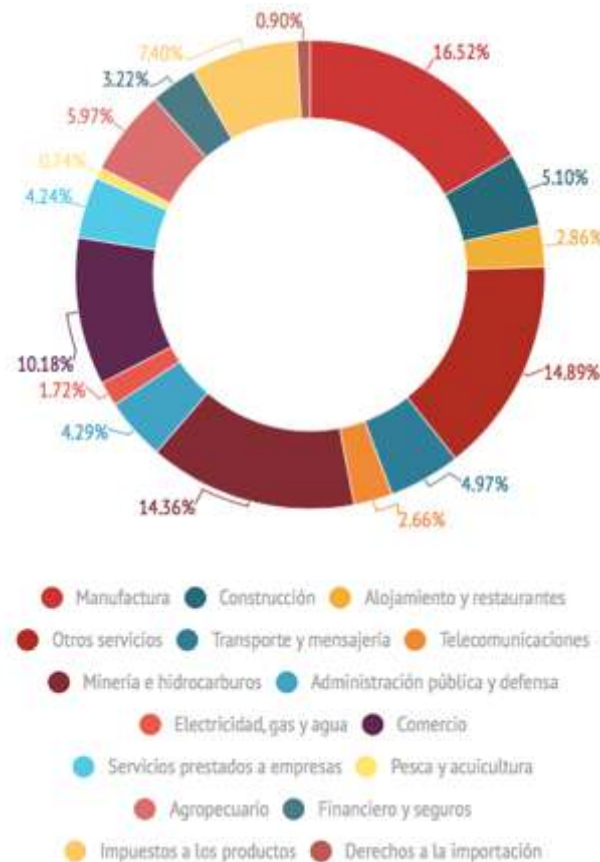


Ilustración 4-3: Composición del PIB en el Perú [37]

Este rápido crecimiento de la economía peruana le ha permitido lograr avances significativos en muchas áreas claves para el desarrollo. Entre estos avances se encuentra el aumento de infraestructuras (carreteras, instalaciones de agua potable, redes de distribución eléctrica...), una mejor capacidad del gobierno para gestionar el gasto público, incremento e los servicios públicos de educación y de salud, reducción de la pobreza...

Por otro lado, durante las últimas décadas el Perú, no solo ha vivido un crecimiento económico, sino que también ha experimentado una mejora en otros indicadores sociales, algo clave para la mejora de la calidad de vida y la reducción de la pobreza. Por ejemplo, el índice de Gini que ha sido presentado anteriormente decreció un 17,5% entre los años 1997 y 2014. Esto posiciona a Perú como uno de los países con menores desigualdades en Latinoamérica.

Aún así, actualmente, las desigualdades existentes entre la zona rural y la zona urbana son muy elevadas. Por ejemplo, la tasa de pobreza rural es tres veces superior a la tasa de pobreza urbana, siendo esta diferencia la mayor de todo Latinoamérica.

Por lo tanto, los principales retos a los que se enfrenta Perú actualmente incluyen la reducción de las brechas entre la zona rural y urbana en ámbitos como el acceso a los servicios sociales o las infraestructuras. Para ello será necesario que Perú alcance un modelo de gobierno en el que el Estado apoye de manera más eficiente el crecimiento económico. Y, por otro lado, un modelo de gobierno que sea compatible con la sostenibilidad del medioambiente. Así, es en el contexto de impulsión de desarrollo sostenible del país donde se enmarca este proyecto.

## **4.2 Departamento de Loreto**

El departamento de Loreto, Ilustración 4-4, pertenece a los veinticuatro departamentos de la República del Perú. Se localiza al noroeste del Perú en la región de la Amazonía. A pesar de que se trata del departamento más extenso del país, ocupando el 28% del territorio, tiene una densidad de población de tan solo 2,4hab/km<sup>2</sup>. Se calcula que, de los 1.039.372 habitantes del departamento, el 37,4% vive bajo la línea de pobreza y el 6,6% en pobreza extrema [38]. Aproximadamente la mitad de la población vive en poblados rurales situados en la ribera del Amazonas y sus afluentes.



*Ilustración 4-4: Departamento de Loreto, Perú [39]*

Tal y como se observa en la Ilustración 4-5, la región Loreto se encuentra dividida en ocho provincias: Alto Amazonas, Loreto, Mariscal Ramón Castilla, Maynas, Requena,

Ucayali, Datem del Marañón y Putumayo. La provincia más importante es Maynas, donde se encuentra la capital del departamento, Iquitos.



Ilustración 4-5: Provincias del departamento de Loreto [40]

#### 4.2.1 Provincia de Maynas

Maynas es una de las ocho provincias que pertenecen al departamento de Loreto. Es la provincia que aloja Iquitos, capital del departamento y cuenta con una extensión de 128.333km<sup>2</sup>. Es la provincia más poblada del departamento y aquella con mayor porcentaje de población censada urbana, un 79,6% [34]. El 24,9% de sus habitantes viven en un estado de pobreza mientras que el 4,9% lo hacen en un estado de pobreza extrema.

##### 4.2.1.1 Iquitos

Iquitos está localizado en la provincia de Maynas y es la capital del departamento de Loreto. Debido a que es la ciudad más grande de la Amazonía peruana, recibe el nombre de “la capital de la Amazonía”. A su vez, la ciudad de Iquitos está dividido en cuatro distritos cuyo número de habitantes se recoge en la Tabla 4-1.

Distrito	Número de habitantes	
Iquitos	163.594	
San Juan Bautista	124.143	
Punchana	85.179	
Belén	74.551	
	447.466	<b>Total</b>

Tabla 4-1: Habitantes en los distritos de la ciudad de Iquitos [41]

Se encuentra situada a 3.369km de la desembocadura del río Amazonas en el océano Atlántico. Está rodeada por los ríos Amazonas, Itaya y Nanay lo que la convierte en una isla fluvial. Por ello, a excepción de la ruta departamental LO-103 (carretera que conecta Iquitos con la ciudad de Nautra), la ciudad es sólo accesible en avión y barco. Así, es el principal puerto fluvial del Perú, Ilustración 4-6, y uno de los más importantes del Amazonas ya que, gracias a su localización geográfica, permite la conexión entre los océanos Atlántico y Pacífico. A Iquitos pueden llegar buques marinos de hasta 9.000 toneladas de peso y 5,5m de calado.



Ilustración 4-6: Llegada de un barco de mercancías al puerto de Iquitos [42]

A una distancia de 64km aguas abajo de Iquitos, en Francisco de Orellana, el río Napo desemboca en el Amazonas. Será este río donde se centrará el trabajo realizado en el proyecto.

### 4.3 El río Napo

El río Napo es uno de los principales afluentes del Amazonas en su curso alto. Su longitud es de 1.130km, de los cuales 667km se encuentran en el Perú. En la Ilustración

4-7 se observa que el río Napo nace en Eduardo, al pie del volcán Cotopaxi, muy próximo a la ciudad de Quito. Más adelante, entra en tierras peruanas en la localidad de Cabo Pantoja y, finalmente, desemboca en el Amazonas en Francisco de Orellana.



Ilustración 4-7: Localización del río Napo (en rosa) en la cuenca amazónica [43]

Antes de su desembocadura en el Amazonas, el río atraviesa tres distritos de la provincia de Maynas: Torres Causana (“Alto Napo peruano”), Napo (“Medio Napo peruano”) y Mazán (“Bajo Napo peruano”). En concreto, este proyecto se centrará en el distrito de Napo.

### 4.3.1 Análisis demográfico

En la Tabla 4-2 se facilita información sobre la población total en los tres distritos que atraviesa el río Napo peruano. Se observa que el distrito más poblado es el distrito de Napo, donde la densidad de población es de 0,6hab/km<sup>2</sup>.

Distrito	Número de habitantes
Torres Causana	4.865
Napo	14.882
Mazán	13.098
	32.845
	<b>Total</b>

Tabla 4-2: Habitantes en los distritos que atraviesa el río Napo peruano [44]

Los porcentajes de población rural en estos distritos han disminuido durante los últimos años gracias a los esfuerzos de los gobiernos de dotar estas comunidades de servicios básicos como pueden ser el acceso a agua y a electricidad.

La ocupación principal de los habitantes de la región es la de “agricultores, trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros” y a “trabajadores no calificados de servicios como peones y vendedores”.

Por otro lado, excepto el distrito de Mazán, los distritos de Torres Causana y de Napo presentan un elevado porcentaje de población indígena (un 65,0% en Torres Causana y un 33,9% en Napo). Esto contribuye, de manera directa, a que los índices de educación en estos distritos sean bajos. Tan solo el 50% de la población rural ha aprobado el nivel de educación primaria y el 2% la población el nivel de educación superior [44].

#### **4.3.2 Poblados Ribereños**

Para este proyecto se utilizó el estudio sobre la localización exacta de los poblados en la ribera del río Napo que realizó Raquel de la Orden es tu Trabajo de Fin de Máster “Estudio sobre el acceso universal al agua potable y a la electricidad en la Amazonía” [45]. Este estudio incluía la realización de un mapa en Google Maps con la localización exacta de los poblados de la ribera del río Napo, así como sus coordenadas, nombre y última población censada (2015). En la Ilustración 4-8 se encuentra la localización exacta de todos los poblados del río Napo.





Ilustración 4-8: Localización de los poblados de la ribera del Río Napo peruano [45]

El mapa mencionado anteriormente se hizo accesible al público a través del siguiente enlace:

<https://drive.google.com/open?id=1uBIOAcMMuTORGX8jYKt4pcycwNM&usp=sharing>

Puesto que, como se ha indicado previamente, el río Napo cuenta con una longitud de 1.130 kilómetros, no es posible centrar los esfuerzos en mejorar el acceso al agua potable y a la electricidad de todos los poblados ribereños, sino que estos esfuerzos se han centrado en una pequeña región dentro del distrito de Napo. El criterio a la hora de escoger los poblados de estudio ha sido seleccionar aquellas poblaciones con peores condiciones de acceso al agua potable y a la electricidad y con mayor número de habitantes. De esta manera, en la Ilustración 4-9 se observa la localización exacta de las poblaciones estudiadas en este proyecto: Sargento Lores, Nuevo San Pedro, Santa Clotilde, Nuevo San José y Huitotos de la Fortaleza.



Ilustración 4-9: Vista en detalle de los poblados estudiados en el proyecto

#### 4.4 Conclusión

En este capítulo se ha realizado un análisis de la región geográfica donde se enmarca este proyecto. Se ha creído necesario el incluir esta información para comprender en mayor medida cómo ha sido el crecimiento del país durante las últimas décadas y, por lo tanto, cómo ha llegado a ser lo que es a día de hoy.

Así, se ha analizado que Perú, la séptima economía en tamaño de América Latina, es un país de ingreso medio-alto. Esto se debe al gran crecimiento que ha experimentado su economía en los últimos años. A pesar de entrar en una etapa de prosperidad económica, las desigualdades existentes entre las zonas urbanas y rurales siguen estando patentes. Siguiendo esta línea de actuación, en este proyecto se ha buscado reducir las desigualdades existentes al buscar una mejora en el acceso a agua potable y electricidad en zonas aisladas.

Además, no sólo se ha incluido un estudio de Perú como país, sino que se han analizado de manera más concreta el departamento de Loreto, la provincia de Maynas y los poblados de la ribera del río Napo, a los cuales la consecución de este proyecto afectaría de manera más directa.

# CAPÍTULO 5:

# ACCESO AL AGUA

## **5 ACCESO AL AGUA**

En este capítulo se estudiará el acceso al agua. Se comenzará con un breve análisis sobre la situación actual de acceso al agua en la República del Perú como país.

Más adelante, se analizarán los resultados obtenidos en un estudio realizado con el fin de conocer la calidad del agua superficial del río Napo. Se estudiarán los valores de este estudio que no cumplen con la normativa de calidad de agua actualmente vigente en Perú. Dado que entre los pueblos de la ribera del río Napo se encuentran los poblados ribereños mencionados en el apartado 4.3.2 Poblados Ribereños, se buscará mejorar su acceso al agua potable dimensionando una ETAP (Estación de Tratamiento de Aguas Potables).

Por otro lado, los poblados de estudio actualmente vierten sus aguas residuales directamente al río Napo. El principal problema de esto es que, cuando las aguas residuales llegan al río, lo contaminan con bacterias, parásitos y virus convirtiendo el río en un grave problema para la salud pública ya que actúa de medio propagador de enfermedades como las diarreas, el cólera o la fiebre tifoidea. Así, en este capítulo se estudiará la instalación de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) que tratará las aguas antes de verterlas al río.

En todo momento se tendrá en cuenta que la zona de instalación es una zona pobre y asilada de los grandes núcleos de población. Por lo tanto, se buscará un coste bajo, así como un mantenimiento sencillo.

### **5.1 Situación actual de acceso al agua**

Perú se encuentra entre los ocho países con mayor cantidad de reservas hídricas del planeta. Aún así, también es uno de los países que tiene mayor probabilidad de escasez de agua dulce para el año 2030. Esto se debe principalmente a dos motivos, el primero de ellos es una inadecuada e insuficiente infraestructura del agua y el segundo es la poca sensibilización que los peruanos tienen sobre el consumo de agua. Se trata de una población que desconoce que, con el cambio climático, la cantidad de agua dulce disponible se verá reducida. Además, a la vez, se observará un aumento de la población global [46].

Como se ha mencionado anteriormente Perú es uno de los países más ricos del mundo en agua. Sin embargo, este recurso no se encuentra distribuido heterogéneamente ya que el acceso al agua no se ubica siempre en aquellos lugares con mayor población y, por lo tanto, más demanda. Por ejemplo, en Lima, capital de Perú, 1,5 millones de ciudadanos carecen de acceso al agua potable desde sus viviendas. Algunos de ellos obtienen agua potable a partir de pilones de uso público que se

encuentran situado en las calles, Ilustración 5-1. Así, o bien los ciudadanos se trasladan a los pilones a lavarse los dientes, hacer la colada... o bien llenan bidones de agua que luego deben de trasladar a sus viviendas. Por último, también existen poblaciones que carecen totalmente de acceso al agua potable ya sea en el interior o en el exterior de sus viviendas. Esos ciudadanos son abastecidos por pozos, ríos manantiales... o a partir de camiones cisterna a los cuales compran el agua a precios muy elevados.



*Ilustración 5-1: Niñas peruanas lavándose los dientes en una fuente de la calle antes de ir a la escuela [47]*

En la Ilustración 5-2 encontramos información sobre las formas de abastecimiento de agua de la población peruana entre los años 2013 y 2017. Los datos se dividen en población nacional, urbana y rural. Observamos que, en 2017, un 89,4% de la poblacional nacional tenía acceso a agua para el consumo proveniente de la red pública. Sin embargo, observamos una brecha entre el abastecimiento de agua de la población urbana a partir de una red pública en la vivienda, un 94,4%, y al acceso de la población rural, tan solo un 72,2% [34].

Los motivos que causan esta brecha entre el abastecimiento del agua en zonas rurales y urbanas son varios: desbalance entre la oferta y la demanda debido a la distribución heterogénea de las fuentes naturales de agua, mala gestión institucional a la hora de expandir la cobertura de agua y saneamiento, infraestructura pobre en las zonas rurales...

Formas de abastecimiento de agua	2013	2014	2015	2016	2017	Diferencia (Puntos porcentuales)	
						2017/2016	2017/2013
<b>Nacional</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>		
<b>Por red pública en la vivienda</b>	<b>86,1</b>	<b>87,6</b>	<b>88,2</b>	<b>89,2</b>	<b>89,4</b>	<b>0,2</b>	<b>3,3</b> ***
Dentro de la vivienda	79,9	81,2	82,1	83,8	84,1	0,3	4,2 ***
Fuera de la vivienda (dentro del edificio)	4,4	4,3	4,3	3,9	4,0	0,1	-0,4 *
Pilón de uso público	1,8	2,1	1,8	1,5	1,3	-0,2	-0,5
<b>Sin acceso a red pública</b>	<b>13,9</b>	<b>12,4</b>	<b>11,8</b>	<b>10,8</b>	<b>10,6</b>	<b>-0,2</b>	<b>-3,3</b> ***
Camión - cisterna u otro similar	1,6	1,7	1,5	a/ 1,3	a/ 1,3	a/ -0,1	-0,4
Pozo	2,8	2,5	2,1	1,9	2,0	0,0	-0,9 **
Río, acequia, manantial o similar	6,6	5,3	4,7	4,5	4,1	-0,4	-2,6 ***
Otra forma	2,8	3,0	3,5	3,1	3,3	0,2	0,5 ***
<b>Urbana</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>		
<b>Por red pública en la vivienda</b>	<b>93,4</b>	<b>93,6</b>	<b>93,9</b>	<b>94,5</b>	<b>94,4</b>	<b>-0,1</b>	<b>0,9</b>
Dentro de la vivienda	86,1	86,2	87,2	88,9	88,4	-0,5	2,3 ***
Fuera de la vivienda (dentro del edificio)	5,4	5,3	5,0	4,2	4,8	0,5	-0,6 **
Pilón de uso público	1,9	2,1	1,7	1,4	1,2	a/ -0,2	-0,7
<b>Sin acceso a red pública</b>	<b>6,6</b>	<b>6,4</b>	<b>6,1</b>	<b>5,5</b>	<b>5,6</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,9</b>
Camión - cisterna u otro similar	2,0	a/ 1,9	a/ 1,6	a/ 1,5	a/ 1,3	a/ -0,2	-0,6
Pozo	1,5	1,2	1,2	1,0	1,1	0,1	-0,4
Río, acequia, manantial o similar	0,5	a/ 0,4	a/ 0,5	a/ 0,4	a/ 0,4	a/ 0,0	-0,1
Otra forma	2,7	2,9	2,9	2,6	2,8	0,2	0,2
<b>Rural</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>		
<b>Por red pública en la vivienda</b>	<b>63,2</b>	<b>68,3</b>	<b>69,5</b>	<b>71,2</b>	<b>72,2</b>	<b>1,0</b>	<b>9,0</b> ***
Dentro de la vivienda	60,5	65,3	65,5	66,6	69,3	2,6	8,8 ***
Fuera de la vivienda (dentro del edificio)	1,2	1,1	1,9	a/ 2,8	1,3	a/ -1,5 ***	0,0
Pilón de uso público	1,4	2,0	a/ 2,0	a/ 1,7	a/ 1,6	a/ -0,1	0,2
<b>Sin acceso a red pública</b>	<b>36,8</b>	<b>31,7</b>	<b>30,5</b>	<b>28,8</b>	<b>27,8</b>	<b>-1,0</b>	<b>-9,0</b> ***
Camión - cisterna u otro similar	0,6	a/ 1,1	a/ 1,1	a/ 0,7	a/ 1,0	a/ 0,2	0,4
Pozo	7,0	6,5	5,3	5,1	4,9	-0,2	-2,1 *
Río, acequia, manantial o similar	25,9	20,7	18,8	18,3	17,0	-1,3	-8,9 ***
Otra forma	3,4	3,3	5,4	4,7	4,9	0,3	1,6 ***

a/ Los resultados son considerados referenciales porque el número de casos en la muestra para este nivel no es suficiente y representan un coeficiente de variación mayor al 15%.

\* Existe diferencia significativa, con un nivel de confianza del 90%.

\*\* La diferencia es altamente significativa, con un nivel de confianza del 95%.

\*\*\* La diferencia es muy altamente significativa, con un nivel de confianza del 99%.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Encuesta Nacional de Programas Presupuestales.

Ilustración 5-2: Forma de abastecimiento de agua de la población peruana entre los años 2013-2015 (%) [34]

Por otro lado, en la Ilustración 5-3 se facilitan datos de qué porcentaje de la población consume agua proveniente de la red pública según el departamento. Se observa que los departamentos con menor porcentaje de acceso al agua proveniente de la red pública coinciden en su mayoría con los departamentos que tiene una mayor proporción de población rural con respecto a la población total peruana, Tabla 5-1.

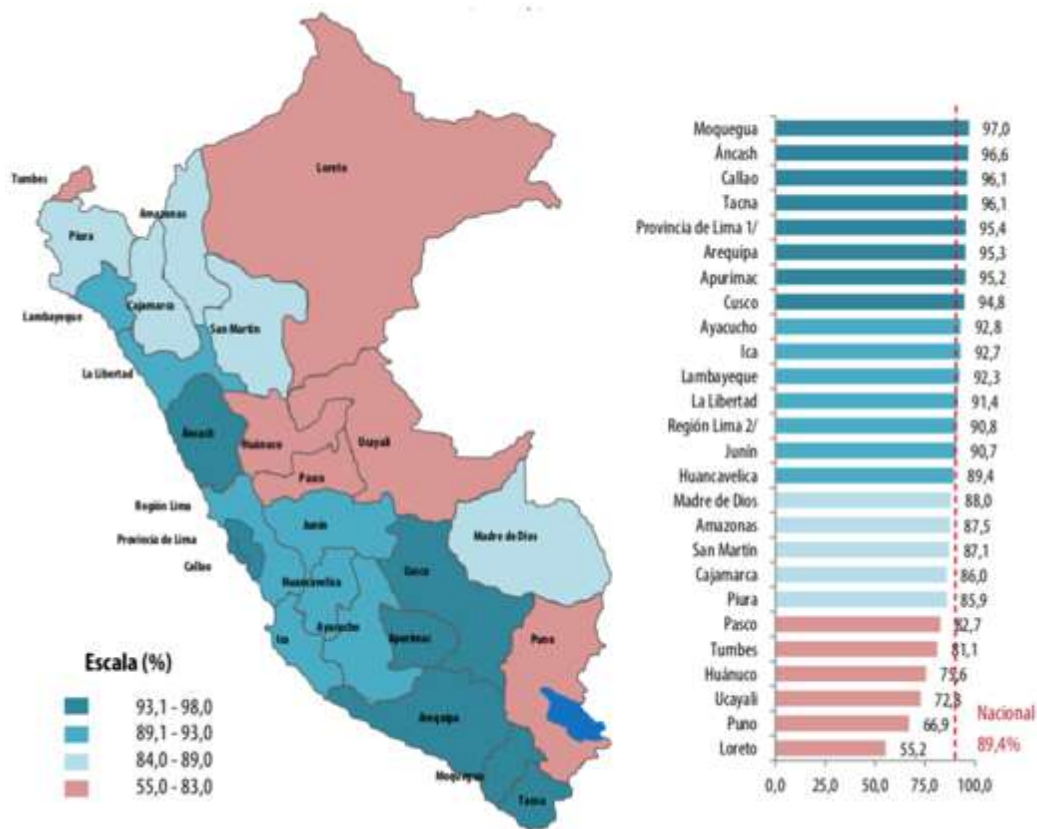


Ilustración 5-3: Población que consume agua proveniente de red pública según el departamento, 2017 (%) [34]

Departamento	Población rural (%)
Cajamarca	13,6
Puno	8,9
Cusco	8,0
Huánuco	7,3
Junín	6,4
Áncash	6,1
Piura	5,7
La Libertad	5,6
Huancavelica	5,2
Loreto	4,7

Tabla 5-1: Departamentos con mayor porcentaje de población rural de Perú en el año 2017 [48]

En la Tabla 5-2 se encuentran datos sobre las viviendas con acceso a los servicios de agua potable y saneamiento en los tres distritos por los que pasa el río Napo. Los bajos porcentajes de viviendas con estos servicios ponen de manifiesto la necesidad de mejorar la situación de estos poblados. A continuación, se realizará un estudio sobre la calidad de agua superficial en el río Napo, se diseñará una ETAP para proporcionar agua

potable a los ciudadanos de la región y una EDAR para tratar sus aguas residuales antes de verterlas de nuevo al río.

Distrito	Viviendas				
	Total	Con servicio de agua potable	% respecto del total	Con servicio de saneamiento	% respecto del total
Torres Causana	808	39	4,8	8	1,0
Napo	2491	113	4,5	111	4,5
Mazán	2431	314	13,0	69	2,9

Tabla 5-2: Viviendas con acceso a servicios de agua potable y saneamiento en los distritos de Torres Causana, Napo y Mazán [45]

## 5.2 Calidad del Agua Superficial en el río Napo

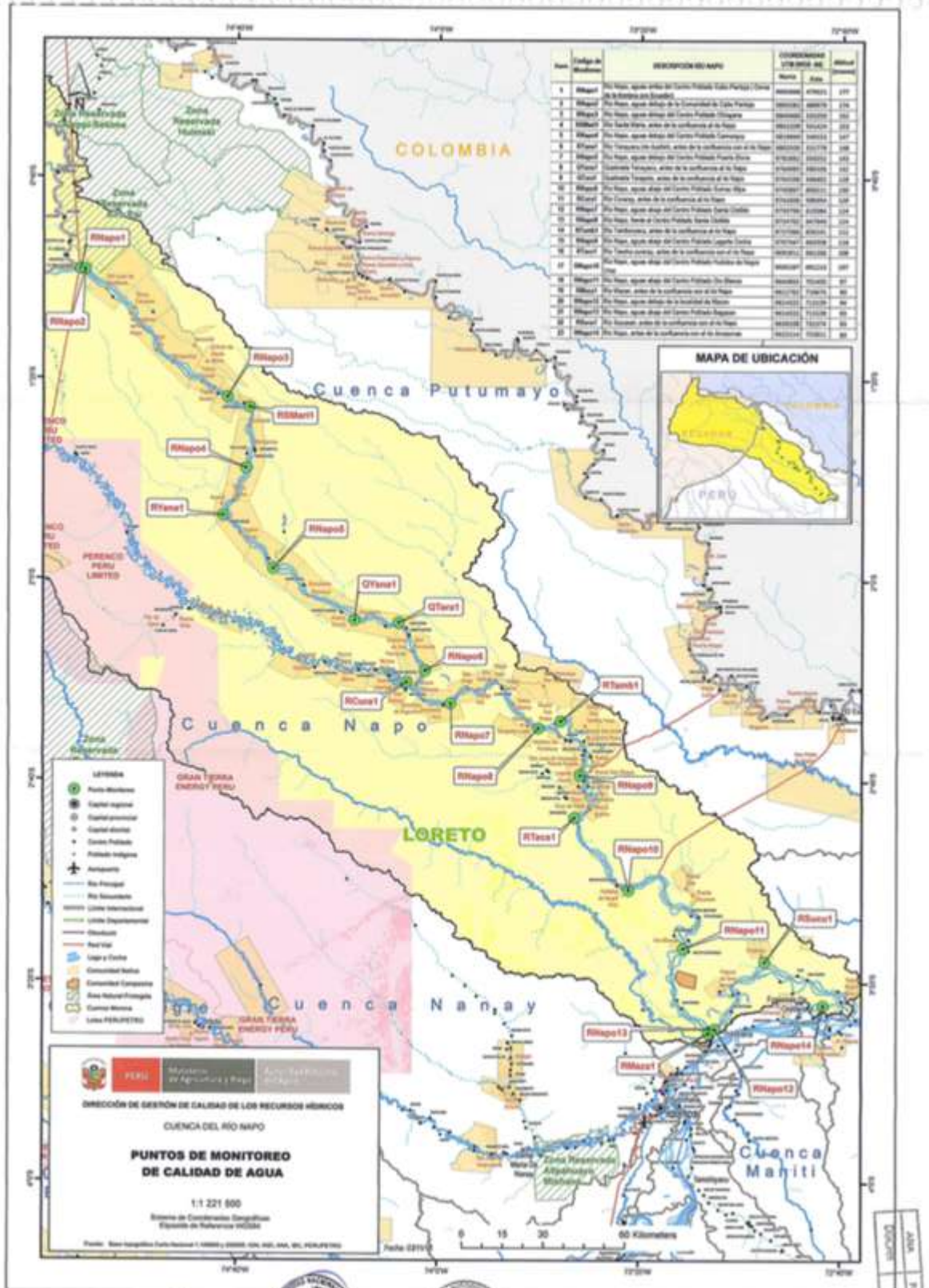
En esta sección se facilita información sobre la calidad del agua superficial en el río Napo. En el año 2015 la Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó un monitoreo participativo de la calidad del agua superficial del río Napo en 23 puntos diferentes de su cuenca [49]. Esta información nos ha sido facilitada por la alumna Raquel de la Orden, quien la utilizó en su TFM “Estudio sobre el acceso universal a la electricidad y al agua potable en la Amazonía” [45]. A continuación, se analizarán los resultados obtenidos en el monitoreo.

En la Ilustración 5-4 e Ilustración 5-5 se proporciona información sobre los puntos de la cuenca del río Napo donde se realizó el monitoreo.



Item	Código de Monitoreo	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM (WGS -84)		Altitud (m.s.n.m.)
			Este	Norte	
1	RNapo1	Río Napo, aguas arriba del Centro Poblado Cabo Pantoja ( Cerca de la frontera con Ecuador)	479321	9892668	177
2	RNapo2	Río Napo, aguas debajo de la Comunidad de Cabo Pantoja.	480979	9892582	174
3	RNapo3	Río Napo, aguas debajo del Centro Poblado Chingana	533250	9845960	152
4	RSMari1	Río Santa María, antes de la confluencia al río Napo	541424	9842209	153
5	RNapo4	Río Napo, aguas debajo del Centro Poblado Camunguy	540153	9819860	147
	RYana1	Río Yanayacu (río Aushiri), antes de la confluencia con el río Napo	531778	9802505	148
	RNapo5	Río Napo, aguas debajo del Centro Poblado Puerto Elvira	550252	9782882	143
8	QYana1	Quebrada Yanayacu, antes de la confluencia al río Napo	580106	9764085	132
9	QTara1	Quebrada Tarapoto, antes de la confluencia al río Napo	596402	9763298	129
10	RNapo6	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Sumac Allpa	606211	9745867	130
11	RCura1	Río Curaray, antes de la confluencia al río Napo	599354	9741606	129
12	RNapo7	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Santa Clotilde	615584	9733796	124
13	RNapo8	Río Napo, frente al Centro Poblado Santa Clotilde	647940	9724702	114
14	RTamb1	Río Tamboryacu, antes de la confluencia al río Napo	656141	9727366	112
	RNapo9	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Lagarto Cocha	663308	9707347	116
	RTacs1	Río Tacsha curaray, antes de la confluencia con el río Napo	661206	9691811	108
17	RNapo10	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Huilotos de Negro Urco	681213	9665287	107
18	RNapo11	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Oro Blanco	701400	9643855	97
19	RMaza1	Río Mazan, antes de la confluencia con el río Napo	710675	9612762	90
20	RNapo12	Río Napo, aguas debajo de la localidad de Mazan	713139	9614322	94
21	RNapo13	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Bagazan	713139	9614322	93
22	RSucu1	Río Sucusari, antes de la confluencia con el río Napo	731374	9639108	93
23	RNapo14	Río Napo, antes de la confluencia con el río Amazonas	752811	9623114	80

Ilustración 5-4: Cuadro con los puntos de monitoreo de calidad del agua en el río Napo [49]



*Ilustración 5-5: Plano con los puntos de monitoreo de calidad de agua en el río Napo [49]*

Los parámetros analizados en el monitoreo fueron los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- pH
- Oxígeno disuelto
- Temperatura
- Conductividad eléctrica
- Sólidos totales en suspensión
- Hidrocarburos totales de petróleo
- Corrida de metales totales (Al, Sb, As, Ba, B, Be, Ca, Cd, Cr, Cu, Co, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Ag, Sb, Se, Sn, Sr, Tl, Ti, V, Zn...)
- Mercurio

El análisis fue realizado por el laboratorio “NSF Envirolab S.A.C. Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-011”. El equipo utilizado fue el multiparámetro marca Odeon-Ponsel de serie 602264710040 / código SN-ODEOA-1047.

A la hora de evaluar los resultados se tomó como referencia los parámetros fisicoquímicos de la categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático”- Ríos de la Selva, correspondiente a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, que fueron aprobados con Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Los resultados del monitoreo se encuentran en la Ilustración 5-6 e Ilustración 5-7. En naranja se marcan aquellos resultados del monitoreo del río Napo que incumplen los ECA-Agua-Categoría 4. Por otro lado, en la Ilustración 5-8 se muestra un resumen de aquellos parámetros que incumplen dicha normativa.

Punto de Muestreo	ECA-Agua: Categoría 4 "Conservación del Ambiente Acuático" Ríos de la Selva	Fecha de Muestreo	Unidad	RNapo1	RNapo2	RNapo3	RSMart1	BNapo4	RVna1	RNapo5	QVna1	QTar1	RNapo6	RCur1	RNapo7
Parámetro		9:50:00am		13/11/15	13/11/15	13/11/15	03:20:00pm	03:10:00am	08:05:00am	14/11/15	14/11/15	14/11/15	14/11/15	14/11/15	14/11/15
<b>Resultados</b>															
<b>Parámetros de Campo</b>															
pH	6.5-8.5	7.89	Unidad	7.15	7.15	7.34	5.85	7.13	5.47	6.69	4.91	5.61	6.67	6.68	6.91
O2 Disuelto	>=5	7.71	mg/L	7.35	7.35	7.99	4.58	7.92	5.27	7.73	3.78	4.05	7.66	7.52	8.07
Temperatura	△3	27.80	°C	27.60	27.60	28.58	25.93	27.91	25.69	27.70	26.32	27.59	30.05	29.44	29.44
CE	---	13.91	µs/cm	54.22	54.22	7.99	5.35	54.90	5.70	44.32	26.32	49.01	49.01	31.54	34.54
<b>Parámetros de Laboratorio</b>															
Aceites y Grasas (2L)	Sin película visible	ND(<L)	mg/L	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)	ND(<L)
Cloruros	---	0.6	mg/L	ND(<0.25)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	ND(<0.25)	0.6
STS	<=25	147	mg/L	266	266	164	10	155	8	140	ND(<L)	6	100	64	159
HTP (ClO-C40)	Ausente	ND(<0.2)	mg/L	ND(<0.2)	ND(<0.2)	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	ND(<0.2)	N.R.
Al Total	---	1.959	mg/L	2.975	2.975	2.168	0.284	2.147	0.286	2.146	0.153	0.181	1.71	0.84	1.738
Sh Total	---	ND(<0.006)	mg/L	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)
As Total	0.05	ND(<0.007)	mg/L	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)
Ba Total	1	0.051	mg/L	0.076	0.054	0.054	0.016	0.05	0.012	0.05	0.005	0.012	0.042	0.035	0.048
Be Total	---	ND(<0.0005)	mg/L	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)
B Total	---	ND(<0.008)	mg/L	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)	ND(<0.008)
Cd Total	0.004	ND(<0.001)	mg/L	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)
Ca Total	---	8.21	mg/L	8.892	7.835	7.835	1.019	7.355	0.613	7.655	0.315	1.309	6.796	2.718	6.391
Co Total	---	ND(<0.001)	mg/L	0.002	0.001	0.001	ND(<0.001)	0.001	ND(<0.001)	0.001	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	0.001
Cu Total	0.02	0.009	mg/L	0.012	0.0096	0.01	0.003	0.0098	0.003	0.0098	0.002	0.003	0.008	0.005	0.0096
Cr Total	0.05	0.002	mg/L	0.003	0.003	0.002	ND(<0.001)	0.002	ND(<0.001)	0.002	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	0.002	0.002
Cr Total	---	ND(<0.003)	mg/L	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)
Sr Total	---	0.0522	mg/L	0.0512	0.0535	0.0535	0.0127	0.0518	0.006	0.0521	0.0022	0.0142	0.0481	0.03	0.0478
P Total	0.5	0.13	mg/L	0.26	0.16	0.16	0.03	0.14	0.02	0.14	0.01	0.03	0.11	0.04	0.12
Fe Total	---	2.626	mg/L	4.52	2.873	2.873	0.872	2.838	0.813	2.767	0.841	1.217	2.223	1.914	2.778
Li Total	---	0.002	mg/L	0.002	0.002	0.002	ND(<0.001)	0.002	ND(<0.001)	0.002	ND(<0.001)	ND(<0.001)	0.001	ND(<0.001)	0.001
Mg Total	---	1.634	mg/L	2.176	1.738	1.738	0.401	1.638	0.253	1.677	0.086	0.446	1.466	1.056	1.541
Mn Total	---	0.092	mg/L	0.144	0.111	0.111	0.062	0.114	0.042	0.108	0.016	0.056	0.085	0.06	0.101
Mo Total	---	ND(<0.002)	mg/L	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)
Ni Total	0.025	0.003	mg/L	0.004	0.003	0.003	ND(<0.002)	0.002	ND(<0.002)	0.002	ND(<0.002)	ND(<0.002)	0.002	ND(<0.002)	0.003
Ag Total	---	ND(<0.002)	mg/L	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)
Pb Total	0.001	ND(>0.001)	mg/L	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)	ND(>0.001)
K Total	---	1.85	mg/L	2.15	1.81	1.81	0.64	1.71	0.4	1.74	0.12	0.38	1.56	0.76	1.58
Se Total	---	ND(<0.006)	mg/L	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)
Na Total	---	2.09	mg/L	1.62	2.04	2.04	0.55	2.12	0.27	2.14	0.1	0.82	1.93	1.46	2.01
Ti Total	---	ND(<0.007)	mg/L	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)	ND(<0.007)
Tl Total	---	0.082	mg/L	0.153	0.092	0.092	0.006	0.086	0.003	0.083	0.002	0.002	0.066	0.025	0.082
V Total	---	0.007	mg/L	0.011	0.008	0.008	0.001	0.007	ND(<0.001)	0.007	ND(<0.001)	ND(<0.001)	0.006	0.005	0.008
Zn Total	0.3	0.016	mg/L	0.02	0.012	0.012	0.005	0.014	0.004	0.015	ND(<0.004)	0.007	0.012	0.009	0.025
Hg Total	0.0001	ND(<0.0001)	mg/L	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)

Ilustración 5-6: Resultados de los parámetros de calidad del agua del río Napo. Parte I [45]

Punto de Muestreo	ECA-Agua: Categoría 4 "Conservación del Ambiente Acuático" Ríos de la Selva	Unidad	RNapo8	RTIacs1	RNapo9	RNapo10	RNapo11	RMaas1	RNapo12	RNapo13	RSucu1	RNapo14
Fecha de Muestreo			14/11/15	15/11/15	15/11/15	15/11/15	15/11/15	15/11/15	16/11/15	16/11/15	16/11/15	16/11/15
Hora de Muestreo			08:25:00am	10:20:00am	09:35:00am	11:40:00am	01:45:00pm	03:11:00pm	08:50:00am	09:40:00am	11:50:00am	12:30:00pm
Parámetro	Resultados											
Parámetros de Campo												
pH	6.5-8.5	Unidad	5.60	6.83	5.60	6.64	6.82	6.10	6.99	6.91	5.97	6.69
O2 Disuelto	>=5	mg/L	7.25	7.84	5.05	7.94	7.63	6.94	7.52	6.66	4.93	7.56
Temperatura	△3	°C	26.60	28.60	26.94	28.34	28.52	27.77	28.27	28.26	25.63	28.66
CE	---	us/cm	35.73	41.87	31.11	39.64	42.28	3.69	0.00	40.56	7.53	41.42
Parámetros de Laboratorio												
Acéites y Grasas [21]	Sin película visible	mg/L	NDI<0.1	NDI<0.1	NDI<0.1	NDI<0.1	NDI<0.1	NDI<0.1	NDI<0.1	NDI<0.1	NDI<0.1	NDI<0.1
Cloruros	---	mg/L	0.6	0.4	NDI<0.25	NDI<0.25	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	NDI<0.25
STS	<=25	mg/L	1.74	51	1.46	1.40	1.95	30	1.26	1.24	25	266
HTP (ClO-C40)	Ausente	mg/L	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	NDI<0.2	N.R.	N.R.	NDI<0.2
Al Total	---	mg/L	1.236	1.932	0.3	1.739	0.273	0.475	1.746	1.719	0.537	2.228
Sh Total	---	mg/L	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006
As Total	0.05	mg/L	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007
Ba Total	1	mg/L	0.034	0.049	0.009	0.048	0.06	0.012	0.047	0.044	0.012	0.057
Be Total	---	mg/L	NDI<0.0005	NDI<0.0005	NDI<0.0005	NDI<0.0005	NDI<0.0005	NDI<0.0005	NDI<0.0005	NDI<0.0005	NDI<0.0005	NDI<0.0005
B Total	---	mg/L	NDI<0.008	NDI<0.008	NDI<0.008	NDI<0.008	NDI<0.008	NDI<0.008	NDI<0.008	NDI<0.008	NDI<0.008	NDI<0.008
Cd Total	0.004	mg/L	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001
Ca Total	---	mg/L	5.708	5.871	1.102	5.794	6.016	1.93	5.468	5.373	1.367	5.815
Co Total	---	mg/L	0.001	NDI<0.001	0.001	0.001	0.001	NDI<0.001	0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	0.001
Cu Total	0.02	mg/L	0.0095	0.007	0.012	0.009	0.012	0.004	0.009	0.008	0.003	0.01
Cr Total	0.05	mg/L	0.002	0.002	NDI<0.001	0.002	0.002	NDI<0.001	0.002	0.002	NDI<0.001	0.002
Sn Total	---	mg/L	NDI<0.003	NDI<0.003	NDI<0.003	NDI<0.003	NDI<0.003	NDI<0.003	NDI<0.003	NDI<0.003	NDI<0.003	NDI<0.003
Sr Total	---	mg/L	0.0446	0.0382	0.457	0.0435	0.0476	0.0061	0.0427	0.0412	0.0068	0.0465
P Total	0.5	mg/L	0.14	0.08	0.12	0.13	0.17	0.03	0.12	0.11	0.03	0.15
Fe Total	---	mg/L	2.988	1.711	2.796	2.854	3.654	1.052	2.855	2.441	0.901	3.523
Li Total	---	mg/L	0.001	NDI<0.001	0.001	0.001	0.002	NDI<0.001	0.001	0.001	NDI<0.001	0.001
Mg Total	---	mg/L	1.55	1.17	1.517	1.504	1.749	0.206	1.491	1.37	0.367	1.666
Mn Total	---	mg/L	0.108	0.056	0.106	0.105	0.137	0.037	0.101	0.087	0.06	0.126
Mo Total	---	mg/L	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002
Ni Total	0.025	mg/L	0.002	NDI<0.002	0.002	0.002	0.003	NDI<0.002	0.003	NDI<0.002	NDI<0.002	0.003
Ag Total	---	mg/L	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002	NDI<0.002
Pb Total	0.001	mg/L	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001	NDI<0.001
K Total	---	mg/L	1.36	1.2	1.39	1.38	1.44	0.44	1.3	1.28	0.58	1.38
Se Total	---	mg/L	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006	NDI<0.006
Na Total	---	mg/L	1.78	1.76	1.79	1.78	1.8	0.3	1.69	1.85	0.38	1.79
Ti Total	---	mg/L	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007	NDI<0.007
Tl Total	---	mg/L	0.084	0.047	0.08	0.079	0.112	0.003	0.069	0.069	0.004	0.108
V Total	---	mg/L	0.008	0.005	0.007	0.007	0.009	0.001	0.007	0.006	NDI<0.002	0.008
Zn Total	0.3	mg/L	0.014	0.009	0.013	0.016	0.015	0.011	0.016	0.015	0.009	0.018
Hg Total	0.0001	mg/L	NDI<0.0001	NDI<0.0001	NDI<0.0001	NDI<0.0001	NDI<0.0001	NDI<0.0001	NDI<0.0001	NDI<0.0001	NDI<0.0001	NDI<0.0001

Ilustración 5-7: Resultados de los parámetros de calidad del agua del río Napo. Parte II [30]

Item	Código de Monitoreo	DESCRIPCIÓN RÍO NAPO	COORDENADAS UTM (WGS -84)		Parámetros que exceden los ECA-Agua Categoría 4
			Norte	Este	
1	RNApo1	Río Napo, aguas arriba del Centro Poblado Cabo Pantoja ( Cerca de la frontera con Ecuador)	9892688	479321	Sólidos Totales en Suspensión.
2	RNApo2	Río Napo, aguas debajo de la Comunidad de Cabo Pantoja.	9892582	480979	Sólidos Totales en Suspensión.
3	RNApo3	Río Napo, aguas debajo del Centro Poblado Chingana	9845960	533250	Sólidos Totales en Suspensión.
4	RSMari1	Río Santa María, antes de la confluencia al río Napo	9842209	541424	pH, Oxígeno disuelto
5	RNApo4	Río Napo, aguas debajo del Centro Poblado Camunguy	9819860	540153	Sólidos Totales en Suspensión.
6	RYana1	Río Yanayacu (río Aushiri), antes de la confluencia con el río Napo	9802505	531778	pH.
7	RNApo5	Río Napo, aguas debajo del Centro Poblado Puerto Elvira	9782882	550252	Sólidos Totales en Suspensión.
8	QYana1	Quebrada Yanayacu, antes de la confluencia al río Napo	9764085	580106	pH, Oxígeno disuelto
9	QTara1	Quebrada Tarapoto, antes de la confluencia al río Napo	9763298	596402	pH, Oxígeno disuelto
10	RNApo6	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Sumac Allpa	9745867	606211	Sólidos Totales en Suspensión.
11	RCura1	Río Curaray, antes de la confluencia al río Napo	9741606	599354	Sólidos Totales en Suspensión.
12	RNApo7	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Santa Clotilde	9733796	615584	Sólidos Totales en Suspensión.
13	RNApo8	Río Napo, frente al Centro Poblado Santa Clotilde	9724702	647940	Sólidos Totales en Suspensión.
14	RTamb1	Río Tamboryacu, antes de la confluencia al río Napo	9727366	656141	pH, Sólidos Totales en Suspensión
15	RNApo9	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Lagarto Cocha	9707347	663308	Sólidos Totales en Suspensión.
16	RTacs1	Río Tacsha curaray, antes de la confluencia con el río Napo	9691811	661206	pH.
17	RNApo10	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Huitotos de Negro Urco	9665287	681213	Sólidos Totales en Suspensión.
18	RNApo11	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Oro Blanco	9643855	701400	Sólidos Totales en Suspensión.
19	RMaza1	Río Mazan, antes de la confluencia con el río Napo	9612762	710675	pH, Sólidos Totales en Suspensión
20	RNApo12	Río Napo, aguas debajo de la localidad de Mazan	9614322	713139	Sólidos Totales en Suspensión.
21	RNApo13	Río Napo, aguas abajo del Centro Poblado Bagazan	9614322	713139	Sólidos Totales en Suspensión.
22	RSucu1	Río Sucusari, antes de la confluencia con el río Napo	9639108	731374	pH, Oxígeno disuelto
23	RNApo14	Río Napo, antes de la confluencia con el río Amazonas	9623114	752811	Sólidos Totales en Suspensión.

Ilustración 5-8: Cuadro resumen con los parámetros que transgreden los ECA-Agua-Categoría 4 en el río Napo [49]

De la información presentada en la Ilustración 5-8 se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- El pH del agua infringe los valores permitidos por los ECA-Agua-Categoría 4 en ocho de los veintitrés puntos de monitoreo: RSMari1, RYana1, QYana1, QTara1, RTamb1, RTacs1, RMaza1, RSucu1

- La concentración de oxígeno disuelto en el agua infringe los valores permitidos por los ECA-Agua-Categoría 4 en cuatro de los veintitrés puntos de monitoreo: RSMari1, QYana1, QTara1, RSucu1
- La concentración de sólidos totales en suspensión en el agua infringe los valores permitidos por los ECA-Agua-Categoría 4 en diecisiete de los veintitrés puntos de monitoreo: RNapo1, RNapo2, RNapo3, RNapo4, RNapo5, RNapo6, RCura1, RNapo7, RNapo8, RTamb1, RNapo9, RNapo10, RNapo11, RMaza1, RNapo12, RNapo13, RNapo14
- Con respecto a los metales presentes en la cuenca del río Napo, no se monitoreó ningún valor que infringiese los valores permitidos por los ECA-Agua-Categoría 4 [49]

En el caso del agua del río Napo, la principal causa de la baja calidad de su agua es el vertido de las aguas residuales domésticas sin tratar. Por ello, se estudiará la instalación de una EDAR entre los puntos de monitoreo RNapo8 y RNapo9. Previamente, se dimensionará una ETAP para permitir el acceso a agua potable por parte de algunos poblados situados entre esos puntos.

Las coordenadas de estos puntos de monitoreo se facilitan en la Tabla 5-3. Además, en la Ilustración 5-9 observamos todos los pueblos ribereños localizados entre estos dos puntos de monitoreo. Entre estos pueblos se encuentran las poblaciones de estudio del proyecto mencionadas anteriormente: Sargento Lores, Nuevo San Pedro, Santa Clotilde, Nuevo San José y Huitotos de la Fortaleza.

Toda esta información se ha hecho accesible al lector a partir de un mapa de Google Maps basado en el mapa creado por Raquel de la Orden mencionado anteriormente. El enlace del mapa es el siguiente:

[https://drive.google.com/open?id=1bITrsTs4euvKPQ\\_aQFegTaRnKf2AJKA8&usp=sharing](https://drive.google.com/open?id=1bITrsTs4euvKPQ_aQFegTaRnKf2AJKA8&usp=sharing)

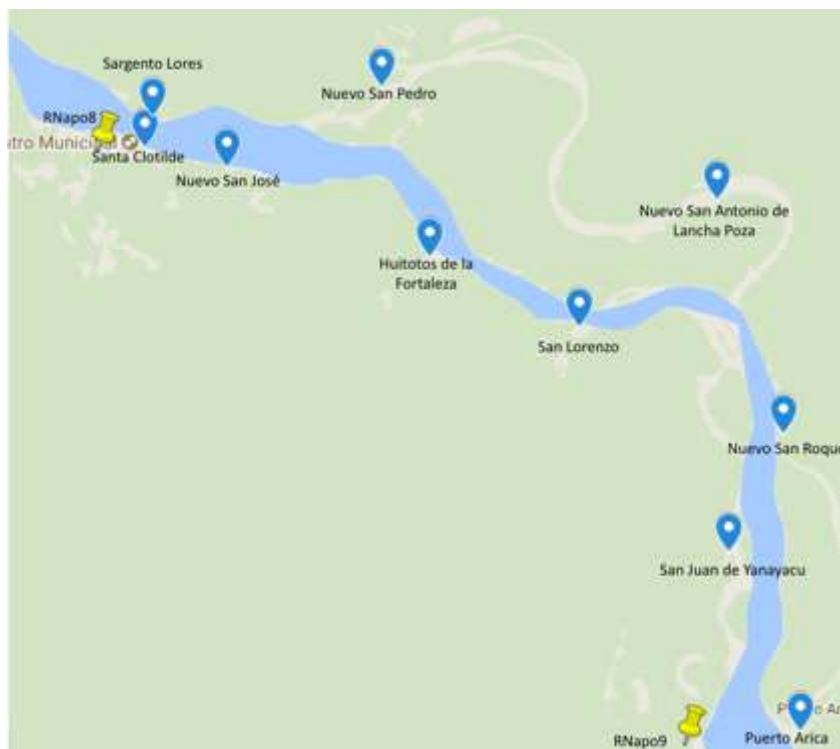


Ilustración 5-9: Poblados de la ribera del río Napo entre los puntos de monitoreo RNapo8 y RNapo9 [50]

	Coordenadas UMT (WGS-84)		Coordenadas en grados, minutos y segundos	
	Norte	Este	Latitud	Longitud
<b>RNapo8</b>	9724702	647940	2º 29' 20.4756''S	73º 41' 09.7445'' O
<b>RNapo9</b>	9707347	663308	2º 38' 44.7792''S	73º 31' 51.5926'' O

Tabla 5-3: Coordenadas UMT (WGS-84) y coordenadas en grados, minutos y segundos de los puntos de monitoreo RNapo8 y RNapo9 [49]

Por último, en la Ilustración 5-10, se observan las localizaciones exactas de la ETAP y de la EDAR que se van a dimensionar en este proyecto. En la Tabla 5-4 se facilitan las coordenadas de dichas localizaciones.





Ilustración 5-10: Localización exacta de la ETAP y de la EDAR a dimensionar, así como de las poblaciones ribereñas que se benefician de ellas [50]

Coordenadas en grados, minutos y segundos		
	Latitud	Longitud
ETAP	2º 29' 00,00'' S	73º 41' 00,00'' O
EDAR	2º 27' 14,71'' S	73º 38' 25,9'' O

Tabla 5-4: Coordenadas en grados, minutos y segundos de los puntos donde se localizan la ETAP y la EDAR

### 5.3 Diseño de la ETAP

A continuación, se procederá al diseño de la ETAP. Una ETAP (Estación de Tratamiento de Aguas Potables) es una planta que recoge el agua de una o varias poblaciones, reduce la contaminación de ciertos parámetros mediante tratamientos y procesos químicos y/o físicos y la devuelve a un cauce receptor como puede ser un río, un cauce de agua subterránea, el mar... Existen varios parámetros para medir la contaminación del agua en general. Los más usados son:

- DBO<sub>5</sub>: demanda biológica de oxígeno a los cinco días. Cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por vía biológica
- DQO: demanda química de oxígeno. Cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por vía química
- SST: sólidos en suspensión totales. Cantidad de "materia" presente en el agua

En nuestro caso el parámetro de diseño de la ETAP será los sólidos totales en suspensión, SST, debido a que estos son los parámetros que, según la Ilustración 5-8, transgredían los valores permitidos por los ECA-Agua-Categoría 4 en el punto de monitoreo RNapo8. Los SST son partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua o bien debido al movimiento de ésta, o debido a que su densidad es menor o igual a la densidad del agua. Su origen puede ser orgánico (origen animal o vegetal) o inorgánico (origen mineral). Es importante eliminarlos ya que actúan como

contaminantes debido tanto a la materia que los forma como a los patógenos que pueden transportar.

En este caso el agua bruta de la ETAP proviene del agua de la lluvia. El diseño de la ETAP de estudio estará formado por un pretratamiento, un tratamiento estándar y una posterior desinfección. En el pretratamiento se dimensionarán las etapas de desbaste, tamizado, aireación y precloración. El tratamiento estándar estará compuesto por los procesos de coagulación, floculación, decantación y filtración. Por último, se dimensionará la etapa de desinfección. En la Tabla 5-5 se muestran unos gráficos resumen de las etapas a dimensionar.

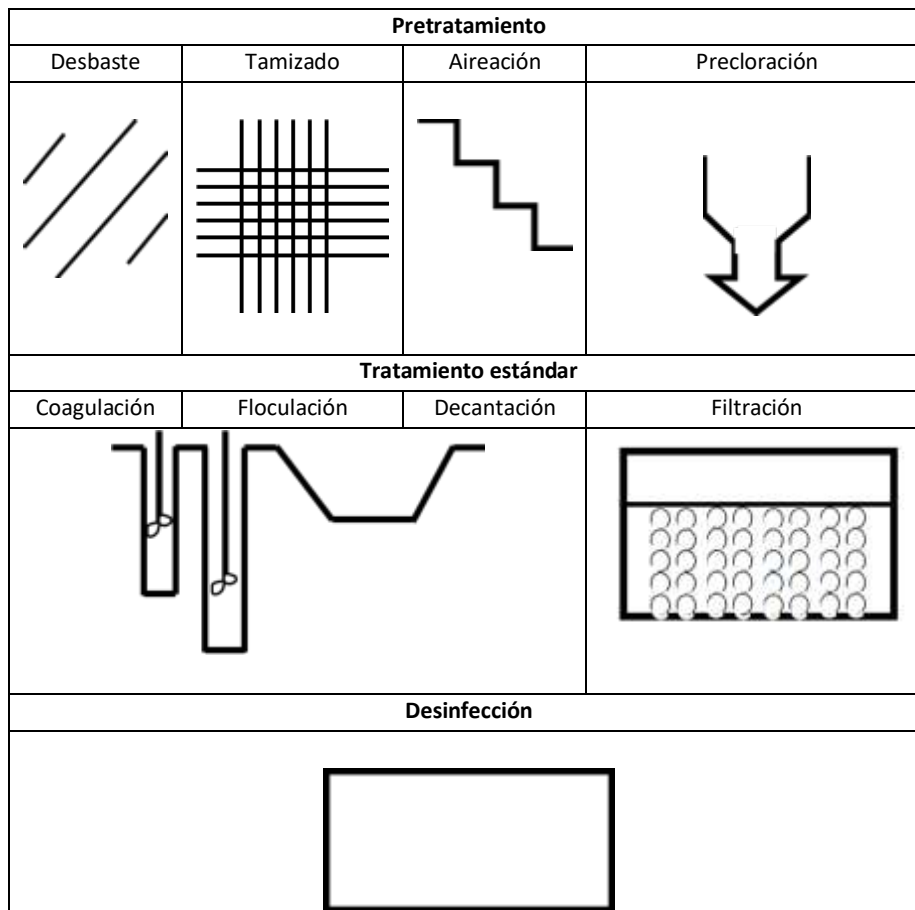


Tabla 5-5: Etapas a dimensionar en la ETAP

### 5.3.1 Cálculos preliminares

A continuación, se muestran los cálculos preliminares necesarios para el diseño de la ETAP. Estos cálculos preliminares establecen las bases de diseño de la ETAP al fijar los parámetros de partida como los habitantes equivalentes, la dotación de agua por habitante, el contenido inicial y final de sólidos en suspensión totales...

- Habitantes equivalentes

Se comenzará calculando el número de habitantes de las poblaciones que se verán favorecidas por la instalación de la ETAP. En la Tabla 5-6 se facilita toda la información relativa al último censo de la población en 2016.

Población	Número de habitantes
Santa Clotilde	2.605
Sargento Lores	120
Huitotos de Fortaleza	122
Nuevo San Pedro	118
Nuevo San José	90
Nuevo San Pedro	118
	3.173
	<b>TOTAL</b>

Tabla 5-6: Número de habitantes en las poblaciones de estudio en 2016 [51]

A la hora de diseñar la ETAP es importante tener en cuenta que ésta debe de funcionar correctamente durante un amplio espacio temporal. De esta forma, teniendo en cuenta que la vida útil de una ETAP son 25 años y que la tasa de crecimiento medio de la población en la zona de estudio es de 1,215% diseñaremos la ETAP para una población de 4.300 habitantes [44]. La Ilustración 5-11 muestra la evolución de la población en la zona de estudio si consideramos una tasa de crecimiento media de 1,215%.

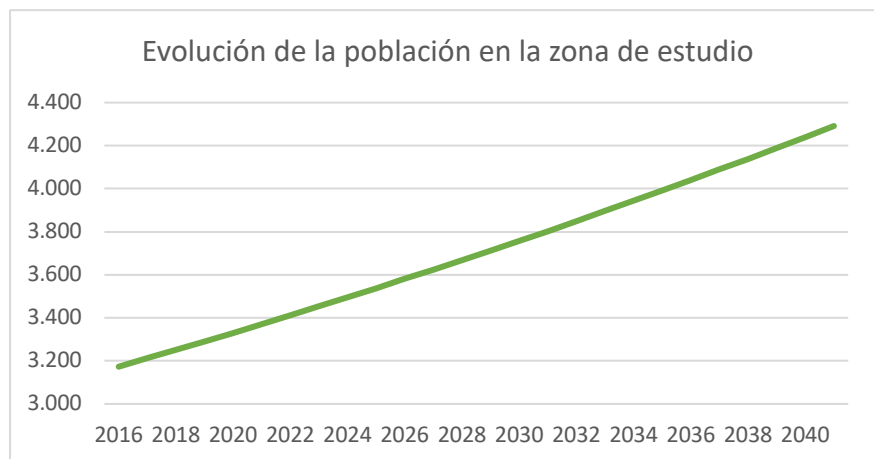


Ilustración 5-11: Gráfico de la evolución del número de habitantes en la zona de estudio

$$h_{eq} = 4300$$

- Dotación de agua por habitante

En Perú el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento establece que la dotación promedio diaria anual de agua por habitante se debe de fijar en base a un estudio de consumo justificado técnicamente [52]. Y, en el caso de no haber estudio de consumo, se considerará un mínimo de 180L/hab/día en clima frío y de 220L/hab/día en clima templado y cálido [52]. Por lo tanto, en nuestro caso, debido a que el distrito Napo cuenta con un clima cálido, se considerará una dotación de 220L/hab/día.

$$Dotación = 220L * \frac{h_{eq}}{día}$$

- Concentración de sólidos en suspensión totales a la entrada de la ETAP

La concentración de sólidos totales en suspensión en el punto de monitoreo RNapo8 y, por lo tanto, en la entrada de nuestra ETAP es de 174mg/L.

$$SST_{entrada} = 174 \frac{mg}{L}$$

- Concentración de sólidos en suspensión totales a la salida de la ETAP

Tal y como se puede observar en la Ilustración 5-7, los ECA-Agua-Categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático” Ríos de la Selva 2015, establecen que la concentración de sólidos totales en suspensión en el río Napo ha de tener un valor menor a 25mg/L. De esta manera, se fija ese valor como objetivo.

$$SST_{salida} = 25 \frac{mg}{L}$$

- Caudal diario

Cálculo del caudal a tratar por la ETAP a lo largo de un día:

$$Q_{diario} = \frac{h_{eq} * Dotación}{1000} = 946m^3/día$$

- Caudal de diseño

Cálculo del caudal por hora que debe de tratar la ETAP y que será utilizado para los cálculos:

$$Q_{diseño} = \frac{Q_{diario}}{24h} = 39,42m^3/h$$

- Relación caudal máximo a caudal de diseño

Es importante, para conseguir el rendimiento deseado de eliminación de sólidos totales en suspensión, dimensionar correctamente en base a los caudales que atraviesan la ETAP. Se denomina factor punta al coeficiente que permite obtener el caudal máximo que atraviesa una ETAP a partir del caudal de diseño o caudal medio. El caudal máximo se utiliza para dimensionar ciertos elementos de la ETAP como pueden ser los tanques de sedimentación [53]. La Ilustración 5-12 nos muestra cuál es la relación existente entre el caudal medio de agua residual y el factor punta.

Teniendo en cuenta que nuestro caudal de diseño es de  $39,42\text{m}^3/\text{h}$ , el factor punta que utilizaremos será:

$$k = 2$$

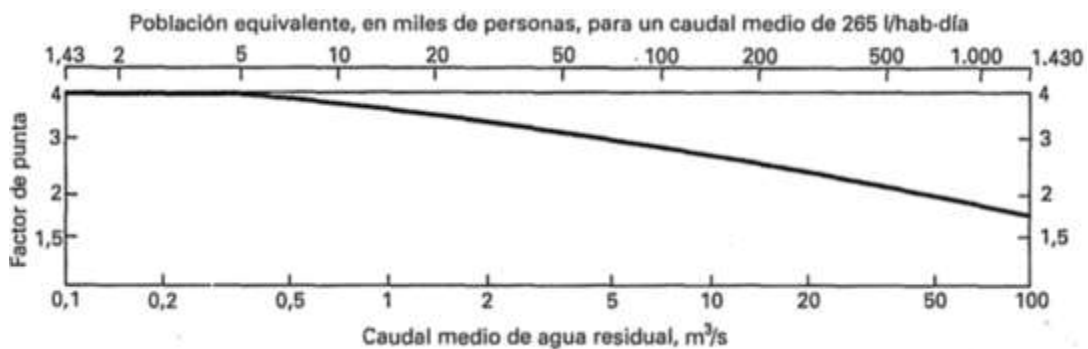


Ilustración 5-12: Relación entre el caudal medio de agua residual en  $\text{m}^3/\text{h}^3$  y el factor de punta [53]

- Caudal máximo

Una vez conocido el valor del factor punta calculamos el caudal máximo que puede admitir nuestra ETAP:

$$Q_{\text{máximo}} = Q_{\text{diseño}} * k = 78,83\text{m}^3/\text{h}$$

- Rendimiento de eliminación de los SST

Porcentaje de los sólidos en suspensión totales que serán eliminados en la ETAP:

$$\%SST = \frac{SST_i - SST_f}{SST_i} * 100 = 85,63\%$$

<sup>3</sup> El caudal medio de agua residual tiene unidades de  $\text{m}^3/\text{h}$  y no  $\text{m}^3/\text{s}$ . Se trata de un error de la gráfica original. En el proyecto se tendrá en cuenta este error y se considerará el caudal medio de agua residual en  $\text{m}^3/\text{h}$

- Obra de Llegada

La obra de llegada es el conjunto de instalaciones a través de las cuales llega el agua residual a la ETAP. Estará formada por una canalización cilíndrica de hormigón. El diámetro necesario para garantizar una velocidad de agua en su interior inferior a 1m/s<sup>4</sup> a caudal máximo es:

$$Q = v * \left( \frac{\pi * D^2}{4} \right)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * 78,83}{\pi * 1 * 3600}} \approx 16cm$$

Por lo tanto, la canalización cilíndrica ha de tener un diámetro de 16cm para asegurar una velocidad inferior a 1m/s cuando el caudal de entrada a la ETAP es igual al caudal máximo.

### **5.3.2 Línea de aguas**

A continuación, se diseñarán los elementos de la línea de aguas de la ETAP. La línea de aguas, única línea de la ETAP incluye todos aquellos procesos que sirve para reducir la cantidad o tipo de contaminantes presentes en las aguas a tratar.

#### **5.3.2.1 Pretratamiento**

El pretratamiento es la primera etapa al que se somete el agua procedente del río Napo. Su función es la eliminación de materias gruesas, arenas y elementos flotantes que pueden afectar a los procesos posteriores o dañar los equipos usados en ellos. Se trata de una etapa de gran importancia ya que, cualquier deficiencia en ella, repercutirá de manera negativa en las instalaciones usadas en las futuras etapas. A continuación, se estudiarán los procesos que conforman el pretratamiento

- Desbaste

La función principal de esta etapa es reducir al máximo los sólidos o aquellas partículas de gran tamaño que pueden dañar o destruir equipos en etapas posteriores. Además, aumentan la eficacia de los tratamientos aplicados después.

Puesto que el parámetro principal de diseño de la ETAP es el coste se instalará una reja de desbaste de limpieza manual como la de la Ilustración 5-13.

---

<sup>4</sup> Se establece un valor de velocidad de 1m/s para asegurar que la velocidad residual del agua no superará este valor en etapas posteriores como puede ser el desbaste [81]

Estas rejas están formadas por barrotes que están soldado a unas barras de separación que se encuentran situadas en la cara posterior. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones Peruano los barrotes han de tener una inclinación de entre 45º-60º y han de estar separados entre 10-25mm en el caso de desbaste medio [54]. Encima de la reja se coloca un depósito escurridos donde se acumulan los residuos rastrillados hasta que son llevados a un vertedero, incineradora, trituradora.... De esta forma, es necesario un operario que retire los residuos acumulados en las rejas de desbaste utilizando un rastrillo. Además, el operario ha de vaciar regularmente el depósito y reparar o sustituir los barrotes que sean necesarios.

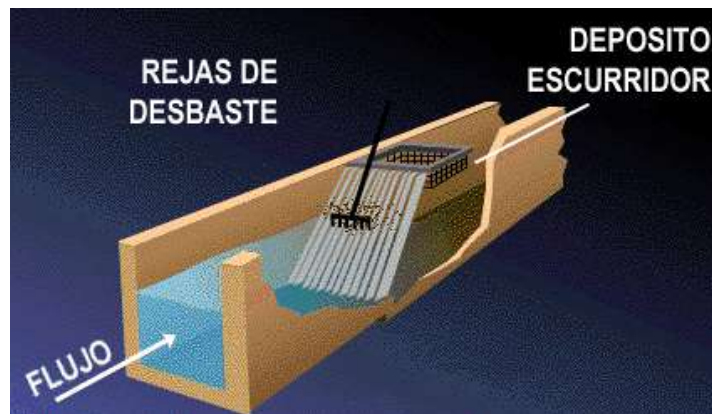


Ilustración 5-13: Reja de desbaste de limpieza manual [55]

A continuación, se calculará la colmatación de la reja. Para ello, se necesitan los siguientes datos:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 39,42m^3/h$$

- Los m<sup>3</sup> de residuos por cada 1000m de agua bruta a caudal de diseño que atraviesen la ETAP. Es, por tanto, el volumen en m<sup>3</sup> de sólidos que separan las rejas cuando son atravesadas por un caudal de 1000m<sup>3</sup>. Se toma un valor de referencia de 0,01m<sup>3</sup> [56]

Utilizando esto datos, el valor de colmatación es:

$$Colmatación = \frac{Q_{diseño} * 0,01 * 24h}{1000} = 0,095m^3/día$$

A pesar de que el valor de colmatación no es muy elevado deciden instalarse las rejas de desbaste puesto que la procedencia del agua en este caso es el río. Así, se asegurará que peces y otros seres vivos no son introducidos en el sistema de la ETAP.

- Tamizado

La siguiente etapa del pretratamiento es el tamizado. Su objetivo principal es el mismo que el del desbaste: la eliminación de materia que puede interferir en las etapas posteriores. Debido a que el tamaño filtrante de la superficie del tamiz es muy pequeño, el tamizado es una tecnología cara. Aún así, se considera un elemento imprescindible en esta ETAP ya que el motivo por el que tratamos las aguas del río Napo es, principalmente, su elevado contenido en sólidos en suspensión.

Para mantener los costes de la ETAP bajos, se utilizará un tamiz estático como el de la Ilustración 5-14. El agua entra por la parte superior del tamiz y cae a través de los barrotes. La materia, en cambio, es retenida y va resbalando por el tamiz y saliendo por su parte inferior donde es almacenada. Estos residuos son utilizados posteriormente.

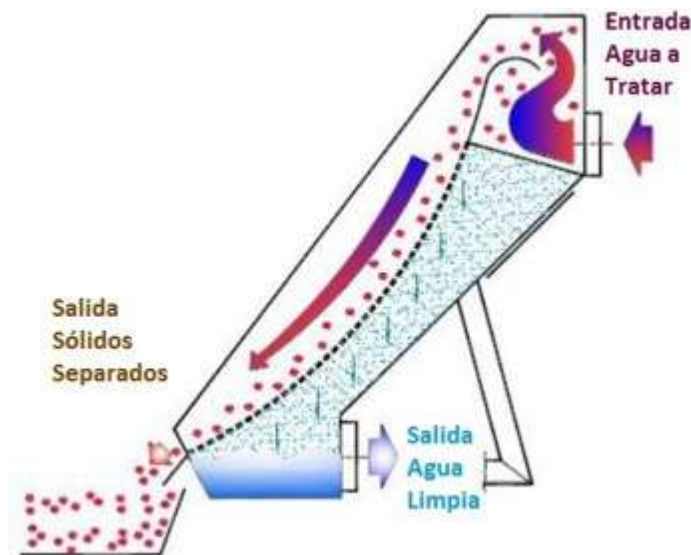


Ilustración 5-14: Tamiz estático [57]

Con los siguientes datos procedemos a calcular la producción de residuos en el tamiz:

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{diseño}} = 39,42 \text{ m}^3/\text{h}$$



- Sólidos en suspensión del agua

$$SST_{entrada} = 174 \frac{mg}{L}$$

- Porcentaje de eliminación de los sólidos en suspensión<sup>5</sup>

$$\%SST_{tamizado} = 5\%$$

$$P_{sólidos,tamiz} = \frac{SST_{entrada} * Q_{diseño} * 24h}{1000} * \%SST = \frac{8,23kg}{día}$$

- Aireación

La función principal de esta etapa es la reducción de ciertos elementos en las aguas residuales como el dióxido de carbono, el ácido sulfhídrico... Además, durante la aireación aumenta la cantidad de oxígeno disuelta en el agua. Se utilizará un aireador escalonado de hormigón para mantener bajos los costes de la ETAP y el mantenimiento al mínimo.

Los parámetros utilizados para el cálculo del aireador son:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 39,42m^3/h$$

- Tiempo de retención: tiempo que permanecerá el agua en la superficie del escalonamiento

$$t = 1 \text{ min}$$

- Espesor de la lámina: espesor del agua que cubrirá cada uno de los escalones del aireador

$$e = 2 \text{ cm}$$

Utilizando estos parámetros procedemos a realizar los cálculos para dimensionar el aireador:

- Volumen de agua que circula por el escalonamiento

$$V = Q_{diseño} * t = 0,66m^3$$

---

<sup>5</sup> Todos los parámetros utilizados en el diseño de los procesos de la ETAP corresponden a los valores típicos usados en este tipo de sistemas. Estos valores se han obtenido de [53]

- Superficie de agua cubierta en el escalonamiento

$$S = \frac{V}{e} = 32,84m^2$$

En la Ilustración 5-15 se observa un gráfico que nos muestra el escalonamiento para la aireación.

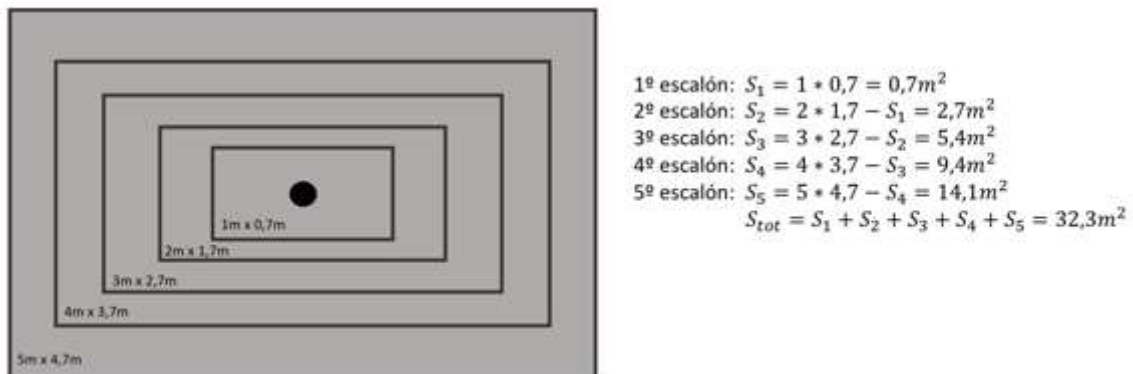


Ilustración 5-15: Escalonamiento aireación

- Preoxidación

En la preoxidación se introduce en el agua un agente químico (cloro en nuestro caso) que reacciona con las materias orgánicas e inorgánicas disueltas que pueden ser eliminadas. Por lo tanto, la preoxidación es una etapa importante a la hora de contrarrestar la gran carga microbiológica del agua.

Para añadir el cloro es necesaria una agitación rápida del agua. En este caso se opta por aprovechar el salto hidráulico del ultimo escalón de la aireación. Así, se usa la turbulencia natural del agua y se prescinde de la construcción de una balsa específica para la precloración, ahorrando costes.

Los parámetros utilizados para el cálculo son:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 39,42m^3/h$$

- Caudal máximo

$$Q_{máximo} = 78,83m^3/h$$

- Dosis de cloro: valor recomendado de cloro puro que se debe de dosificar por cada litro de agua que se trata

$$d(Cl_2) = 6mg/L$$

- Tiempo de contacto del cloro con el agua a caudal máximo

$$t = 10min$$

Utilizando estos parámetros procedemos a realizar los cálculos:

- Consumo medio de cloro: kilogramos medios de cloro que se gastan en la ETAP en un día cuando el caudal de agua tratado coincide con el caudal de diseño

$$Cl_{2medio} = \frac{Q_{diseño}}{1000} * d(Cl_2) * 24h = 5,67kg/día$$

- Consumo punta de cloro: kilogramos de cloro que se gastan en una hora cuando el caudal de agua coincide con el caudal máximo a tratar por la ETAP

$$Cl_{2punta} = \frac{Q_{máximo}}{1000} * d(Cl_2) * 1h = 0,47kg/h$$

### 5.3.2.2 Tratamiento estándar

En este caso, el tratamiento estándar de la ETAP estará formado por una etapa de coagulación-floculación-decantación y una posterior filtración para la que usaremos un filtro de arena y antracita. La función principal de cada una de estas etapas será continuar reduciendo la cantidad de sólidos en suspensión totales presentes en las aguas. Seguidamente, se procederá a dimensionar estas etapas.

- Coagulación

Durante la etapa de coagulación se introduce en el agua un producto, coagulante, que se encarga de neutralizar la carga generalmente electronegativa de los coloides que se encuentran presentes en el agua. Además, el coagulante ha de producir la formación de un precipitado.

En este caso el reactivo comercial que se utilizará como coagulante es el sulfato de aluminio ((SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>). El reactivo será vertido en estado líquido aprovechando el salto hidráulico del agua en la aireación, al igual que se hizo con el cloro durante la preoxidación.

En este caso, los parámetros utilizados para el cálculo son:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 39,42m^3/h$$

- Dosis de coagulante: valor recomendado de reactivo que ha de ser añadido por cada litro de agua residual a tratar

$$d((SO_4)_3Al_2) = 20mg/L$$

- Densidad del coagulante:

$$\rho((SO_4)_3Al_2) = 1,69kg/L$$

- Concentración del reactivo comercial usado como coagulante: concentración del sulfato de aluminio tal y como se adquiere

$$C((SO_4)_3Al_2) = 400kg/ton$$

- Concentración de dosificación: concentración de dilución a la que se dosifica el reactivo en el agua a tratar

$$C_{diluido} = 50kg/ton$$

En base a estos parámetros se realizan los siguientes cálculos:

- Consumo de reactivo comercial:

$$Consumo_{comercial} = \frac{Q_{diseño} * d((SO_4)_3Al_2)}{C((SO_4)_3Al_2)} = 1,97kg/h$$

- Consumo de reactivo diluido:

$$Consumo_{diluido} = \frac{Q_{diseño} * d((SO_4)_3Al_2)}{C_{diluido}} = 15,77kg/h$$

- Floculación

Durante la floculación se utilizan unos productos químicos, denominados floculantes, que ayudan a la formación del flóculo a través de la agregación de partículas. Se dimensionará la arqueta de floculación a partir de los siguientes parámetros:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 39,42m^3/h$$

- Caudal máximo

$$Q_{máximo} = 78,83m^3/h$$

- Tiempo de retención en la arqueta de floculación: tiempo medio en que permanece el agua a tratar en la arqueta a caudal de diseño

$$t = 10min$$

- Relación longitud/anchura de la arqueta

$$r = 2m$$

- Profundidad útil de la arqueta

$$b = 1,5m$$

Utilizando estos datos procedemos al cálculo de la arqueta de floculación:

- Volumen útil de la arqueta

$$V_{\text{útil}} = \frac{Q_{\text{diseño}} * t}{60} = 6,57m^3$$

- Longitud de la arqueta

$$L = \sqrt{\frac{V * r}{b}} = 2,96m$$

- Anchura de la arqueta

$$h = \frac{L}{r} = 1,48m$$

- Tiempo de retención del agua en la arqueta a caudal máximo

$$t_{Q_{\text{máx}}} = \frac{V}{Q_{\text{máximo}}} * 60min = 5min$$

- Decantación

Después de las etapas de coagulación y floculación en una ETAP siempre hay una decantación. La decantación es un proceso físico donde las partículas en suspensión (que previamente han aumentado en volumen debido a la floculación y, por tanto, en peso) se depositan por gravedad. De esta forma, las partículas que tienen mayor densidad que el agua sedimentan en el fondo del decantador mientras que, el agua clarificada sale del decantador por la parte superior. A la hora de dimensionar el decantador es importante que el tiempo de retención sea el suficiente para que la velocidad del agua se vea reducida y las partículas puedan ser depositadas al fondo.

Se procederá a dimensionar un decantador circular como el de la Ilustración 5-16. Los parámetros necesarios para el dimensionamiento son:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 39,42m^3/h$$

- Caudal máximo

$$Q_{máximo} = 78,83m^3/h$$

- Tiempo medio de residencia a caudal de diseño: tiempo medio en el que un volumen de agua permanece en el decantador a caudal de diseño

$$t = 3h$$

- Velocidad ascensional a caudal máximo: caudal máximo dividido por la superficie del depósito donde el volumen de agua decanta. Se diseña a caudal máximo para asegurar que, incluso en este caso, la decantación tiene lugar

$$v = 1m/h$$

Los cálculos por realizar según los parámetros previamente fijados son:

- Superficie horizontal del decantador

$$S = \frac{Q_{diseño}}{v} = 39,42m^2$$

- Diámetro interno del decantador

$$\phi_{interno} = \sqrt{\frac{S * 4}{\pi}} = 7,08m$$

- Volumen cilíndrico útil

$$V_{útil} = Q_{diseño} * t = 118,25m^3$$

- Profundidad útil

$$b = \frac{V_{útil}}{S} = 3m$$



*Ilustración 5-16: Decantador circular [58]*

- Filtración

La filtración es la penúltima etapa de la ETAP. Durante este proceso el agua atraviesa un medio poroso en el que se retienen las partículas contaminantes y los microorganismos. Los materiales usados en la filtración son muy diversos dependiendo de los sólidos presentes en el agua. Además, pueden ser filtros lentos (filtros sobre los que se crea una película biológica superficial) o filtros rápidos (filtros que se limpian con agua a contracorriente).

En este caso se dispondrá de un filtro rápido de arena por gravedad debido a su bajo coste en comparación con los demás. El filtro está compuesto por antracita (medio 1) y arena (medio 2) y se construirá en forma de arqueta rectangular de hormigón, en la Ilustración 5-17 encontramos un ejemplo de este filtro. Además, el filtro contará con un fondo hueco para permitir la evacuación del filtrado a partir de un chorro de agua de lavado.

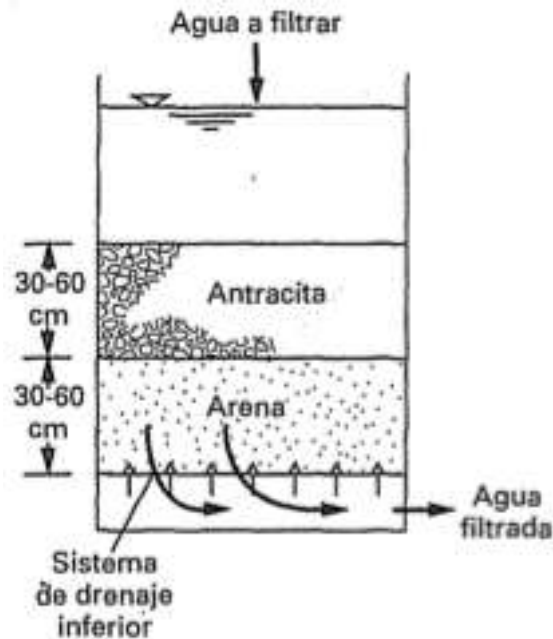


Ilustración 5-17: Ejemplo de filtro convencional, bimedio y flujo descendente [53]

Para dimensionar la etapa de filtración necesitamos fijar los siguientes parámetros:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 39,42 m^3/h$$

- Sólidos en suspensión en el influente

$$SST_{influyente} = SST_{entrada} * (1 - \%SST_{tamizado}) = 166,25 \frac{mg}{L}$$

- Sólidos en suspensión en el efluente

$$SST_{efluente} = SST_{salida} = 25 \frac{mg}{L}$$

- Velocidad de filtración: parámetro importante ya que afecta a la superficie de filtro necesaria. Depende de la consistencia de los flóculos a tratar, así como del tamaño medio de grano del lecho filtrante

$$v_{filtración} = 5 m/h$$

- Tiempo de operación por ciclo

$$t_{ciclo} = 12 h$$



- m<sup>3</sup> de hueco por m<sup>3</sup> de lecho en el medio 1  

$$huecos_{medio1} = 0,4m^3$$
- m<sup>3</sup> de hueco por m<sup>3</sup> de lecho en el medio 2  

$$huecos_{medio2} = 0,4m^3$$
- Contenido de materia seca del floculo retenido  

$$ms = 45kg/m^3$$
- Máximo porcentaje de huecos a ocupar del lecho  

$$\%huecos = 25\%$$
- Profundidad del medio 1  

$$\%b_1 = 66,67\%$$
- Profundidad del medio 2  

$$\%b_2 = 33,33\%$$
- Profundidad del lecho adicional sobre la profundidad del cálculo:  
 margen de seguridad  

$$b = 0,4m$$
- Expansión del lecho: incremento de altura del lecho durante el  
 contralavado con agua  

$$exp = 10\%$$
- Caudal normal por boquilla: caudal normal por cada una de las  
 boquillas que suministran el agua de lavado  

$$Q_{boquilla} = 2m^3/h$$
- Talla efectiva del medio 1: tamaño de malla por el que pasa el 10% en  
 el medio 1  

$$l_{medio1} = 0,8mm$$
- Talla efectiva del medio 2: tamaño de malla por el que pasa el 10% en  
 el medio 2  

$$l_{medio2} = 0,4mm$$

- Velocidad del agua de lavado

$$v_{lavado} = 20m/h$$

Los cálculos a realizar utilizando los parámetros definidos anteriormente son:

- Sección unitaria

$$S = \frac{Q_{diseño}}{v_{filtración}} = 7,88 m^2$$

- Volumen de agua residual a filtrar por ciclo

$$V_{ciclo} = \frac{Q_{diseño}}{t_{ciclo}} = 3,28 m^3$$

- Sólidos retenidos en cada ciclo

$$SS_{ciclo} = \frac{(SS_{influyente} - SS_{efluente})}{1000} \cdot V_{ciclo} = 0,46 kg$$

- Capacidad de retención del medio 1

$$Ret_{medio1} = huecos_{medio1} \cdot \frac{\%_{huecos}}{100} \cdot ms = 4,5 kg/m^3$$

- Capacidad de retención del medio 2

$$Ret_{medio2} = huecos_{medio2} \cdot \frac{\%_{huecos}}{100} \cdot ms = 4,5 kg/m^3$$

- Capacidad media de retención del lecho

$$Ret_{lecho} = \%b_{medio1} \cdot Ret_{medio1} + \%b_{medio2} \cdot Ret_{medio2} = 4,5 \frac{kg}{m^3}$$

- Volumen del lecho

$$V_{lecho} = \frac{SS_{ciclo}}{Ret_{lecho}} = 0,10 \text{ m}^3$$

- Altura del lecho

$$h_{lecho} = \frac{V_{lecho}}{S} + b_{seg} = 0,41 \text{ m}^2$$

- Altura del medio 1

$$h_{medio1} = h_{lecho} \cdot \%b_{medio1} = 0,28 \text{ m}$$

- Altura del medio 2

$$h_{medio2} = h_{lecho} \cdot \%b_{medio2} = 0,14 \text{ m}$$

- Volumen del medio 1

$$V_{medio1} = S \cdot h_{medio1} = 2,17 \text{ m}^3$$

- Volumen del medio 2

$$V_{medio2} = S \cdot h_{medio2} = 1,09 \text{ m}^3$$

- Número de boquillas del filtro

$$n_{boquillas} = \frac{Q_{diseño}}{Q_{boquilla}} = 20$$

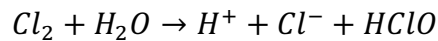
- Caudal necesario para el agua de lavado

$$Q_{lavado} = S \cdot v_{lavado} = 157,67 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

### 5.3.2.3 Desinfección

La desinfección es la última etapa de la ETAP en cuestión. Durante la desinfección se destruyen todos los microorganismos patógenos restantes que pueden afectar a los seres humanos que consumen el agua de salida de la ETAP. Dependiendo de las

características del agua a tratar el compuesto utilizando en la desinfección es diferente. En este caso, utilizaremos  $Cl_2$ . Se ha escogido este compuesto por su bajo coste y su fácil dosificación. Además, al ser usado también en la precloración se evita la necesidad de comprar un compuesto adicional para esta etapa. Como se puede observar, el cloro reacciona con el agua produciendo HClO, un agente desinfectante.



Por otro lado, a la hora de utilizar el cloro como desinfectante es importante tener en cuenta que, para su actuación, el pH del agua ha de tener un valor entre 6-8. En la Ilustración 5-7 se observa que el pH del agua en el punto de monitoreo RNapo8 es de 6,95. Así, no será necesaria la adición de ningún químico para modificar el valor del pH.

Los parámetros a tener en cuenta en esta etapa son:

- Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = 39,42m^3/h$$

- Caudal máximo

$$Q_{máximo} = 78,83m^3/h$$

- Dosis de cloro

$$d(Cl_2) = 6mg/L$$

- Tiempo en contacto del cloro con el agua a caudal máximo

$$t = 15min$$

- Profundidad útil de la arqueta

$$b = 1,5m$$

- Relación longitud/anchura de la balsa

$$r = 2m$$

Los cálculos a realizar son:

- Consumo medio de cloro: kilogramos de cloro gastados diariamente por la ETAP si el caudal de agua tratada es el caudal de diseño

$$Cl_{2medio} = \frac{Q_{diseño}}{1000} * d(Cl_2) * 24h = 5,67kg/día$$

- Consumo punta de cloro: consumo de cloro en una hora cuando el caudal que atraviesa la ETAP es el caudal máximo

$$Cl_{2punta} = \frac{Q_{máximo}}{1000} * d(Cl_2) * 1h = 0,47kg/h$$

- Volumen útil de la balsa

$$V_{balsa} = \frac{t}{60} \cdot Q_{máximo} = 19,71 m^3$$

- Superficie útil de la balsa

$$S_{balsa} = \frac{V_{balsa}}{b} = 13,13 m^2$$

- Longitud de la balsa

$$L_{balsa} = \sqrt{r \cdot S_{balsa}} = 5,13m$$

- Anchura de la balsa

$$h_{balsa} = \frac{S_{balsa}}{L_{balsa}} = 2,56m$$

#### 5.4 Diseño de la EDAR

Una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) es una instalación donde el agua residual de uso urbano se somete a un proceso de tratamientos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes que lleva. Una vez eliminados estos contaminantes el agua se devuelve a su medio natural (lagos, cauces de ríos, barrancos...)

Es de suma importancia tratar las aguas residuales antes de su vertido o de su reutilización para:

- Proteger de la contaminación orgánica el estado ecológico de los medios naturales receptores (embalses, lagos, acuíferos...)
- Evitar riesgos para la salud de la población
- Producir efluentes que tengan características físicas, químicas y microbiológicas que permitan su reutilización

Hace unos años las EDARes en pequeñas aglomeraciones urbanas eran diseñadas como modelos reducidos de las grandes instalaciones de depuración de aguas residuales situadas en los grandes focos de población. Así, estas EDARes presentaban unos elevados costes de explotación y mantenimiento que no podían ser asumidos por las pequeñas poblaciones en las que los recursos técnicos y económicos solían y suelen ser más limitados. En este proyecto se busca solucionar el tratamiento de aguas residuales a bajo coste. Para ello, se buscará una tecnología que:

- Presente un gasto energético mínimo, evitando el uso de componentes electromecánicos y favoreciendo el uso de sistemas de oxigenación naturales
- Requiera un mantenimiento simple
- Simplifique la gestión de los lodos generados a lo largo de los procesos de depuración
- Se integre adecuadamente en el medioambiente presentando, además, un bajo impacto ambiental sonoro [46]

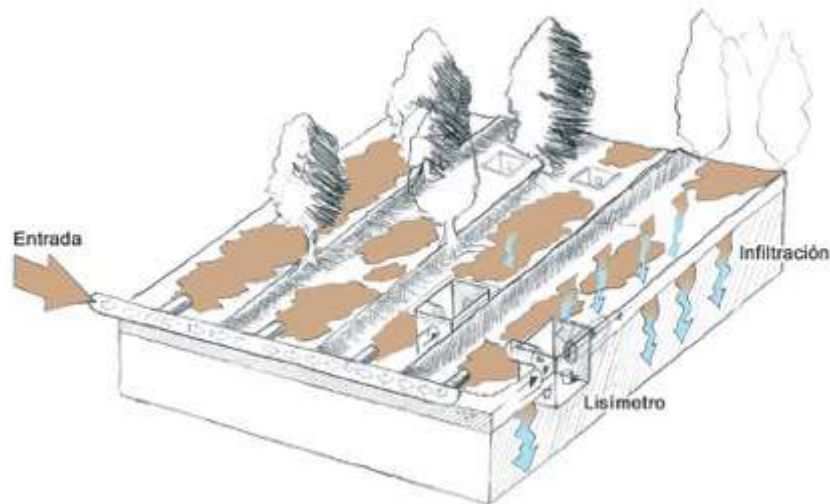
Las tecnologías que cumplen estos requisitos son conocidas bajo el nombre de tecnologías blandas. Estas tecnologías son procedimientos en las que la eliminación de los contaminantes presentes en las aguas residuales se realiza sin ningún aditivo químico, utilizando solamente medios naturales. Entre los procesos que tienen lugar encontramos procesos químicos (reacciones de oxidación-reducción), procesos físicos (decantación) y procesos biológicos (actuación de plantas). Existen diversas tecnologías blandas como los filtros verdes, los lechos de arena, humedales, lagunajes...

Los inconvenientes que presentan estas tecnologías frente a aquellas que utilizan medios artificiales es que necesitan una gran superficie de terreno para poder actuar, que tienen baja eficacia en grandes núcleos de población y que dependen de si los contaminantes son o no biodegradables. En nuestro caso, los dos primeros inconvenientes no presentan un problema puesto que, el núcleo de población es pequeño y, además, se disponen de grandes cantidades de terreno donde implementar la tecnología. En la Tabla 5-7 se encuentra un resumen de las ventajas e inconvenientes que presenta el uso de las tecnologías blandas.

Ventajas	Inconvenientes
Integración en el paisaje	Necesidades de superficie elevadas
Adaptabilidad a variaciones de carga hidráulica	Los efluentes finales generados por ciertas tecnologías contienen sólidos en suspensión como algas o restos vegetales
Facilidad de explotación	Alta evaporación y posible aumento de la salinidad del efluente final
Bajo coste de explotación	Sensibilidad a las bajas temperaturas y a la radiación solar
Elevada capacidad de eliminación de microorganismos	No sirven para efluentes industriales con muy alta carga
Se puede reutilizar tanto el efluente como la biomasa producida	Riesgos de olores si el funcionamiento no es el adecuado
Buen rendimiento a la hora de eliminar nutrientes	Necesidad de terrenos fácilmente impermeabilizables y con poca pendiente
Buena mineralización de fangos	Riesgo de aparición de mosquitos si el mantenimiento no es el adecuado
No se necesita una fuente de energía externa	Pocas posibilidades de intervención rápida en el proceso
Poca mano de obra y no excesivamente especializada	Sensibilidad diversa a efluentes sépticos y/o concentrados

*Tabla 5-7: Ventajas e inconvenientes del uso de tecnologías blandas [59]*

Actualmente el número de tecnologías blandas existentes es elevado. Además, se continúa estudiando para desarrollar nuevos métodos que permitan aumentar la eficiencia de los procesos a la vez que se reduce su complejidad. De entre todos los métodos existentes en este proyecto se utilizarán los filtros verdes. Los filtros verdes son una tecnología blanda en la que se utiliza una superficie de terreno donde se establecen una o varias especies vegetales. A este terreno se le aplican, periódicamente, aguas residuales urbanas. Parte de esta agua se evapora mientras que la parte restantes es absorbida por las especies vegetales o filtrada. En la Ilustración 5-18 se encuentra un esquema de funcionamiento de este tipo de tecnología.



*Ilustración 5-18: Esquema de funcionamiento del filtro verde [60]*

En este caso los motivos que han llevado a seleccionar este tipo de tecnología han sido varios. Primero, gracias a las condiciones climáticas tropicales de la zona (elevados índices de evaporación y grandes cantidades de lluvia a lo largo del año), se asegura la alimentación del volumen de agua residual necesaria en este tipo de tecnología. Por otro lado, se debe de tener en cuenta que se trata de una zona rodeada de vegetación donde la integración medioambiental es importante y, siguiendo esto, los filtros verdes son una de las tecnologías que presentan mejor integración medioambiental. Además, se trata de una de las tecnologías más baratas gracias a la simplicidad en su explotación y mantenimiento. Los costes de personal son muy bajos puesto que no se requiere de personal cualificado y los costes de mantenimiento electromecánico y de energía eléctrica son nulos ya que estos sistemas carecen de equipos electromecánicos o que consuman energía. Adicionalmente, en esta tecnología no se generan fangos por lo que no es necesaria ninguna labor de tratamiento, transporte y evacuación de ellos. En este caso se va generando una “costra” alrededor de los puntos de alimentación de la EDAR que debe de romperse durante las labores de mantenimiento. Por último, el único inconveniente de que presenta esta tecnología es la necesidad de grandes superficies de terreno para su implantación [59]. Este punto no ha supuesto un problema en este caso debido a la inmensa cantidad de terreno disponible en las inmediaciones de los poblados. De este modo, se ha seleccionado esta tecnología debido a su bajo coste y la facilidad de mantenimiento frente a la gran cantidad de terreno necesaria. A continuación, se procederá al dimensionamiento de



los sistemas necesarios<sup>6</sup>. La EDAR del proyecto constará de un pretratamiento (que constará de una etapa inicial de desbaste y una etapa final de eliminación de sólidos utilizando un tanque Imhoff) y una última etapa constituida por los filtros verdes.

#### 5.4.1 Cálculos preliminares

En este apartado se muestran los cálculos preliminares necesarios para el diseño de la EDAR. Estos cálculos establecen las bases de diseño de la EDAR puesto que fijan algunos parámetros de partida como la población, el porcentaje de reducción de los contaminantes...

A la hora de calcular la población así como el caudal de agua residual a tratar por la EDAR se ha tenido en cuenta el número de habitantes presentando en la Tabla 5-6 así como la tasa de crecimiento de la Ilustración 5-11.

- Habitantes equivalentes

$$h_{eq} = 4300$$

- Caudal diario

Cálculo del caudal a tratar por la EDAR a lo largo de un día. Se ha tenido en cuenta un gasto de agua al día por persona de 250L. Cabe destacar que este valor es aproximadamente el doble del gasto de agua al día por persona medio en Europa (144L). Esto se debe a la escasa concienciación de ahorro de agua existente en los países de Sudamérica.

$$Q_{diario} = h_{eq} * Gasto = 1.075.000L/día$$

En la Tabla 5-8 se muestra un resumen de la población, el caudal de agua residual a tratar en este proyecto y las características de esta agua. Los valores de los contaminantes presentes en las aguas residuales se han obtenido de un estudio realizado a las aguas residuales de los poblados de la zona a tratar.

---

<sup>6</sup> Para todos los parámetros se utilizarán los parámetros típicos utilizados para dimensionar estos elementos. Dichos parámetros se han obtenido de [53], [61], [64] y [82]

Datos	Vertido bruto	Límites de vertido <sup>7</sup>	% Reducción
Población	4.300	-	-
Gasto de agua al día por persona (L)	250	-	-
Caudal (L/día)	1.075.000	-	-
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	1.075		
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	17,916		
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,298	-	-
Temperatura de las aguas residuales (°C)	18	<35	-
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	500	200	60
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	250	100	60
Sólidos en suspensión (mg/L)	300	150	57
Nitrógeno total (mg/L)	45	10-15	60-70
Fósforo total (mg/L)	10	1-2	80-90

Tabla 5-8: Características de las aguas residuales a tratar [46]

### 5.4.2 Pretratamiento

Al igual que en la ETAP, el pretratamiento en una EDAR es la primera etapa a la que se someten las aguas residuales provenientes de las viviendas. Su principal función es la eliminación de todos aquellos sólidos o elementos flotantes que pueden afectar a procesos posteriores. Tal y como indicamos anteriormente el pretratamiento estará formado por dos etapas, un desbaste y una eliminación de sólidos utilizando un tanque Imhoff. A continuación, se dimensionarán ambos procesos.

#### 5.4.2.1 Desbaste

La función principal del desbaste es la eliminación de todos aquellos sólidos, gruesos y finos, que pueden afectar a los procesos posteriores. En este caso se utilizará una reja de gruesos y una reja de finos para eliminar el mayor número de sólidos que nos sea posible. Ambas rejas serán de desbaste manual al igual que las utilizadas en la ETAP para así abaratar el coste de la EDAR. Por otro lado, tal y como indica el Reglamento Nacional de Edificaciones Peruano los barrotes en el caso de la reja de gruesos han de estar separados entre 10-25mm y, en el caso de la reja de finos, entre 3-10mm [54]. Además, se establecerá un espesor mínimo entre los barrotes de 12mm en el caso de la reja de gruesos y de 6mm en el caso de la reja de finos. Por último, en ambas rejas se establecerá que la velocidad mínima del agua con una colmatación del

<sup>7</sup> Requisitos exigibles a las aguas residuales urbanas de acuerdo con el Anexo "Límites máximos permitidos para los efluentes de PTAR" del Decreto Supremo de la República del Perú N° 003-2010-MINAM, del 17 de marzo de 2010. Los límites de vertido de fósforo y nitrógeno se han obtenido del Anexo I del Real Decreto Español 509/1996, de 15 de marzo, debido a la falta de regulación de estos valores en el Decreto peruano.

30% son 0,8m/s a caudal medio y 1,4m/s a caudal máximo [61]. Seguidamente se dimensionarán ambas rejas.

- Reja de gruesos

Siguiendo las indicaciones mostradas anteriormente utilizaremos una reja de gruesos con unos barrotes separados 25mm y un espesor de 12mm. Los parámetros necesarios para el dimensionamiento de la reja de gruesos son:

- Caudal de agua residual a tratar

$$Q_{tratar} = 0,298m^3/s$$

- Sección del campo de reja

$$S = 0,5$$

- Distancia entre los barrotes

$$E_g = 25mm$$

- Espesor de los barrotes

$$e_g = 12mm$$

- Coeficiente de atascamiento

El coeficiente de atascamiento es un parámetro que considera la posibilidad de una reducción en la eficiencia de la reja de gruesos debido al atascamiento de sólidos de gran tamaño que reducen el área efectiva de las rejas.

$$C = 0,7$$

- Grado de colmatación

$$G = 30\%$$

- Ancho del canal

$$BC = 1m$$

Utilizando estos datos se procede a calcular los parámetros de la reja de gruesos:

- Velocidad efectiva de paso

La velocidad efectiva de paso es la velocidad que mediría un tubo de Pitot o similar situado en el interior del canal.

$$V_g = \frac{Q * (E + e)}{S * E * C} = 1,262m/s$$

- Área útil del canal en la zona de la reja

$$AR_g = BC * \frac{E}{E + e} * (1 - G) = 0,473m^2$$

- Profundidad en la zona de reja

$$P_g = Q * \frac{E + e}{(1 - G) * V * E * BC} = 0,5m$$

- Número de barrotes en la reja

$$N_g = \frac{BC - E}{E + e} = 27 \text{ barrotes}$$

Normalmente, las rejas de gruesos de venta comercial están dimensionadas utilizando fórmulas para grandes plantas depuradoras de aguas residuales. Por lo tanto, en nuestro caso, sería necesario buscar una reja de gruesos que se adaptase a las necesidades de nuestra EDAR acorde al caudal que la atraviesa.

- Reja de finos

Siguiendo las indicaciones mostradas anteriormente utilizaremos una reja de finos con unos barrotes separados 10mm y un espesor de 6mm. Los parámetros necesarios para el dimensionamiento de la reja de finos son:

- Caudal de agua residual a tratar

$$Q_{tratar} = 0,298m^3/s$$

- Sección del campo de reja

$$S = 0,5m^2$$

- Distancia entre los barrotes

$$E_f = 10mm$$

- Espesor de los barrotes

$$e_f = 6mm$$

- Coeficiente de atascamiento

$$C = 0,7$$

- Grado de colmatación

$$G = 30\%$$

- Ancho del canal

$$BC = 1m$$

Utilizando estos datos se procede a calcular los parámetros de la reja de finos:

- Velocidad efectiva de paso

$$V_f = \frac{Q * (E + e)}{S * E * C} = 1,365m/s$$

- Área útil del canal en la zona de la reja

$$AR_f = BC * \frac{E}{E + e} * (1 - G) = 0,437m^2$$

- Profundidad en la zona de reja

$$P_f = Q * \frac{E + e}{(1 - G) * V * E * BC} = 0,5m$$

- Número de barrotes en la reja

$$N_f = \frac{BC - E}{E + e} = 62 \text{ barrotes}$$

Al igual que con las rejas de gruesos, las rejas de finos de venta comercial están dimensionada utilizando fórmulas para grandes plantas depuradoras de aguas residuales. Por lo tanto, en este caso, sería necesario buscar una reja de finos que se adaptase a las características concretas de nuestra EDAR dimensionada para una población pequeña.

En la Tabla 5-9 se facilita un resumen con los valores de los parámetros utilizados para dimensionar la reja de gruesos y la reja de finos.

	Reja de gruesos	Reja de finos
Caudal de agua residual (m <sup>3</sup> /s)	0,298	0,298
Velocidad efectiva de paso (m/s)	1,262	1,365
Ancho del canal (m)	1	1
Área útil del canal (m)	0,473	0,437
Profundidad (m)	0,5	0,5
Número de barros	27	62

Tabla 5-9: Resumen de los parámetros de la reja de gruesos y de la reja de finos

#### 5.4.2.2 Tanque Imhoff

En este apartado se procederá a diseñar un tanque Imhoff. Su finalidad es doble, por un lado, la sedimentación de todos aquellos sólidos sedimentables y, por otro, la digestión de estos sólidos.

Este elemento es usado en el tratamiento de aguas residuales en comunidades de menos de 5.000 habitantes. Por lo tanto, se trata del elemento adecuado para nuestro caso en cuestión. Además, se trata de un elemento que carece de partes mecánicas, haciendo que su operación sea sencilla. La única condición es que las aguas residuales que atraviesen el tanque hayan pasado previamente por una etapa de desbaste, como es nuestro caso.

Tal y como se observa en la Ilustración 5-19 este elemento está dividido en tres compartimentos principales: una cámara de sedimentación, una cámara de digestión de lodos y un área de ventilación y acumulación de lodos.

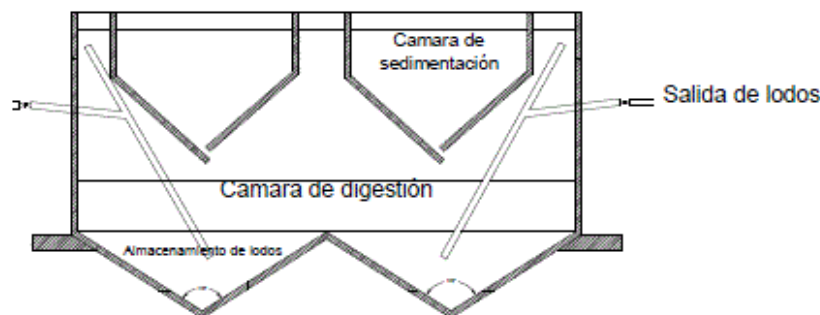


Ilustración 5-19: Tanque Imhoff [62]

La operación del tanque es la siguiente:

1. Las aguas residuales provenientes del desbaste atraviesan la cámara de sedimentación donde se agitan
2. Los sólidos sedimentables se desplazan al fondo de la cámara por gravedad donde tocan las paredes inclinadas, se resbalan por ellas y pasan a la cámara de digestión a través de una ranura con traslape. La

función del traslape es evitar la subida de los gases que provienen de la digestión de los lodos

3. En la cámara de digestión aquellos sólidos que quedan en suspensión son arrastrados por las paredes hacia el área de acumulación de lodos
4. Los lodos acumulados son extraídos y secados para su posterior uso, por ejemplo, como abono [63]

Enseguida se dimensionarán las cámaras de sedimentación y de digestión del tanque Imhoff. Además, se indicarán los criterios para diseñar el área de ventilación.

- Cámara de sedimentación

Tal y como hemos indicado anteriormente la cámara de sedimentación es el lugar del tanque Imhoff donde gran parte de los sólidos sedimentables son removidos. Los parámetros necesarios para dimensionar esta cámara son:

- Caudal de agua residual a tratar

$$Q_{tratar} = 17,916m^3/h$$

- Carga superficial

$$C_s = 1 \frac{m^3}{m^2 * h}$$

- Tiempo de retención hidráulica

Tiempo en el que el volumen de agua residual se encuentra almacenado en el tanque Imhoff. El tiempo de retención hidráulica alcanza un valor entre 1,5 y 2,5 horas. En este caso, debido al elevado valor del caudal a tratar nos decantaremos por un tiempo de retención de 2,5h.

$$t_R = 2,5h$$

- Carga hidráulica sobre el vertedero

Valor que mide la elevación de las aguas residuales a la entra de un tubo piezométrico colocado en el interior de la cámara de sedimentación. Suele tomar un valor entre 125 y 500m<sup>3</sup>/(m\*d)

$$C_h = 350 \frac{m^3}{m * d}$$

Utilizando los parámetros presentados anteriormente se procede a dimensionar la cámara de sedimentación del tanque Imhoff:

- Área de la cámara de sedimentación

$$A_s = \frac{Q_{tratar}}{C_s} = 17,916m^2$$

- Volumen de la cámara de sedimentación

$$V_s = Q_{tratar} * t_R = 44,79m^3$$

- Longitud mínima del vertedero de salida

$$L_{vs} = \frac{Q_{tratar}^8}{C_h} = 3,07m$$

- Cámara de digestión

La cámara de digestión es la unidad del tanque Imhoff donde se digieren y almacenan los lodos. Los parámetros utilizados para su dimensionamiento son:

- Factor de capacidad relativa

Valor que depende de la temperatura de las aguas residuales, Tabla 5-10.

Temperatura (°C)	Factor de capacidad relativa (fcr)
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
>25	0,5

Tabla 5-10: Factor de capacidad relativa en función de la temperatura [64]

Puesto que en nuestro caso la temperatura de las aguas residuales es de 18°C, el factor de capacidad relativa será, haciendo una interpolación lineal, igual a 0,82.

$$fcr = 0,82$$

- Población

$$P = 4.300 \text{ habitantes}$$

<sup>8</sup> Normalmente la longitud mínima del vertedero de salida se calcula considerando el valor del caudal máximo de agua. En este caso, el valor del caudal máximo de agua considerado es el valor del caudal de agua residual a tratar



- Tiempo de digestión requerido para los lodos

El tiempo de digestión requerido para los lodos es un valor que también depende de la temperatura de las aguas residuales,

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Tabla 5-11: Tiempo de digestión de los lodos en función de la temperatura [64]

Puesto que en nuestro caso la temperatura de las aguas residuales es de 18°C, el tiempo de digestión de los lodos será, haciendo una interpolación lineal, de 46 días.

$$t_d = 46 \text{ días}$$

Utilizando estos parámetros dimensionamos la cámara de digestión del tanque Imhoff:

- Volumen de almacenamiento y digestión

$$V_d = \frac{70L}{hab} * P * fcr = 246,82m^3$$

- Frecuencia de retiro de los lodos

Siguiendo el valor del tiempo requerido para la digestión de los lodos, la frecuencia de retirada de estos será cada 46 días. Para ello se utilizarán tuberías de diámetro igual a 200mm ubicadas 15cm por encima del fondo del tanque Imhoff [64].

- Área de ventilación

Los criterios que se deben de tener en cuenta para dimensionar el área de ventilación son:

- Espaciamiento libre tendrá un valor mínimo de 1m
- La superficie libre total ha de ser, como mínimo, el 30% de la superficie total del tanque. En nuestro caso:

$$S_{libre} = A_s * 0,3 = 5,375m^2$$

- El borde libre ha de tener un valor mínimo de 0,3cm [64]

En la Tabla 5-12 se encuentra un resumen de los parámetros del tanque Imhoff dimensionado.

Cámara de sedimentación	
Área (m <sup>2</sup> )	17,916
Volumen (m <sup>3</sup> )	44,79
Longitud mínima del vertedero de salida (m)	3,07
Cámara de digestión	
Volumen (m <sup>3</sup> )	246,82
Tiempo de digestión de lodos (días)	46
Frecuencia de retirada de lodos (días)	46
Área de ventilación	
Espaciamiento libre (m)	1
Superficie total libre (m <sup>2</sup> )	5,375
Borde libre (cm)	0,3

Tabla 5-12: Resumen de los parámetros del tanque Imhoff

### 5.4.3 Filtro verde

Una vez que las aguas residuales han sido sometidas al pretratamiento, éstas son llevadas, mediante bombeo, a los filtros verdes donde tendrá lugar su tratamiento. Tal y como observamos en la Ilustración 5-20, es necesario dividir el terreno en parcelas. Las parcelas serán regadas utilizando un riego en rotación, así, habrá un riego por cada dos parcelas y por días. El motivo de la rotación del riego es el permitir la reoxigenación natural de las parcelas después de su encharcamiento. Además, es necesario instalar lisímetros en el terreno, como se puede ver en la Ilustración 5-18, que tomarán muestras en distintos puntos del terreno y a distintas profundidades para controlar la calidad de las aguas.

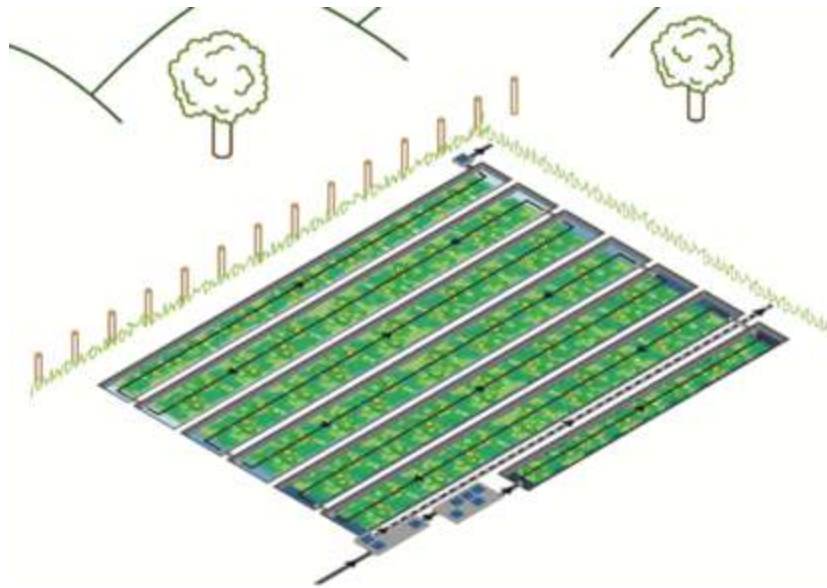


Ilustración 5-20: División del terreno en parcelas [65]

También es importante realizar una tala de los árboles o eliminación de las especies vegetales presentes en el terreno cada cinco años. Los árboles y especies vegetales podrán ser utilizados como recurso maderero o como abono si han eliminado los contaminantes de su sistema, de no ser así, han de ser incinerados. Una vez talados y/o eliminados, hay que plantar nuevos árboles o especies vegetales en el terreno.

A la hora de implantar un sistema depurador de aguas residuales utilizando un filtro verde es importante tener en cuenta las características del suelo donde las especies arbóreas y vegetales van a crecer. El suelo de los alrededores del río Napo tiene una permeabilidad media y una textura arcillosa, dos características que permite la filtración de las aguas, haciendo de este terreno un terreno apto para la implantación de los filtros verdes.

Por otro lado, la especie más usada al implantar los filtros verdes son los Chopos, del género *Populus*. Se trata de una especie cuyo hábitat engloba, principalmente, el centro y el sur de Europa, Asia central, el Norte de África y la Península Ibérica. Por lo tanto, al no ser una especie endémica de la Amazonía, las especies vegetales utilizadas en este proyecto serán otras. Existen varias especies endémicas de la cuenca del Amazonas que pueden ser usadas en los filtros verdes como los Candelabros (*Myriophyllum aquaticum*), las Sombrillas de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), y los Helechos de agua (*Azolla filiculoides*).

En este caso se ha decidido plantar en los filtros verdes los helechos de agua, Ilustración 5-21, ya que esta especie es hogar de una cianobacteria, *Anabaena azollae*, que toma el nitrógeno del aire y lo convierte en nutriente para el helecho. Así, gracias a

su alto contenido en nitrógeno los helechos desechados cada cinco años pueden ser usados para elaborar bioabonos si ya han eliminado todos los contaminantes de su interior. Se trata de una especie con un sistema vascular y radicular muy desarrollado lo que permite absorber los nutrientes y el agua del suelo. Su tamaño depende mucho del hábitat; por ejemplo, en las zonas de la Amazonía suelen tener una altura considerable, llegando a superar a los árboles en algunos casos. Son capaces de absorber hasta 1,5m<sup>3</sup> de agua al día [66]. Además, gracias a que sus raíces están en contacto permanente con el agua residual, al flotar sobre ella, la actividad depuradora de esta especie vegetal es muy elevada.



*Ilustración 5-21: Helechos de agua [67]*

Existen tres mecanismos primarios que tienen lugar en los helechos y permiten la depuración de las aguas contaminadas:

- Filtración y sedimentación de los sólidos
- Incorporación de los nutrientes como el fósforo y el nitrógeno
- Degradación de la materia orgánica a través de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas

#### 5.4.3.1 Diseño del filtro verde

Una vez que se ha seleccionado la especie a utilizar en el diseño del filtro verde procederemos a dimensionarlo. Para dimensionarlo se calculará la superficie de terreno necesario para plantar el filtro verde y, para ello, será necesario conocer las necesidades hídricas de los helechos de agua

- Necesidades hídricas de la especie (ET<sub>c</sub>)

Para calcular las necesidades hídricas de la especie (evotranspiración del cultivo) se deben de conocer los siguientes parámetros:

- Evotranspiración de referencia ( $ET_0$ )

Este dato depende del clima de la zona donde se va a implantar el filtro verde, así como de la época del año. Para su cálculo necesitamos conocer la temperatura media, la temperatura máxima y mínima diaria<sup>9</sup> y el valor de la radiación extraterrestre ( $R_0$ ).

$$\begin{aligned}
 t_{media} &= 25,5^{\circ}C \\
 t_{máxima} &= 29^{\circ}C \\
 t_{mínima} &= 22^{\circ}C \\
 R_0 &= 14,72 \text{ mm/día} \\
 ET_0 &= 0,0023 * (t_{media} + 17,78) * R_0 * (t_{máxima} - t_{mínima}) * 0,5 \\
 &= 5,13 \text{ mm/día}
 \end{aligned}$$

- Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )

El coeficiente de cultivo es un valor que integra los efectos de las características que tienen aquellas especies vegetales distintas de un cultivo típico de campo de pasto, que es uniforme y cubre el suelo en su totalidad. Por lo tanto, el coeficiente de cultivo varía a lo largo del ciclo de crecimiento de las especies. En nuestro caso, seleccionaremos el coeficiente de cultivo menor que será el caso más desfavorable para el cálculo de las necesidades hídricas de la especie [68].

$$K_c = 1,05$$

Así, utilizando los datos presentados se procede a calcular las necesidades hídricas de los helechos de agua.

$$ET_c = ET_0 * K_c = 5,38 \frac{\text{mm}}{\text{día}} = 19.637 \frac{\text{m}^3}{\text{ha año}}$$

- Superficie de terreno necesario

Para finalizar, se calculará la superficie de terreno necesario para plantar nuestros helechos de agua y tratar las aguas residuales. A lo largo del dimensionamiento de la ETAP y de la EDAR hemos tenido en cuenta el caudal de agua a tratar considerando una población de 4.300 habitantes, calculada teniendo en cuenta una tasa de crecimiento de la población hasta el año 2040. Esto se ha tenido en cuenta debido a que los elementos de la ETAP y de la EDAR

<sup>9</sup> Se han utilizado valores medios anuales de las temperaturas y de la radiación extraterrestre

tienen un ciclo de vida elevado y, por lo tanto, compensa dimensionarlos teniendo en cuenta la evolución de la población.

En cambio, los filtros verdes pueden ser plantados en cualquier momento siempre y cuando se disponga del espacio necesario para ello. Por lo tanto, se calculará la superficie de terreno necesario según la población actual y según la población en el año 2040. Así, en la actualidad se preparará solamente el terreno necesario a día de hoy y, de manera paulatina a la vez que el crecimiento de la población se irá plantando el terreno restante.

Para ello, se debe de conocer:

- Caudal anual de agua residual a tratar

$$Q_{2016} = h_{2016} * Gasto = 3.173 * 250 = 793 \frac{m^3}{día} = 289.536 \frac{m^3}{año}$$

$$Q_{2040} = h_{2040} * Gasto = 4.300 * 250 = 1.075 \frac{m^3}{día} = 392.375 \frac{m^3}{año}$$

Utilizando estos datos y los anteriores se calcula la superficie de terreno necesaria:

$$Superficie_{2016} = \frac{Q_{2016}}{ET_c} = 14,74ha = 147.444m^2$$

$$Superficie_{2040} = \frac{Q_{2040}}{ET_c} = 19,98ha = 199.814m^2$$

- Número de helechos de agua necesarios

Por último, se calcula la cantidad de helechos que debemos plantar en nuestra superficie para asegurar el correcto funcionamiento del filtro verde. Se considera que, en un metro cuadrado, se pueden plantar dos helechos.

$$Helechos_{2016} = Superficie_{2016} * 2 = 294.888 \text{ helechos}$$

$$Helechos_{2040} = Superficie_{2040} * 2 = 399.628 \text{ helechos}$$

En la Tabla 5-13 se encuentra un resumen del dimensionamiento del filtro verde, tanto en la actualidad como en el año 2040.

	2016	2040
<b>Caudal anual (m<sup>3</sup>/año)</b>	289.536	392.375
<b>Superficie (ha)</b>	14,74	19,98
<b>Número de helechos</b>	294.888	399.628

Tabla 5-13: Resumen del dimensionamiento del filtro verde

#### 5.4.4 Agua de salida de la EDAR

Por último, se procederá a calcular cuales serían las características del agua de salida de la EDAR. Para ello, se deberá tener en cuenta que los porcentajes de reducción de los contaminantes de los elementos de la EDAR son los que aparecen en la Tabla 5-14.

	% Reducción Desbaste	% Reducción Tanque Imhoff	% Reducción Filtros Verdes
DQO	0	30	90
DBO <sub>5</sub>	0	30	90
Sólidos en suspensión	15	45	95
Nitrógeno total	0	0	90
Fósforo total	0	0	90

Tabla 5-14: Porcentaje de reducción de los distintos contaminantes de las aguas residuales en los elementos de la EDAR [69]

Así, teniendo en cuenta los porcentajes de reducción mostrados anteriormente se obtiene que el contenido en contaminantes del efluente de la EDAR no supera, en ningún caso, los límites establecidos. Esta información se recoge en la Tabla 5-15.

Datos	Influyente	Pretratamiento	Tanque Imhoff	Filtro verde	Efluente	Límites de vertido
DQO (kg/m <sup>3</sup> )	0,5	0,5	0,35	0,035	0,035	0,2
DBO <sub>5</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	0,25	0,25	0,175	0,0175	0,0175	0,1
Sólidos en suspensión (kg/m <sup>3</sup> )	0,3	0,255	0,14026	0,007	0,007	0,15
Nitrógeno total (kg/m <sup>3</sup> )	0,045	0,045	0,045	0,0045	0,0045	0,1-0,15
Fósforo total (kg/m <sup>3</sup> )	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,01-0,02

Tabla 5-15: Valores de los contaminantes del agua residual tras su paso por la EDAR

## 5.5 Conclusión

En este capítulo se encuentra un estudio sobre el acceso al agua en el Perú. Cabe destacar que, a pesar de ser uno de los países con mayores recursos hídricos del mundo, el acceso a agua potable y a saneamiento de su población es bastante escaso, especialmente en las zonas rurales del país. Ante esta situación se analiza un estudio de la calidad del agua superficial del río Napo y se decide dimensionar una ETAP que suministre agua potable a cinco poblados ribereños de este río y una EDAR que elimine los contaminantes de las aguas residuales. A la hora de dimensionarlas se tiene en cuenta que la población no es estable, sino que va a continuar creciendo en los próximos años.

Teniendo en cuenta que la procedencia del agua de la ETAP es el río Napo y que el agua a tratar tiene gran cantidad de sólidos en suspensión totales, se seleccionan aquellos sistemas que reducen los sólidos en suspensión presentes en las aguas. Por otro lado, dado que la población de la zona es una población pobre, en todo momento se ha buscado el uso de elementos de bajo coste. La ETAP diseñada esta formada por un pretratamiento (desbaste, tamizado, aireación y precloración), un tratamiento estándar (coagulación, floculación, decantación y filtración) y una desinfección. Una vez que las aguas sean tratadas por la ETAP se asegura el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en ECA-Agua-Categoría 4.

Por otro lado, puesto que en todo momento se intenta utilizar equipos de bajo coste se dimensiona una EDAR basada en la tecnología de filtros verdes. Esta EDAR está formada por un pretratamiento (desbaste y tanque Imhoff) así como una etapa final utilizando los filtros verdes. Después del tratamiento de las aguas residuales están pueden ser vertidas al río Napo sin riesgo de contaminarlo.

De este modo, en este capítulo se ha estudiado como mejorar el acceso al agua de cinco poblados del río Napo, potabilizando el agua que llega a sus casas y tratando sus aguas residuales. Además, tal y como se anunciaba en la introducción se ha tenido en cuenta en todo momento el coste de los elementos para poder reducirlo al máximo, así como la necesidad de un mantenimiento sencillo de los sistemas.



# CAPÍTULO 6:

# ACCESO A LA

# ELECTRICIDAD

## 6 ACCESO A LA ELECTRICIDAD

En este capítulo se centra en la realización de un estudio del acceso a la electricidad. Se comenzará analizando brevemente la situación actual de acceso a la electricidad de la República del Perú como país.

Después se diseñará un sistema de bombeo que se instalará en la ETAP entre las etapas de desbaste y tamizado. En concreto, se diseñará el pozo de bombeo para conocer la altura a la que el agua debe de ser bombeada.

Por último, se procederá a diseñar el sistema fotovoltaico que se encargará de suministrar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema de bombeo de la ETAP previamente diseñado.

### 6.1 Situación actual de acceso a la electricidad

Tal y como se representa en la Ilustración 6-1, Perú ocupa en la actualidad el tercer puesto en electrificación con respecto a los países de la Amazonía. Así, la cobertura eléctrica alcanza el 94,8% de su población total. No obstante, si se compara con América Latina en su totalidad, Perú ocupa el puesto 22 de un total de 26 países [22].



Ilustración 6-1: Porcentaje de población total con acceso a la electricidad en los países de la Amazonía [22]

Por otro lado, si la población de estudio es la población rural, los datos no son tan esperanzadores. En este caso, Perú ocupa la sexta posición, con un 75,57% de cobertura eléctrica en la zona rural. Cabe destacar que, desde 2006 (39,62% de

cobertura eléctrica en zona rural), el porcentaje de población en zona rural con acceso a la electricidad se ha casi duplicado [22]. Esto se debe principalmente a los esfuerzos del gobierno por conseguir que toda la población tenga acceso a la electricidad. Así, en la Ley General de Electrificación Rural del 2006 se centró en la asignación de recursos económicos para ayudar a la electrificación de las zonas rurales del Perú.

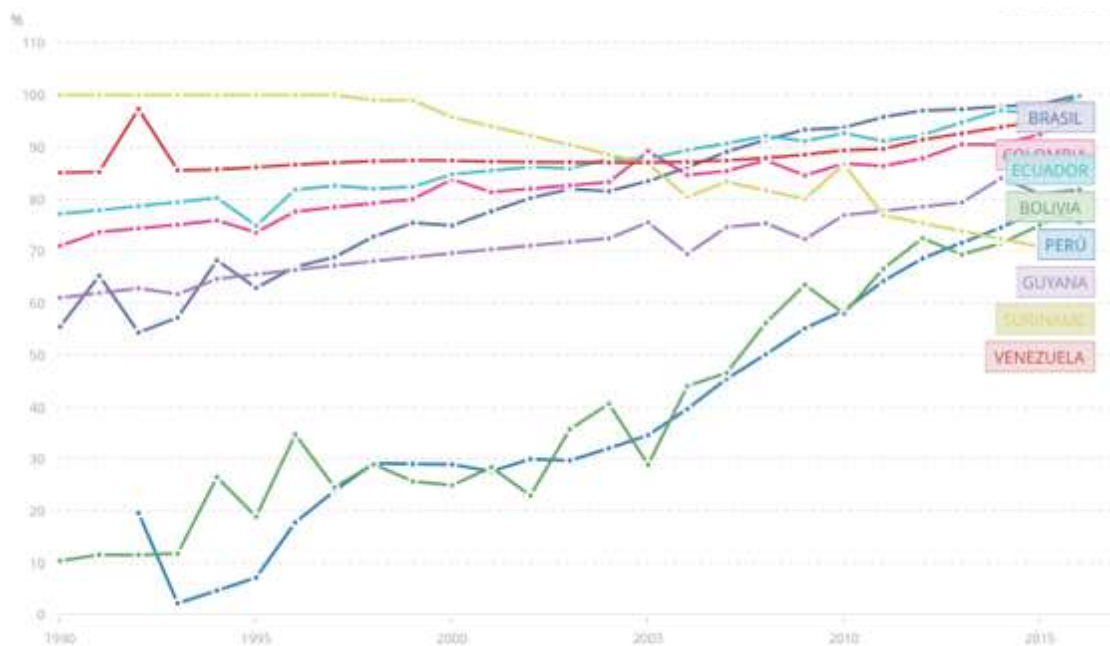


Ilustración 6-2: Porcentaje de población rural con acceso a la electricidad de los países de la Amazonía [22]

La falta de acceso a la electricidad en la zona rural dificulta, junto a la escasez de otros servicios de infraestructura, el desarrollo económico y la mejora de la calidad de vida en el Perú. Además, el aislamiento de estas poblaciones hace que conectarlas a la red nacional sea difícil y costoso. Así, una de las soluciones más viables desde el punto de vista económico es la instalación en las zonas rurales de energías renovables como puede ser la energía fotovoltaica o la eólica, Ilustración 6-3.



*Ilustración 6-3: Niños peruanos sujetan un aerogenerador realizado a escala [70]*

Existen numerosos estudios que demuestran la relación directa entre la creación de riqueza y el acceso a la electricidad. De esta forma, el acceso a la electricidad:

- Incrementa la calidad de vida ya que las viviendas pueden contar con luz eléctrica, elementos de refrigeración como las neveras, internet...
- Facilita las actividades escolares gracias a la luz eléctrica y al acceso a internet. Esto mejora significativamente el derecho a la enseñanza
- Permite alargar la jornada laboral, contribuyendo a la creación de riqueza
- Mejora el servicio sanitario del país a través del uso de equipamiento más complejo

La Tabla 6-1 incluye datos sobre las viviendas con acceso a la electricidad en los tres distritos que atraviesa el río Napo. Se observa que el acceso a electricidad medio en esta zona es del 23,25%, un porcentaje muy bajo con respecto a los valores mostrados en la Ilustración 6-2. Así, en este proyecto se buscará mejorar el acceso a la electricidad de estas poblaciones. Para ello se diseñará un sistema fotovoltaico que permita suministrar energía al equipo de bombeo de la ETAP previamente diseñada. El conocimiento utilizado en el diseño y mantenimiento del equipo fotovoltaico podrá ser utilizado posteriormente por la población para poder suministrar energía eléctrica a las viviendas a partir de esta tecnología renovable.

Distrito	Viviendas			
	Total	Con acceso eléctrico	(%)	
Torres Causana	808	151	18,7	
Napo	2.491	635	25,5	
Mazán	2.431	462	19,1	
	5.370	1.248	23,25	<b>Total</b>

Tabla 6-1: Acceso a la electricidad de las viviendas que pertenecen a distritos atravesados por el río Napo [34]

## 6.2 Diseño del sistema de bombeo

El sistema de bombeo es un sistema fundamental en cualquier planta de tratamiento de aguas, ya sea una ETAP o una EDAR. Su función principal es permitir que el agua circule por gravedad a lo largo de toda la estación, asegurando además que los valores de presión y de velocidad sean los necesarios para el correcto funcionamiento de todos los equipos.

En nuestro caso, se diseñará el sistema de bombeo de la ETAP del apartado 5.3 Diseño de la ETAP. El sistema de bombeo se localizará antes de la etapa de tamizado y después de la etapa de desbaste. Así, en la Tabla 5-5 se encontraría en la etapa de pretratamiento. En este caso únicamente se diseñará el pozo de bombeo para así, posteriormente, poder calcular la energía que deben de suministrar los paneles fotovoltaicos.

### 6.2.1 Cálculo del pozo de bombeo

El pozo de bombeo es el elemento del sistema de bombeo donde se almacena el agua residual. Una vez en el pozo de bombeo el agua es impulsada hasta una altura que asegure que fluye por gravedad por todos los equipos del sistema.

Es importante, a la hora de dimensionar el pozo de bombeo, tener en cuenta que el sistema de bombeo debe de ser diseñado para poder trabajar con el máximo caudal de agua residual. Dado que el caudal no es continuo durante el día, sino que oscila, es necesario asegurar un volumen mínimo del pozo de bombeo para evitar una frecuencia elevada de arranque de las bombas.

- Volumen mínimo del pozo de bombeo

Tal y como se ha indicado anteriormente, el volumen del pozo de bombeo ha de ser el volumen mínimo para así asegurar el menor número de arranques de la bomba.

Los datos necesarios para calcular el volumen del pozo de bombeo son:

- Caudal de bombeo máximo

El caudal de bombeo máximo será el caudal máximo que puede admitir nuestra ETAP. Se corresponde con el caudal calculado para la ETAP previamente teniendo en cuenta el factor punta.

$$Q_{\text{máximo}} = 78,83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 21,89 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- Número de arranques por hora

El número de arranques de la bomba por hora ha de ser el menor número posible. Se considera aceptable un valor de entre 4 y 6 arranques por hora [71]. Un valor inferior a cuatro afectaría al confort del usuario mientras que un valor superior a seis sobrecalentaría el motor.

$$Z = 5$$

Utilizando estos datos se procede a calcular el volumen del pozo de bombeo.

$$V_{\text{pozo}} = 0,9 * \frac{Q_{\text{máximo}}}{Z} = 3,94 \text{m}^3$$

- Sumergencia de aspiración

Para que un equipo de bombeo trabaje adecuadamente, hay que evitar la entrada de aire. Para ello es necesario asegurar que la profundidad a la que se sumerge la tubería de aspiración es la adecuada. Así, para el cálculo de la sumergencia hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Caudal de bombeo máximo

$$Q_{\text{máximo}} = 78,83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,022 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- Diámetro de la tubería de impulsión

Se utilizará como diámetro de la tubería de impulsión un valor estimado.

$$D = 150 \text{mm} = 0,15 \text{m}$$

- Gravedad terrestre

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Con estos datos se procede a calcular la velocidad de aspiración, así como la altura mínima de sumergencia.

- Velocidad de aspiración

La velocidad de aspiración es, tal y como indica su nombre, la velocidad a la cual el agua es aspirada del pozo de bombeo para llegar a la bomba. Puesto que, la máxima central de este proyecto es la reducción de costes, se instalará únicamente una bomba.

$$V_{asp} = \frac{4 * Q_{máximo}}{\pi * D^2} = 1,25m/s$$

- Altura mínima de sumergencia

La altura mínima de sumergencia se refiere a la altura mínima a la que se debe de introducir la tubería para asegurar la correcta aspiración de agua. Además, se tendrá en cuenta un margen de seguridad de 20cm.

$$H_{sum} = \frac{V_{asp}^2}{2g} + 0,2 = 0,28m$$

Además, teniendo en cuenta la altura mínima de sumergencia, se adoptará una altura de seguridad entre la parada-arranque de la bomba de 1m. Por lo tanto, la altura mínima del pozo será de:

$$H_{mín} = 1 + 0,28 = 1,28m$$

- Superficie mínima del pozo de bombeo

Por último, una vez conocidos los valores del volumen mínimo del pozo, así como la altura mínima del pozo se procederá a calcular la mínima superficie del pozo de bombeo. Así, los datos necesarios para el cálculo son:

- Volumen del pozo de bombeo

$$V_{pozo} = 3,94m^3$$

- Altura mínima del pozo de bombeo

$$H_{mín} = 1,28m$$

Utilizando estos datos, la superficie mínima del pozo de bombeo serán:

$$Sup_{pozo} = \frac{V_{pozo}}{H_{mín}} = 3,08m^2$$

Por último, si se considera que el pozo de bombeo es cilíndrico y los valores mínimos calculados anteriormente, sus medidas serán las que aparecen en la Tabla 6-2.

Parámetro	Valor
Altura (m)	2,5
Radio (m)	1
Superficie (m <sup>2</sup> )	3,14
Volumen (m <sup>3</sup> )	7,85

Tabla 6-2: Parámetros del pozo de bombeo

### 6.3 Diseño del sistema fotovoltaico

En este apartado se dimensiona el sistema fotovoltaico necesario para proporcionar la energía necesaria al sistema de bombeo de la ETAP del proyecto. Dicho sistema de bombeo se localizará en el pozo dimensionado en el apartado anterior.

De entre todas las energías renovables existentes, se instalará un sistema fotovoltaico gracias a las buenas condiciones solares de la Amazonía. Además, se dimensionará el sistema fotovoltaico en función de las necesidades de bombeo (caudal de la ETAP y altura del pozo de bombeo) y no de las características de la bomba. Esto se ha realizado así para poder trabajar con cualquier sistema de bombeo ya que éste no ha sido diseñado en el proyecto.

Para diseñar el sistema será necesario primero conocer sus condiciones de uso, es decir, las necesidades energéticas de bombeo. Después, una vez conocidos los datos climatológicos de la zona en cuestión, se procederá al cálculo del sistema fotovoltaico.

#### 6.3.1 *Condiciones de uso*

Las condiciones de uso se refieren a las necesidades energéticas de bombeo, es decir, a la potencia eléctrica necesaria. Para su cálculo, es necesario conocer la energía que debe de proporcionar la bomba para desplazar diariamente un volumen de agua hasta la altura del pozo de bombeo. Así, los datos necesarios para este cálculo son:

- Volumen diario de agua a desplazar

El volumen diario de agua a desplazar será el caudal diario de agua que admite la ETAP.

$$V_{diario} = 946m^3$$

- Altura del pozo de bombeo

$$h = 2,5m$$



- Densidad del agua

$$\rho = 1\text{kg/L}$$

- Gravedad terrestre

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Utilizando estos datos, se procede a calcular la energía diaria necesaria para desplazar esa cantidad de agua, la potencia máxima y la potencia eléctrica requeridas.

- Energía diaria

$$E = \frac{\rho * g * h * V_{diario}}{3600} = 6444,63\text{Whd}$$

- Potencia máxima diaria

La potencia máxima diaria se calculará conocida la energía diaria necesaria y teniendo en cuenta que la bomba funciona, aproximadamente, 12 horas al día.

$$P_{m\acute{a}xima, \text{ diaria}} = \frac{E}{t} = 537,05\text{W}$$

- Potencia eléctrica

La potencia eléctrica se obtiene teniendo en cuenta la eficiencia de la bomba que se instalará en el pozo de bombeo. Puesto que, en este caso se desconoce la bomba a instalar, se utilizará un valor medio de la eficiencia,  $\eta = 60\%$ .

$$P_e = \frac{P_{m\acute{a}xima, \text{ diaria}}}{\eta} = 895,08\text{W}$$

### 6.3.2 Datos climatológicos

La energía solar es una energía que depende, tal y como indica su nombre, de la cantidad de sol que recibe la zona en cuestión. Así, es necesario conocer las horas pico solar (HPS), es decir, las horas de irradiación diarias en el emplazamiento de la ETAP, para poder dimensionar la instalación fotovoltaica. Se tendrá en cuenta que, dado que Perú se encuentra situado en el hemisferio sur y muy próximo a la línea ecuatorial, los paneles solares han de estar orientados hacia el norte para conseguir resultados óptimos. Para el cálculo de las horas pico solar será necesario conocer los siguientes datos:

- Irradiación en el mes más desfavorable

La irradiación es la medida de la energía solar que, por unidad de tiempo y área, llega a la tierra. La Tabla 6-3 muestra la irradiación mensual sobre plano horizontal y sobre un plano inclinado 86°. Los datos proporcionados se corresponden a la ciudad de Iquitos, Perú, la más próxima a la zona donde está localizada la ETAP y, por tanto, la instalación fotovoltaica.

Mes	Irradiación sobre plano horizontal (kWh/m <sup>2</sup> /día)	Irradiación sobre plano inclinado 86° <sup>10</sup> (kWh/m <sup>2</sup> /día)
Enero	4,59	4,69
Febrero	4,42	4,40
Marzo	4,45	4,32
Abril	4,26	4,31
Mayo	4,14	4,36
Junio	4,01	4,32
Julio	4,30	4,61
Agosto	4,70	4,87
Septiembre	4,97	4,91
Octubre	4,85	4,79
Noviembre	4,72	4,80
Diciembre	4,56	4,69

Tabla 6-3: Irradiación mensual en Iquitos, Perú [72]

Se observa que el mes más desfavorable es el mes de abril, con una irradiación sobre plano inclinado 86° de 4,31kWh/m<sup>2</sup>/día. Por lo tanto, este valor será el que se utilizará para los cálculos.

$$I(86^\circ)_{Abril} = 4,31kWh/m^2$$

- Potencia estándar de irradiación incidente

La potencia estándar de irradiación es el valor de irradiación estándar que se corresponde con una hora solar pico.

$$I_{estandar} = 1kW/m^2$$

Además, para el cálculo de las horas pico solar se tendrá en cuenta un valor de corrección atmosférico. Dado que, en el emplazamiento de la instalación, la atmósfera está limpia, sin contaminación y alejado de grandes focos de población, se tendrá en cuenta un factor atmosférico de 1,05 [73].

<sup>10</sup> La inclinación óptima de los paneles a lo largo del año es 86°. Por lo tanto, será esa la inclinación de la instalación que se usará

Utilizando estos datos las HPS son:

$$HPS_{86^{\circ}} = \frac{I(86^{\circ})_{Abril}}{I_{estandar}} * 1,05 = 4,53h$$

### 6.3.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Para el cálculo del sistema fotovoltaico será necesario conocer, además de la potencia eléctrica que debe de suministrar el sistema fotovoltaico y las HPS, los días de autonomía solar que tendrá la instalación. Durante estos días la instalación fotovoltaica funcionará sin recibir irradiación solar y, por tanto, sin que le suministren energía solar. En el mes de abril, el 20% de los días en Iquitos están nublados [74]. Por lo tanto, los días de autonomía solar son:

$$D_{aut} = 0,2 * 30 = 6 \text{ días}$$

En este caso se utilizará el módulo fotovoltaico A-5J de Atersa. Se trata de un módulo diseñado específicamente para pequeños consumos, siendo su aplicación más típica la recarga de baterías en zonas aisladas. Es, por tanto, perfecto para nuestra aplicación en concreto. En la Tabla 6-4 se encuentran las características nominales del panel a utilizar.

Característica nominal	Valor
Tensión nominal, $V_{panel}$ (V)	12
Corriente de pico o máxima, $I_{panel}$ (A)	0,29
Eficiencia del panel, $\epsilon_{panel}$ (%)	8,5

Tabla 6-4: Características nominales del panel fotovoltaico

Además del panel fotovoltaico presentado, en este proyecto se dispondrá de los siguientes equipos:

- Controlador de carga BlueSolar MPPT 150/60
- Baterías de GEL Frontal 115Ah Ultracell 12V
- Inversor-cargador PIP-HSE/MSE Series

Se comenzará calculando la máxima corriente consumida por la instalación, conociendo la tensión del banco de baterías (12V). Además, se tendrá en cuenta un factor de seguridad del 20%.

$$E_{instalación} = \frac{E}{V_{bat}} * 1,2 = 644,46Ahd$$

Por otro lado, se deben de tener en cuenta las pérdidas del sistema. Así, los valores estándar de las pérdidas a tener en cuenta son:

- Pérdidas debido a la descarga diaria de la batería

$$K_A = 0,5\%$$

- Pérdidas debido al rendimiento de la batería

$$K_B = 5\%$$

- Pérdidas debido al rendimiento del convertidor

$$K_C = 15\%$$

- Pérdidas debido al rendimiento del regulador

$$K_R = 10\%$$

- Otras pérdidas

$$K_X = 10\%$$

- Profundidad de descarga de la batería

$$P_d = 65\%$$

Así, se calculan las pérdidas totales del sistema:

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] * \left[ 1 - \frac{(K_A * D_{aut})}{P_d} \right] = 0,57\%$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta las pérdidas totales del sistema, el máximo consumo de energía por la instalación será:

$$E_{m\acute{a}x} = \frac{E_{instalaci\acute{o}n}}{K_T} = 1130,64Ahd$$

Por otro lado, utilizando los datos de la Tabla 6-4 y las HPS calculadas previamente se obtiene la energía generada por el panel.

$$E_{panel} = I_{panel} * HPS * \varepsilon_{panel} = 11,16Ahd$$

Así, una vez que el máximo consumo de energía de la ETAP y la energía generada por el panel son conocidos, se procede a calcular el número necesario de paneles fotovoltaicos.

- Número de paneles fotovoltaicos en serie

$$Paneles_{serie} \geq \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = 1 \text{ panel}$$

- Número de paneles fotovoltaicos en paralelo

$$Paneles_{paralelo} \geq \frac{E_{m\acute{a}x}}{E_{panel}} = 101,3 \cong 102 \text{ paneles}$$

De esta forma, se concluye que la utilización de un panel fotovoltaico en serie y 102 paneles en paralelo son suficientes para el correcto funcionamiento de la bomba.

#### **6.4 Conclusión**

El acceso a la electricidad es vital para mejorar la calidad de vida y asegurar el crecimiento y la prosperidad de zonas rurales como son las estudiadas a lo largo de este proyecto. Cabe destacar que Perú ocupa el sexto lugar en los estudios de electrificación de zonas rurales de los países de la Amazonía. Así, este capítulo se ha centrado en mejorar el acceso a la electricidad en algunos de los poblados atravesados por el río Napo, con el objetivo final de mejorar estos índices.

Inicialmente se ha diseñado el sistema de bombeo de la ETAP. En concreto, se ha dimensionado el pozo de bombeo para así conocer la energía necesaria que deben de suministrar los paneles fotovoltaicos. Después, se ha procedido al dimensionamiento del sistema fotovoltaico en cuestión. Para ello ha sido necesarios, además de los datos sobre el pozo de bombeo, la realización de un estudio para conocer las condiciones climatológicas de la zona. Puesto que, Perú en general y los alrededores del río Napo en concreto, presentan buenos índices de irradiación, la instalación de un sistema fotovoltaico es una alternativa con alta viabilidad. Por último, se ha dimensionado el sistema fotovoltaico llegando a la conclusión de que 102 paneles en paralelo son suficientes para suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de la bomba de la ETAP.

De este modo, en este capítulo se ha estudiado como mejorar el acceso a la electricidad en cinco poblados del río Napo. En concreto, el estudio se ha centrado en dimensionar los paneles fotovoltaicos que suministran la energía necesaria a la etapa de bombeo de la ETAP que permite potabilizar el agua usada en las viviendas. Así, se mejora de manera indirecta estos índices de acceso a la electricidad. Por un lado, los poblados se ahorran el coste que supondría alimentar la bomba utilizando energías convencionales. Por otro lado, se provee a las poblaciones del conocimiento necesario para diseñar y mantener sistemas fotovoltaicos. Esto les permitirá, en un futuro próximo, instalar esta forma de energía renovable en sus viviendas. Por lo tanto, no solo se mejora el acceso a la electricidad, sino que también se busca evitar que la población dependa de conocimiento exterior, sino que tenga en sus manos el saber y los recursos

necesarios para seguir creciendo. Además, tal y como se indicaba en la introducción se ha tenido en cuenta en todo momento el coste de los elementos para poder reducirlo al máximo, así como la necesidad de un mantenimiento sencillo de los sistemas.

# CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

## **7 ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD**

En este capítulo se analizará, desde el punto de vista de la sostenibilidad, las mejoras propuestas en los capítulos ACCESO AL AGUA y ACCESO A LA ELECTRICIDAD. Este análisis se realizará según el impacto que tiene el proyecto sobre los componentes de la sostenibilidad presentados previamente: económico, ecológico y social. Más adelante, se analizará de forma más concreta, cómo este proyecto ha mejorado algunos indicadores de sostenibilidad de la zona en cuestión.

### **7.1 Impacto de la actividad en los componentes de la sostenibilidad**

Tal y como se ha indicado anteriormente, se considera desarrollo sostenible todo aquel que es capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad que tienen las generaciones futuras de satisfacer también sus necesidades. Se diferencia entre dos tipos de sostenibilidad: intrageneracional (aquella que guarda relación con las necesidades presentes) e intergeneracional (la que busca la equidad en el tratamiento de las futuras generaciones). Por lo tanto, dado que actualmente se desconocen las preferencias de las generaciones futuras es necesario proporcionarles unos capitales amplios con los que puedan satisfacerse. Además, tal y como se puede ver en la Ilustración 3-3, la sostenibilidad no es una realidad única, sino que es un conjunto formado por tres componentes estrechamente interrelacionados: el componente económico, el componente social y el componente ecológico. Así, cada uno de los tres componentes de la sostenibilidad guarda relación con los capitales que debemos mantener para asegurar las preferencias de las futuras generaciones. A continuación, se analizará las mejoras introducidas por las propuestas presentadas en este proyecto desde el punto de vista de cada uno de los componentes de la sostenibilidad. También se estudiará la relación que guardan estos componentes con los capitales y, por tanto, el impacto de las mejoras sobre los capitales.

#### ***7.1.1 Componente económico***

El componente económico de la sostenibilidad se refiere a la capacidad de producir el mayor beneficio económico utilizando los recursos que tenemos disponibles de manera eficiente y racional, especialmente aquellos recursos de mayor escasez. Por lo tanto, el capital económico es el capital que tiene un mayor impacto sobre el componente económico de la sostenibilidad. Dado que el capital económico guarda relación directa con la economía del país, gracias a este proyecto, el componente económico se ve altamente beneficiado. Además, tal y como se ha indicado a lo largo



de este documento, en todo momento se ha buscado asegurar un bajo coste de los elementos de los sistemas diseñados, así como un mantenimiento sencillo y barato. De esta forma, la introducción de mejoras no supone un gasto muy elevado para la población.

#### 7.1.1.1 Acceso al agua

Según un informe del Banco Mundial *“la insuficiencia de agua dulce probablemente sea uno de los principales factores que coarten el desarrollo económico en los decenios venideros”* [22]. Esto implica que la disponibilidad de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales de las viviendas es un factor clave a la hora de asegurar el desarrollo económico de un país. Así, siguiendo esta línea de actuación, la mejora en el acceso al agua que se presenta en este proyecto tiene un enorme impacto sobre el capital económico de la región de estudio. En la Ilustración 7-1 se muestra un resumen de los principales beneficios económico que implica un mejor acceso al agua. Los beneficios directos de este proyecto serán a continuación analizados.

Beneficiary	Direct economic benefits of avoiding diarrhoeal disease	Indirect economic benefits related to health improvement	Non-health benefits related to water and sanitation improvement
Health sector	<ul style="list-style-type: none"> <li>Less expenditure on treatment of diarrhoeal disease</li> <li>Less expenditure on treatment of other diseases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Value of less health workers falling sick with water and sanitation-related diseases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Convenience of water and sanitary facility availability in health facilities</li> </ul>
Person with avoided disease	<ul style="list-style-type: none"> <li>Less expenditure on treatment of diarrhoeal disease and related health seeking costs</li> <li>Less expenditure on treatment of other diseases</li> <li>Less time lost due to treatment seeking</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Value of avoided days lost at work or at school, avoided time lost of caretaker of sick children, and economic contribution of a saved life due to diarrheal disease</li> <li>Values of the above associated with other diseases</li> </ul>	
Consumers affected by the non-health benefits of the interventions			<ul style="list-style-type: none"> <li>Time savings related to water collection or accessing sanitary facilities</li> <li>User preferences for improved WSH</li> <li>School and workplace WSH programmes: impact on school attendance by girls and employment choices for women</li> <li>Productive activities at household level (home industry, home gardening)</li> <li>Labour-saving devices in household</li> <li>Switch away from more expensive water sources</li> <li>Property value rise</li> <li>Leisure activities and non-use value</li> </ul>
Agricultural and industrial sectors	<ul style="list-style-type: none"> <li>Less expenditure on treatment of employees with diarrhoeal disease</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Less impact on productivity of ill-health of workers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Benefits to agriculture and industry of improved water supply, more efficient management of water resources.</li> </ul>

Ilustración 7-1: Beneficios económicos obtenidos al mejorar el acceso al agua [75]

Es importante entender que la relevancia del agua no radica solamente en el consumo directo humano. La mayoría de las actividades económicas de un país dependen de ella: la agricultura, la generación de energía, la minería, la industria, las actividades recreativas... Así, la mejora en el acceso al agua de un país tiene consecuencias directas sobre todas y cada una de sus actividades económicas ya que supone un ahorro significativo. Este ahorro es, principalmente, en dos direcciones: un ahorro en materia de tiempo y un ahorro en materia de dinero.

Actualmente, tal y como podemos observar en la Tabla 7-1, los hogares peruanos dedican el 1,8% de sus gastos mensuales al pago de los servicios de agua potable y desagüe de aguas residuales. Se observa que, accesos al agua como son el “agua potable del vecino” o el “camión cisterna” tienen porcentajes medios de gasto mucho más

elevados que otros tipos de acceso al agua. Además, dependiendo del número de habitantes de la zona en cuestión, se experimenta también una variación en este porcentaje medio de gasto. Así, llama la atención que, en uno de los países con mayores recursos hídricos del mundo como es el Perú, de media el 1,8% del gasto de una vivienda sea destinado a la obtención de agua potable y desagüe de aguas residuales. Igualmente, es necesario meditar sobre este dato si se tiene en cuenta que, en España, de media solamente se gasta un 0,01% en agua con respecto al gasto monetario de las viviendas [41].

Número de habitantes	Más de 20.000	4.000 – 20.000	400 – 4.000	Menos de 400	Total
Red pública, dentro de la vivienda	2,7%	1,9%	1,1%	0,3%	2,0%
Red pública, fuera de la vivienda, pero en el edificio	1,9%	1,2%	1,7%	0,6%	1,7%
Agua potable del vecino	3,7%	4,9%	3,6%	7,3%	4,2%
Pilón de uso público	1,0%	1,8%	1,4%	0,5%	1,0%
Camión cisterna u otro similar	3,0%	2,2%	2,4%	2,6%	2,8%
Pozo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Río, acequia, manantial o similar	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Otro	2,6%	0,5%	0,8%	0,6%	1,2%
<b>Total</b>	<b>2,6%</b>	<b>1,9%</b>	<b>1,1%</b>	<b>0,3%</b>	<b>1,8%</b>

Tabla 7-1: Porcentaje del gasto en agua con respecto al gasto total monetario de las viviendas en Perú [76]

De esta forma, la EDAR y la ETAP diseñadas en este proyecto permiten a las viviendas de la zona disponer de agua de forma más económica, reduciendo su gasto de agua mensual. Además, tal y como se ha indicado previamente, la instalación y el mantenimiento de ambas plantas no tienen un coste elevado, contribuyendo así a la economía global de los pueblos de la zona.

Por otro lado, se estima que un hogar que cuenta con acceso a agua potable ahorra 30 minutos al día con respecto de uno que carece de él, 90 minutos si el agua es suministrada a través de tuberías [75]. Así gracias a la ETAP los habitantes no se tienen que desplazar de sus viviendas para conseguir agua potable. Esto supone un gran ahorro de tiempo para la población de la zona. No obstante, es difícil monetizar esta disponibilidad de tiempo si su fin último no es productivo. Así, para entender el impacto sobre el capital económico, podemos asumir que el nuevo tiempo disponible se utiliza para realizar actividades que mejoran la situación económica de los habitantes de la zona.

Por último, tal y como se analizará más adelante, mejorar el acceso al agua potable, así como al desagüe de las aguas residuales tienen efectivos positivos en la

nutrición, salud y educación de la población. Así, la instalación de la ETAP y la EDAR tienen como consecuencia un ahorro del gasto en salud pública.

#### *7.1.1.2 Acceso a la electricidad*

El consumo de electricidad tiene un impacto directo en el crecimiento económico de un país. Siendo este impacto bidireccional puesto que, el crecimiento económico de un país también implica un mayor consumo de electricidad. En la Ilustración 4-3 se observaba la composición del PIB en el Perú según las actividades. Así, la manufactura es responsable del 16,52% del PIB y la construcción del 5,10%. Dado que en ambos sectores la electricidad es un factor clave, un mejor acceso a la electricidad, supondría también un crecimiento del PIB del Perú gracias a un crecimiento de estos sectores. Así, un mejor acceso a la electricidad implica un mayor crecimiento del PIB.

Por otro lado, la mayoría de los países emergentes dependen energéticamente de formas de energía tradicionales como puede ser el petróleo o el carbón. Estas formas de energía tienen inconvenientes ya que provocan una dependencia de los países que les suministran estas formas de energía, así como un coste elevado. En este proyecto en concreto se ha utilizado un sistema fotovoltaico para permitir reducir la dependencia energética de combustibles fósiles. Además, se experimenta un ahorro económico gracias al uso de una energía renovable.

### **7.1.2 Componente social**

El componente social de la sostenibilidad se basa en la importancia de mantener las interacciones sociales, las relaciones y los valores de la humanidad. Busca encontrar la equidad entre las personas a la vez que se mantiene la biodiversidad cultural en un planeta cada día más globalizado. De esta forma, los capitales social y humano guardan una relación directa con el componente social. Se entiende por capital humano aquel que guarda relación con las personas como individuos de la sociedad. Por otro lado, se entiende capital social todo aquello relacionado con la población como sociedad y las instituciones que la rigen. Inmediatamente, se analizarán los beneficios que tienen sobre este componente social de la sostenibilidad.

#### *7.1.2.1 Acceso al agua*

Al mejorar el acceso de la población al agua potable, así como la introducción de medios para tratar las aguas residuales, se mejora de manera directa la salud de la población. En las últimas décadas se han recopilado pruebas suficientes para demostrar que, el acceso al agua potable y a instalaciones de saneamiento, tienen impactos

beneficiosos y positivos sobre la salud de la población. Así, existen muchas enfermedades que son transmitidas a través del agua o que guardan relación con el agua:

- Enfermedades transmitidas por el agua como la cólera
- Enfermedades basadas en el agua como la esquistosomiasis
- Enfermedades transmitidas por vectores relacionados con el agua como la malaria
- Enfermedades dispersadas en el agua como la legionela

La mayoría de estas enfermedades tienen un carácter mortal. Especialmente si no se dispone de los medios necesarios para su tratamiento, como ocurren en zonas pobres y aisladas como son los poblados de la Amazonía. Por ejemplo, la OMS estima en 160 millones las personas que parecen esquistosomiasis actualmente en el mundo causando miles de decenas de muertes al año [77]. De esta forma, las mejoras introducidas en este proyecto aseguran una reducción en los índices de mortalidad de la población, así como una mejora en la salud de la población.

De la misma forma que el agua guarda relación directa con la salud de la población, el agua es también fundamental para la seguridad alimentaria. En la Ilustración 7-2 se muestran las principales conexiones entre el agua, la seguridad alimentaria y la nutrición. Así, el agua no es sólo utilizada para beber o para mantener la higiene, sino que también se utiliza para otras funciones como la preparación de alimentos. Por ejemplo, los cultivos y el ganado necesitan del agua para crecer y poder ser utilizados como alimento. Por lo tanto, si el agua suministrada al ganado y regada a los campos no es de calidad, la seguridad alimentaria se ve disminuida. De esta forma, gracias a las mejoras de acceso al agua y a las actividades de saneamiento la seguridad alimentaria de la población aumentará, mejorando los índices de nutrición de la población y reduciendo los de mortalidad causados por una alimentación deficiente.

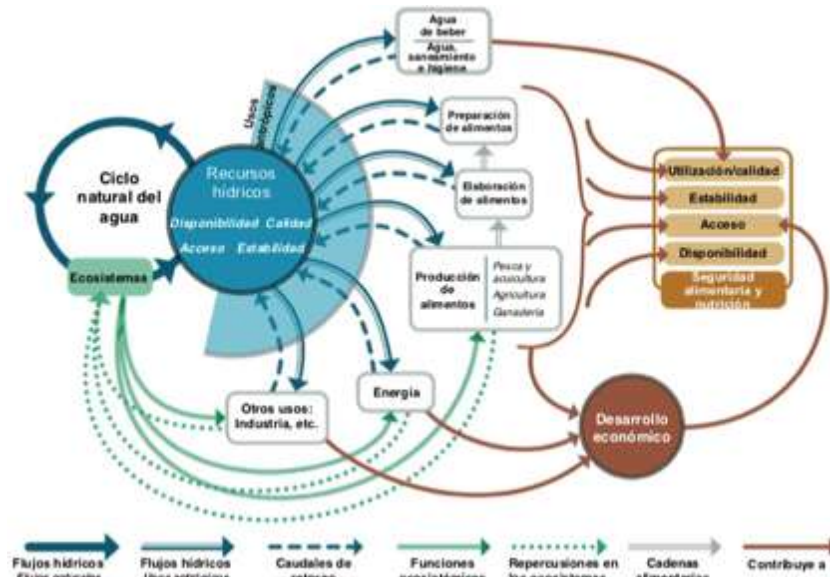


Ilustración 7-2: Relación entre el agua, la seguridad alimentaria y la nutrición [78]

Además, mejorar el acceso al agua potable implica trabajar por los derechos de los niños y por la igualdad de género ya que, normalmente, son las mujeres y los niños los encargados de recolectar el agua en las zonas más pobres y rurales.

Por otro lado, el ahorro de tiempo mencionado al analizar el impacto sobre el capital económico tiene también un impacto directo sobre el capital humano. Así, el nuevo tiempo disponible se puede emplear, no sólo en actividades de carácter económico como la pesca o la agricultura, sino también en actividades de carácter recreativo. Esto es especialmente importante en el caso de los niños ya que, al disponer de agua potable en las viviendas, no necesitan recolectar agua. De esta forma pueden utilizar este tiempo, por ejemplo, para ir a la escuela, mejorando los índices de educación de la zona.

### 7.1.2.2 Acceso a la electricidad

Los habitantes de las poblaciones que se benefician de la ETAP se benefician también de la instalación del sistema fotovoltaico. Así, gracias a que el pozo de bombeo se alimenta a partir de energía fotovoltaica, barata y fácil de mantener, la población no ha de gastar enormes cantidades de dinero.

Si bien el impacto directo del sistema fotovoltaico sobre los capitales social y humano no es muy grande, el uso de esta energía renovable podría ser utilizada en el futuro para proporcionar energía a las viviendas de la zona. De esta forma, aquellas personas encargadas del mantenimiento del panel fotovoltaico de la ETAP podrían

utilizar este conocimiento para instalar paneles fotovoltaicos en las viviendas. Así, una mejora en el acceso a la electricidad de las viviendas implicaría:

- Mejora directa de la salud pública gracias a una posible mejora de sus instalaciones y equipos
- Mejora en la calidad del aire de las viviendas al sustituir formas de energía tradicionales como la leña o las velas por energía eléctrica
- Mejora en la alimentación de la población y, consecuentemente, en los índices de nutrición de la zona gracias al uso de sistemas de refrigeración de alimentos como las neveras
- Mejora en los índices de igualdad de género puesto que normalmente las mujeres son las encargadas de encender la leña y comprar las velas
- Aumento de la seguridad de las poblaciones gracias a la iluminación de las calles
- Mejor acceso a la educación gracias a la disponibilidad de luz eléctrica en las aulas, así como el uso de ordenadores y aparatos electrónicos

### **7.1.3 Componente ecológico**

El componente ecológico es un componente amplio y complejo ya que no sólo tiene en cuenta solamente el estado actual del medioambiente sino también la forma en la que nuestras acciones presentes influyen en el medioambiente futuro. Este componente busca la compatibilidad entre la actividad humana y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas naturales. Este componente se ve afectado, principalmente, por el capital natural. Tal y como indica su nombre, el capital natural es aquel que guarda relación con la naturaleza y el medioambiente. En todo momento en ese proyecto, además de asegurar el bajo coste de los elementos utilizados, se ha buscado utilizar elementos que tengan el menor impacto sobre el medioambiente y la naturaleza donde van a ser instalados.

Además, para asegurar el mantenimiento del capital natural es importante que, una vez realizadas las obras de instalación de los sistemas diseñados, los residuos generados sean transportados hasta centros de tratamiento. De no ser así, esto tendría un impacto negativo en el medioambiente, reduciendo la biodiversidad y amenazando al ecosistema de la Amazonía.

A continuación, se estudiará su impacto sobre el componente ecológico y cómo éste se ha visto beneficiado.

### 7.1.3.1 Acceso al agua

La instalación de la ETAP para potabilizar las aguas del río Napo no sólo tiene un impacto sobre las poblaciones ribereñas de la Ilustración 5-10 sino que también implica una mejora en la calidad superficial de las aguas del río Napo aguas abajo del lugar de la instalación de la ETAP. Así, la instalación de la ETAP tiene efectos positivos sobre la biodiversidad del río Napo. Por otro lado, si el agua potable que proviene de la ETAP se utiliza para regar los campos de cultivo se reducen todas aquellas enfermedades causadas por el consumo de alimentos que han sido regados con aguas de baja calidad. No obstante, es importante tener en cuenta también que el ecosistema acuático del río podría verse afectado por la recolección del agua, las rejillas de desbaste y las rejillas de tamizado localizadas a la entrada de la ETAP.

Por otro lado, la EDAR diseñada en este proyecto es una EDAR de filtros verdes. Esta tecnología presenta una buena integración medioambiental, lo que tiene un efecto positivo sobre el capital natural. Las parcelas donde se instalan los filtros verdes sirven también como hábitat para animales, insectos, peces... Además, los helechos han sido seleccionados como especie vegetal para este filtro verde concreto ya que son una especie autóctona de la zona. Así, se ha evitado introducir nuevas especies que podrían impactar negativamente en el ecosistema amazónico. Igualmente, se ha tenido en cuenta que la tecnología utilizada no produce lodos que deban de ser tratados posteriormente. De esta forma se evita el tratamiento de lodos y todos los impactos negativos que podría tener sobre el medioambiente.

### 7.1.3.2 Acceso a la electricidad

Al igual que en el diseño de la ETAP y la EDAR, a la hora de diseñar el sistema fotovoltaico se ha buscado usar aquellos elementos que provocasen el menor impacto posible en el medioambiente. Por ejemplo, se han seleccionado unos paneles fotovoltaicos que provocan una nula contaminación acústica y la mínima polución química posible.

Además, el uso de una energía renovable asegura una reducción en la emisión de gases invernadero a la atmósfera, así como una mejora de la calidad del aire de la atmósfera y, por tanto, una mejora de la biodiversidad amazónica. De esta forma, como se observa en la Ilustración 7-3, la energía solar es una de las formas de producir energía que menor cantidad de contaminantes emite a la atmósfera.



(Emissiones de contaminantes para todo el ciclo de combustible. En toneladas por GWh producido)

FUENTE	CO.	NOX	SO.	PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SUSPENSIÓN	CO	HIDRO- CARBUROS	RESIDUOS NUCLEARES	TOTAL
Carbón	1,058,2	2,986	2,971	1,626	0,267	0,102	-	1,066,1
Gas natural (**)	824,0	0,251	0,336	1,176	TR(*)	TR	-	825,8
Nuclear	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	3,641	12,3
Fotovoltaica	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	-	5,9
Biomasa	0,0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	-	13,4
Geotérmica	56,8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56,8
Eólica	7,4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7,4
Solar térmica	3,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3,6
Hidráulica	6,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6,6

(\*) Traza. (\*\*) Gas natural en ciclo combinado  
La emisión de la biomasa presupone la regeneración anual de la cantidad cosechada, lo que raras veces sucede.

Fuente: US Department of Energy, Council for Renewable Energy Education y Worldwatch Institute.

Ilustración 7-3: Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir energía [79]

Por otro lado, la instalación de las placas fotovoltaicas tiene un impacto negativo sobre el paisaje. Este impacto es difícil de corregir dado que las placas deben de estar situadas en zonas despejadas de vegetación para así poder captar la mayor cantidad de radiación solar. Igualmente, el terreno donde se instalan las placas solares también se ve alterado dado que se produce una pérdida de la cobertura vegetal. No obstante, para evitar estos impactos negativos se podría estudiar la posibilidad de situar la palca solar en la azotea de un edificio o de la parte superior de alguno de los sistemas de la ETAP para evitar así el impacto negativo sobre el medioambiente.

## 7.2 Impacto sobre los indicadores de la sostenibilidad

A la hora de proponer este proyecto se ha considerado relevante la realización de un balance que analice el impacto que tiene la mejora en el acceso al agua y a la electricidad en algunos poblados de la Amazonía. Para ello, se han usado indicadores. Los indicadores son útiles para indicar si la dirección tomada es buena o mala. A continuación, se analizarán algunos de los indicadores que se pueden utilizar para evaluar el impacto de este proyecto sobre los habitantes del Perú.

- Índice de desarrollo humano (IDH)

El IDH es un índice que evalúa, de manera combinada, el nivel de salud, educación y vida de un país. La educación se evalúa a partir de los años promedio de escolaridad, el nivel de vida a partir del PIB y la salud a través de la esperanza de vida al nacer. Así, este proyecto tiene un impacto positivo sobre el IDH de la población de la siguiente manera:

- Se experimentará un incremento de los años promedio de escolaridad gracias a que los niños tendrán tiempo para ir a escuela puesto que ya no necesitan desplazarse para recolectar agua potable. Además, si con el tiempo se instalan sistemas

fotovoltaicos en las viviendas y escuelas, los alumnos dispondrán de mejores condiciones para estudiar

- Aumento del PIB del país gracias a una reducción del gasto en agua y al ahorro debido al uso de energías renovables para alimentar la bomba de la ETAP
- Mejora de la salud de la población ya que muchas enfermedades causadas por la baja calidad del agua serían reducidas o incluso eliminadas
- Emisiones de gases de efecto invernadero

A partir de este indicador se miden las emisiones de seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Puesto que muchos de estos gases son emitidos en los procesos de combustión, se evita su emisión gracias a la instalación del sistema fotovoltaico. Por otro lado, los helechos instalados en la EDAR contribuyen a la captación de la atmósfera de gases de efecto invernadero. De este modo, este proyecto, por un lado, evita la emisión de gases al usar una energía de tipo renovable y, por otro lado, disminuye la cantidad de dióxido de carbono presente en la atmósfera.

- Happy planet index:

Es un indicador que mide la percepción subjetiva que tiene la población de un país sobre su felicidad. Además, para calcular este valor se tienen en cuenta estudios de otros indicadores como pueden ser el IDH o la huella ecológica. Gracias a este proyecto los habitantes de la zona dispondrán de agua potable, así como de un sistema para limpiar sus aguas residuales. Esto contribuirá de manera directa a su felicidad y, por lo tanto, este índice aumentará. Igualmente, gracias al ahorro de tiempo que esto supone, la cantidad de tiempo libre de la población aumentará permitiéndoles realizar actividades que aumenten su felicidad.

- Índice total de matriculación

Este indicador contabiliza la matriculación total de estudiantes, independientemente de la edad, con respecto a la población en edad escolar para ese nivel de estudios concretos. Así, este índice puede superar el 100% si se incluyen alumnos menores o mayores en un nivel que no les correspondería por edad. Puesto que, jóvenes en estos poblados de la Amazonía no tienen tiempo para estudiar, una vez que dispongan de mayor tiempo libre, podrán utilizarlo para ir a la escuela.

Así, este indicador aumentará ya que muchos de estos alumnos tendrán que asistir a cursos menores para aprender conceptos que necesitan para continuar su crecimiento escolar.

### **7.3 Conclusión**

Es este capítulo se encuentra un análisis de sostenibilidad del proyecto en cuestión. La importancia de la sostenibilidad radica en tener en cuenta las necesidades de las necesidades futuras. Así, con una estimación de estas necesidades se pueden mantener los capitales que ellos van a necesitar para vivir con las mismas condiciones que nosotros. De este modo, en este proyecto se ha tenido en cuenta asegurar esos capitales para las generaciones futuras. Uno de los principales objetivos del proyecto ha sido asegurar el bajo coste de los sistemas a instalar, asegurando el crecimiento del capital económico de los poblados en cuestión y, por tanto, teniendo en cuenta el componente económico de la sostenibilidad. Por otro lado, también se ha tenido en cuenta la importancia de instalar sistemas que protejan el medioambiente y aseguren la biodiversidad de la zona. Por lo tanto, se asegurado el crecimiento del capital natural que guarda una estrecha relación con el componente ecológico de la sostenibilidad. Por último, el carácter humano y social de este proyecto asegura el crecimiento de los capitales natural y social de estos poblados, teniendo en cuenta el componente social de la sostenibilidad. Por consiguiente, la realización de este proyecto influye de manera positiva en los tres componentes de la sostenibilidad permitiendo un crecimiento de los capitales que ayudan a asegurar la satisfacción de las necesidades de las futuras generaciones.

Para terminar, se ha estudiado la influencia de la instalación de la EDAR, la ETAP y los paneles fotovoltaicos en algunos de los indicadores de la sostenibilidad más usados. Así, se ha observado como estos índices experimentan un crecimiento gracias a los sistemas instalados en este proyecto. Por lo tanto, se asegura mejorar la calidad de vida de la población.



# CAPÍTULO 8:

# CONCLUSIONES

## **8 CONCLUSIONES**

En este capítulo se analiza de manera general el proyecto presentado. Así, se comienza estudiando los efectos que tienen las mejoras implementadas en el acceso al agua potable y a la electricidad. Más adelante, se analizará el impacto que tienen las mejoras sobre el acceso al agua potable y a la electricidad sobre el resto de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

### **8.1 Efectos de las mejoras sugeridas**

Tal y como se indicó en las Tabla 5-2 y Tabla 6-1 las cifras actuales del acceso al agua y a la electricidad en el distrito de Napo, Loreto (Perú) son de 4,5% y 25,5% para una población de 14.882 habitantes [51]. Por otro lado, tal y como se muestra en la Tabla 5-6, en los poblados de la región de estudio habitan un total de 3.173 personas. Así, mediante la EDAR y la ETAP dimensionadas se mejorarían el acceso al agua en el distrito de Napo en un 21,3%. Por otro lado, en cuanto a la mejora al acceso a la electricidad, en este proyecto en concreto no se mejora el acceso a la electricidad de las viviendas. No obstante, con la implementación del sistema fotovoltaico se proporciona a las familias de la zona el conocimiento para poder instalar sistemas de este tipo en sus viviendas en el futuro.

Por otro lado, Perú es uno de los países donde existen mayores desigualdades entre las zonas urbanas y rural. Así, como se ha indicado previamente, las diferencias de acceso a la electricidad entre la zona rural y la zona urbana son elevadas. De este modo, en este proyecto también se ha buscado reducir estas diferencias para así ayudar a igualar entre el modo de vida en las poblaciones urbanas y rural.

### **8.2 Impacto sobre los ODS**

El objetivo principal de este proyecto ha sido el desarrollo de los ODS-6 y ODS-7. No obstante, las mejoras introducidas en el acceso al agua y a la electricidad también guardan relación con los quince restantes ODS, que fueron presentados en la Ilustración 3-7. Así, a continuación, se analizarán cómo estas mejoras afectan el resto de ODS.

- ODS-1 “Fin de la pobreza”. Existe una relación directa entre el índice de pobreza y el acceso al agua y a la electricidad. En la Ilustración 7-1 se resumieron los beneficios económicos que obtiene una población al mejorar su acceso al agua. Así, al mejorar económicamente se ayuda a reducir la pobreza de la población. Por otro lado, la electricidad también ayuda a la reducción de la pobreza al limitar la dependencia del Perú con respecto de los combustibles fósiles

- ODS-2 “Hambre cero”. Una mejora en la calidad del agua asegura, a su vez, una mejor calidad de los alimentos, contribuyendo a la reducción del hambre de la población. Por otra parte, la energía fotovoltaica podría ser utilizada en el futuro para proporcionar energía para neveras, hornos, microondas...
- ODS-3 “Salud y bienestar”. Una mejora en la calidad del agua reduce de manera considerable enfermedades intestinales, epidemias, enfermedades pulmonares... Además, la electricidad permite a los hospitales y centros de salud disponer de equipos más avanzados
- ODS-4 “Educación de calidad”. El acceso a agua potable desde las viviendas contribuye a la escolarización de los niños ya que éstos disponen de tiempo libre para ir a la escuela (tiempo que previamente era usado en recolectar agua de pozos o camiones cisterna). La electricidad mejora también la tasa de escolaridad puesto que las escuelas y los hogares disponen de luz eléctrica, ordenadores, internet...
- ODS-5 “Igualdad de género”. En los países en desarrollo son las mujeres las encargadas de recolectar el agua potable y de comprar las velas o preparar la leña utilizada para proporcionar calor y luz al hogar. Así, el acceso a la electricidad otorga a las mujeres de mayor tiempo libre lo que les permite desarrollar un empleo propio
- ODS-8 “Trabajo decente y crecimiento económico”. El acceso al agua y a la electricidad mejoran el crecimiento económico de los países. Además, dado que las mujeres ya disponen del tiempo para realizar un empleo la economía del país también se ve incrementada
- ODS-9 “Industria, innovación e infraestructura”. El acceso a la electricidad permite introducir nueva maquinaria mejorando así la industria del país. Por otro lado, la introducción de la ETAP, EDAR y del sistema fotovoltaico mejoran las infraestructuras de agua y de electricidad del Perú
- ODS-10 “Reducción de las desigualdades”. Con este proyecto se mejora el acceso al agua del 21,3% de la población del distrito Napo, reduciendo así las desigualdades existentes entre las zonas rurales y urbanas del país
- ODS-11 “Ciudades y comunidades sostenibles”. En este proyecto se ha buscado introducir elementos que respetasen, lo máximo posible, el ecosistema donde eran introducidos. Así, se contribuye a la sostenibilidad de las comunidades donde se instalarán los sistemas

- ODS-12 “Producción y consumo responsables”. La mejora en la calidad del agua tiene un impacto directo en la agricultura local, mejorando así la producción de alimentos
- ODS-13 “Acción por el clima”. El uso de un sistema fotovoltaico para producir la energía de la ETAP contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>
- ODS-14 “Vida submarina”. Puesto que la calidad del agua superficial del río Napo se mejora aguas abajo de la ETAP, influyendo de manera indirecta a mejorar la vida submarina también. Por otra parte, la EDAR sirve de hábitat a peces y otros animales marinos
- ODS-15 “Vida y ecosistemas terrestres”. Gracias a la energía fotovoltaica se evita tener que quemar leña para producir calor y cocinar, disminuyendo la tasa de deforestación. Por otro lado, el ecosistema creado a partir de la EDAR sirve de hábitat para especies terrestres proporcionándoles cobijo y alimento



# CAPÍTULO 9:

# BIBLIOGRAFÍA

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. G. Rey, «Amazonia, ordenamiento, urbanización y cartografía».
- [2] *Tratado de Cooperación Amazónica*, 1978.
- [3] R. A. Serrano y M. G. , «A Proposal for defining the geographical boundaries of Amazonia,» Ispra, 2005.
- [4] «HD Fondos,» [En línea]. Available: <http://www.hdfondos.eu/imagen/63036/rio-amazonas-rain-forest-fondo-de-pantalla>. [Último acceso: 02 07 2018].
- [5] H. B. Zamudio, «El agua de la Amazonía: recurso estratégico para la comunidad sudamericana de naciones (casa) en el siglo XXI».
- [6] «La gran época,» [En línea]. Available: <https://www.lagranepoca.com/news/medio-ambiente/170985-que-son-los-rios-voladores-que-llevan-por-el-cielo-tanta-agua-como-el-amazonas.html>. [Último acceso: 02 07 2018].
- [7] «BBC,» [En línea]. Available: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-41038097>. [Último acceso: 02 07 2018].
- [8] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «Amazon Basin,» 2015.
- [9] «Chaikuni Institute,» [En línea]. Available: <https://chaikuni.org/es/why-we-work/the-amazon-rainforest/>. [Último acceso: 02 07 2018].
- [10] WWF, «Living Amazon Report 2016 - A regional approach to the conservation in the Amazon,» 2016.
- [11] «Vix Explora,» [En línea]. Available: <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/5921/10-animales-que-solo-existen-en-el-amazonas>. [Último acceso: 02 07 2018].
- [12] «Flickr,» [En línea]. Available: <https://www.flickr.com/photos/sbeebe/3275040520/in/photostream/>. [Último acceso: 03 07 2018].
- [13] RAISG, Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada, «Amazonia under pressure,» 2012.
- [14] RAISG, Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada, «Deforestación en la Amazonía (1970-2013),» 2015.

- [15 Greenpeace, «Greenpeace - Amazonas,» [En línea]. Available: ] <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/bosques/amazonas/>. [Último acceso: 03 07 2018].
- [16 RAISG, Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada, ] «Amazonia: densidad de carbono. Territorios Indígenas. Áreas Naturales Protegidas.,» 2014.
- [17 G. V. Correa, J. L. Blanco y M. d. L. R. Gamiño, «Niveles de carbono orgánico total ] en el suelo de conservación del Distrito Federal, centro de México,» 2011.
- [18 M. F. C. N. J. S. L. P. B. K. y C. R. , «Oil and gas projects in the western Amazon: ] threats to wilderness, biodiversity, and indigenous peoples,» 2008.
- [19 RAISG, Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada, ] «Presiones y amenazas sobre las Áreas protegidas y los Territorios indígenas de la Amazonía,» 2015.
- [20 «Amazon Aid Foundation,» [En línea]. Available: <https://amazonaid.org/ron-haviv-wins-big-amazon-gold-photos/>. [Último acceso: 04 07 2018].
- [21 L. J. S. D. H. D. J. B. G. L. G. C. J. M. y B. S. S.-F. , «Mining drivers extensive ] deforestation in the Brazilian Amazon,» *Nature Communications*, vol. 8, nº 1013, 2017.
- [22 «The World Bank,» [En línea]. Available: <https://data.worldbank.org/indicator/>. ] [Último acceso: 04 07 2018].
- [23 WWF, «Amazonía Viva Informe 2016 - Un enfoque regional para la conservación ] en la Amazonía,» Gland, 2016.
- [24 «Mongabay,» [En línea]. Available: ] <https://es.mongabay.com/2007/11/habitantes-del-amazonas/>. [Último acceso: 04 07 2018].
- [25 «Actualidad RT,» [En línea]. Available: <https://actualidad.rt.com/sociedad/170961-pueblos-indigenas-matanza-america-latina-multinacionales>. [Último acceso: 04 07 2018].
- [26 P. L. Llamas, T. M. M. J. M. Puchades, J. L. R. Perez, P. M. S. F. G. Camacho, I. P. ] Arriaga, A. F. J. S. T. R. Rodriguez, J. M. y J. F. , ¿Es sostenible el mundo en que vivimos? Un enfoque interdisciplinar, Universidad Pontificia Comillas, 2013.
- [27 D. C. Duran, L. M. Gogan, A. A. y V. D. , «The components of sustainable ] development - a possible approach,» de *4th World conference on Business, Economics and Management, WCBEM*, 2015.

- [28 «Acción Social Empresarial,» [En línea]. Available:  
] <http://www.accionsocialempresarial.com/2017/08/03/el-salario-emocional-la-cuspide-de-la-piramide-de-maslow/>. [Último acceso: 13 10 2018].
- [29 «Wikipedia - Desarrollo sostenible,» [En línea]. Available:  
] [https://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sostenible](https://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible). [Último acceso: 13 07 2018].
- [30 «Socratic,» [En línea]. Available: <https://socratic.org/questions/what-is-the-relationship-between-affluence-and-ecological-footprint>. [Último acceso: 15 07 2018].
- [31 «En naranja,» [En línea]. Available: <https://www.ennaranja.com/economia-facil/como-se-miden-las-desigualdades-de-ingresos-de-un-pais-el-indice-de-gini/>. [Último acceso: 17 07 2018].
- [32 «Stockholm Resilience Centre,» [En línea]. Available:  
] <http://stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>. [Último acceso: 18 07 2018].
- [33 «Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD),» [En línea]. Available:  
] <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>. [Último acceso: 15 07 2018].
- [34 INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Perú: formas de acceso al agua y saneamiento básico,» Lima, 2018.
- [35 «Los 17 ODS,» [En línea]. Available: <http://los17ods.org/los-17-objetivos-para-2030/agua/>. [Último acceso: 15 07 2018].
- [36 «HD Clarín,» [En línea]. Available:  
] <http://hd.clarin.com/post/163139560769/cambio-climatico-instituto-nacional-de-glaciares>. [Último acceso: 12 08 2018].
- [37 «El comercio Perú,» [En línea]. Available:  
] <https://elcomercio.pe/economia/peru/grafico-dia-pesa-sector-pbi-peru-194520>. [Último acceso: 08 08 2018].
- [38 CEPLAN - Centro Nacional de Planeamiento Energético, «Información departamental, provincial y distrital de población que requiere atención adicional y devengado per cápita,» Lima, 2017.
- [39 «Google Maps - Departamento de Loreto,» [En línea]. Available:  
] <https://www.google.com/maps/place/Loreto,+Perú/@-7.9244554,-79.1540651,5z/data=!4m5!3m4!1s0x91c048c3e2ba524f:0x8b6a0d1dce7d9ad2!8m2!3d-4.2324729!4d-74.2179326>. [Último acceso: 13 08 2018].

- [40 «Universidad Nacional de la Amazonía Peruana,» [En línea]. Available:  
] <http://www.unapiquitos.edu.pe/unap/influencia1.html>. [Último acceso: 10 08 2018].
- [41 «Instituto Nacional de Estadística,» [En línea]. Available: <http://www.ine.es>.  
] [Último acceso: 08 08 2018].
- [42 «Hiveminer,» [En línea]. Available: <https://hiveminer.com/Tags/barco%2Ciquitos>.  
] [Último acceso: 12 08 2018].
- [43 «Wikipedia - Río Napo,» [En línea]. Available:  
] [https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo\\_Napo#/media/File:Naporivermap.png](https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Napo#/media/File:Naporivermap.png).  
] [Último acceso: 12 08 2018].
- [44 Banco Interamericano de Desarrollo, BID, «Estudio Binacional de Navegabilidad del  
] Río Napo (Ecuador - Perú),» 2010.
- [45 R. D. L. O. «Estudio sobre el acceso universal a electricidad y agua potable en la  
] Amazonía,» Madrid, 2017.
- [46 «Global Water Partnership South America,» [En línea]. Available:  
] <https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/>. [Último acceso: 05 07 2018].
- [47 «Desarrollo peruano,» [En línea]. Available:  
] <http://desarrolloperuano.blogspot.com/2017/07/aun-insuficiente-cobertura-de-agua-y.html>. [Último acceso: 05 07 2018].
- [48 CPI, Compañía peruana de estudios de mercado y opinión pública, «Perú: Población  
] 2017,» 2017.
- [49 Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos  
] Hídricos, «Monitoreo de la calidad de agua superficial cuenca del río napo. Monitoreo mes de Noviembre 2015,» Lima, 2016.
- [50 B. R. Travesi, «Google Maps - TFM- Río Napo,» [En línea]. Available:  
] [https://drive.google.com/open?id=1bITrsTs4euvKPQ\\_aQFegTaRnKf2AJKA8&usp=sharing](https://drive.google.com/open?id=1bITrsTs4euvKPQ_aQFegTaRnKf2AJKA8&usp=sharing). [Último acceso: 09 07 2018].
- [51 SICNA - Sistema de Información Sobre Comunidades Nativas de la Amazonía  
] Peruana, «<http://www.ibcperu.org/mapas/sicna/>,» [En línea]. Available: IBC Perú.  
] [Último acceso: 09 07 2018].
- [52 Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, SENCICO,  
] «Reglamento Nacional de Edificaciones, Decreto Supermo N° 011-2006-Vivienda,» Lima, 2006.

- [53 Metcalf & Eddy, INC. , Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y ]  
] reutilización, McGraw-Hill, 1995.
- [54 Instituto de la Construcción y Gerencia, ICG, «Reglamento Nacional de ]  
] Edificaciones,» [En línea]. Available:  
] <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>. [Último acceso: 10  
] 07 2018].
- [55 «CIDTA,» [En línea]. Available:  
] [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/CURSO/UNI\\_03/u3c2s](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/CURSO/UNI_03/u3c2s2.htm)  
] 2.htm. [Último acceso: 10 07 2018].
- [56 R. I. De La Juana, Proyectos de plantas de tratamiento de aguas, Bellisco, 2005.  
] ]
- [57 «Depuradoras de aguas,» [En línea]. Available:  
] <http://www.depuradorasdeaguas.es/Tamiz-Estatico-Modelo-975-20>. [Último  
] acceso: 11 07 2018].
- [58 «Hidrometálica,» [En línea]. Available: [http://hidrometalica.com/decantador-por-](http://hidrometalica.com/decantador-por-gravedad/)  
] [gravedad/](http://hidrometalica.com/decantador-por-gravedad/). [Último acceso: 10 07 2018].
- [59 I. M. Garcia, J. R. B. Rodriguez, J. J. S. Rodriguez, B. P. Suarez, J. R. P. Bocado y N.  
] ] S. Martin, «Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños  
] núcleos de población,» Daute Diseño, 2006.
- [60 «Sistemas de depuración natural,» [En línea]. Available:  
] <http://depuranatura.blogspot.com/2011/05/filtros-verdes-la-tecnologia-de.html>.  
] [Último acceso: 24 07 2018].
- [61 B. L. *Curso de dimensionado de estaciones de tratamiento de agua residual,*  
] ] Valladolid: Universidad de Valladolid, 2016.
- [62 «Agua y medioambiente,» [En línea]. Available: [http://agua-](http://agua-medioambiente.blogspot.com/2011/12/tanque-imhoff.html)  
] [medioambiente.blogspot.com/2011/12/tanque-imhoff.html](http://agua-medioambiente.blogspot.com/2011/12/tanque-imhoff.html). [Último acceso: 25  
] 07 2018].
- [63 «Tratamiento del agua,» [En línea]. Available:  
] <http://www.tratamientodelagua.com.mx/que-es-un-tanque-imhoff/>. [Último  
] acceso: 25 07 2018].
- [64 Organización Panamericana de la Salud, «Guía para el diseño de tanques sépticos,  
] ] tanques Imhoff y lagunas de estabilización,» Lima, 2005.
- [65 Fundación Humedales, «Filtros verdes. Agua limpia para Colombia,» Bogotá, 2016.  
] ]

- [66 «CABI,» [En línea]. Available: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/8119>. [Último acceso: 26 07 2018].
- [67 «Generación verde,» [En línea]. Available: <https://generacionverde.com/blog/paleta-vegetal/cuales-son-los-helechos/>. [Último acceso: 26 07 2018].
- [68 «Informaciones agronómicas,» [En línea]. Available: <https://agronoticias2012.blogspot.com/search?updated-max=2016-07-02T16:57:00-07:00&max-results=15&reverse-paginate=true>. [Último acceso: 26 07 2018].
- [69 C. V. Nuevo, *Aplicación de tecnologías blandas a la depuración de aguas residuales. Dimensionamiento para la población de Huerta (Salamanca)*, Valladolid, 2017.
- [70 «Windaïd Org,» [En línea]. Available: <https://www.windaïd.org/wp-content/uploads/2014/10/P1010847.jpg>. [Último acceso: 12 08 2018].
- [71 Sistemas hidroneumáticos C.A., «Manual de procedimiento para el cálculo y selección de sistemas de bombeo».
- [72 «Solar electricity handbook,» [En línea]. Available: <http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html>. [Último acceso: 05 08 2018].
- [73 Grupo Elektra - Departamento Renovables, «Hora Solar Pico (HSP)».
- [74 «Weather Spark,» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/24250/Clima-promedio-en-Iquitos-Perú-durante-todo-el-año>. [Último acceso: 05 08 2018].
- [75 G. H. L. H. y J. B. , «Economic and health effects of increasing coverage of low cost household drinking-water supply and sanitation interventions to countries off-track to meet MDG target 10,» Geneva, 2007.
- [76 E. Z. Mendez, «Economía del agua. Conceptos y aplicaciones para una mejor gestión,» Lima, 2014.
- [77 OMS , «OMS - Esquistosomiasis,» [En línea]. Available: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/schistosomiasis>. [Último acceso: 08 08 2018].
- [78 HLPE - Grupo de alto nivel de expertos, «Contribución del agua a la seguridad alimentaria y la nutrición,» Roma, 2015.

[79 «SIRE - Energía inteligente,» [En línea]. Available:  
] <http://respaldodeenergia.com/energia-renovable/?v=04c19fa1e772>. [Último  
acceso: 08 08 2018].

[80 «Río Tocantis - Wikipedia,» [En línea]. Available:  
] [https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo\\_Tocantins](https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Tocantins). [Último acceso: 27 05 2018].

[81 «Diseño de la obra de llegada de una EDAR,» p. 10.  
]

[82 Gobierno de la República del Perú, «Norma OS.090 Plantas de tratamiento de  
] aguas residuales,» [En línea]. Available:  
[https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/OS.090.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf). [Último acceso: 25 07 2018].



# ANEXOS

## **10 ANEXOS**

### **10.1 Anexo I: Dimensionamiento del sistema fotovoltaico**



## Módulo fotovoltaico compacto para pequeños consumos

### ➔ A-5 J / A-10 J

#### FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA

Este módulo utiliza materiales de última generación desarrollados por la industria fotovoltaica. Según su potencia se presenta en una configuración específica de células enseriadas, lo que permite suministrar la tensión ideal para sistemas de 12VCC, de pequeño consumo.

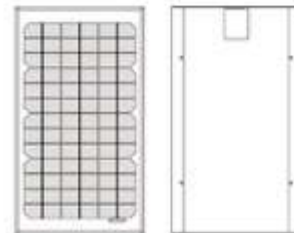
La aplicación típica a la cual van destinados estos módulos es la recarga de baterías, las cuales alimentan equipos electrónicos de pequeña potencia que, por sus características, estén ubicados en zonas alejadas de núcleos urbanos; como postes de socorro, indicadores luminosos, pequeñas balizas... Se dispone así de una fuente de energía limpia, dada su mínima polución química y nula contaminación acústica.

#### MATERIALES

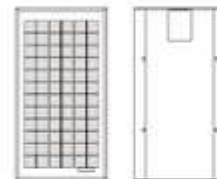
Estos módulos están fabricados con materiales de alta calidad que han sido sometidos a numerosos ensayos, para garantizar un rendimiento óptimo.

Cada módulo está formado por un cristal con alto nivel de transmisividad. Cuenta con uno de los mejores encapsulantes utilizados en la fabricación de los módulos: el etil-vinilo-acetato modificado (EVA). La cara posterior del módulo consta de varias capas, cada una con una función específica, ya sea adhesión, aislamiento eléctrico, o aislamiento frente a las inclemencias meteorológicas. Dispone además de un marco de aluminio anodizado para conferir rigidez al conjunto.

El módulo posee una caja de conexiones para uso en el exterior, muy versátil, la cual permite el conexionado bien por soldadura o bien mediante terminales de horquilla. La entrada a la caja de conexiones se debe realizar con una manguera de 2 cables. El diámetro exterior máximo admitido de la manguera es de 9mm.



A-10



A-5

NOTA: El formato de células enseriadas puede estar sujeto a cambios.

Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte: [www.atersa.com](http://www.atersa.com)

Características eléctricas BSC: 1kW/m<sup>2</sup>, 25°C±2°C y AM 1.5\*

	A-5 J	A-10 J
Potencia Nominal (-5%/+10%)	5 W	10 W
Eficiencia del módulo	8,50%	7,70%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	0,29 A	0,61 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	17,50 V	16,50 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	0,31 A	0,67 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	21,00 V	21,20 V

Características físicas

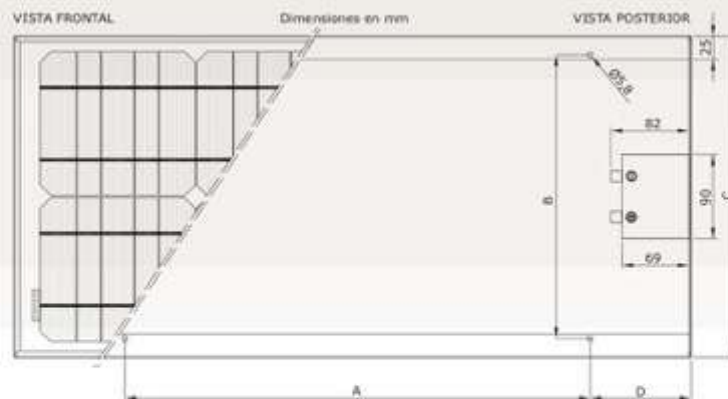
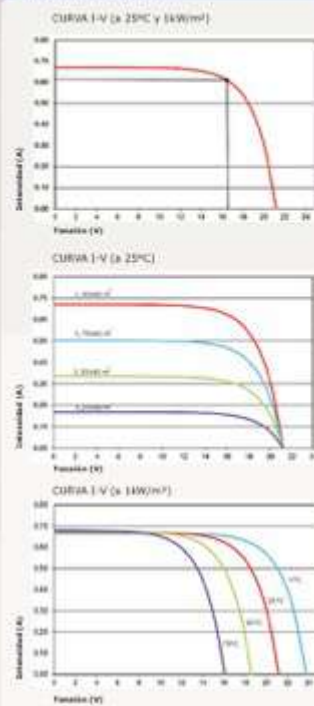
Dimensiones (mm ± 2mm)	300x196x25	480x273x25
A (mm)	185	264
B (mm)	158	233
C (mm)	195	273
D (mm)	57,5	108
Peso (kg)	1,0	1,8
Área (m <sup>2</sup> )	0,06	0,13
Tipo de célula	Polisilicio	
Células en serie	36	39
Marco	Aluminio anodizado	
Caja de conexiones	Pc5	
Cables	-	
Conectores	-	
Código ATERSA	1008042	1008021

Rango de funcionamiento

Máxima Tensión del Sistema	600 V
Protección	CLAS II

\* Especificaciones eléctricas medidas en STC, NOCT: 49±2°C

Curvas modelo A-10 J



\*NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificaciones sin previo aviso.

www.atera.com • atera@electron.com  
Madrid 915 178 452 • Valencia 902 545 111

Modelo: 210417  
361: Mod-A10J  
© Atera SL 2012



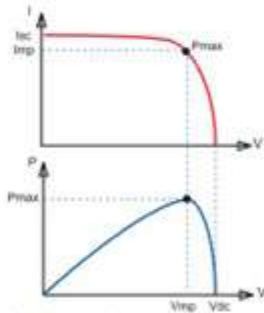
**Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV**  
MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

www.victronenergy.com



Controlador de carga solar  
MPPT 150/100-Tr

Controlador de carga solar  
MPPT 150/100-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

**Curva superior:**  
Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).  
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

**Curva inferior:**  
Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.  
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en Inglés)  
Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

**Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial**  
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

**Excepcional eficiencia de conversión**  
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

**Algoritmo de carga flexible**  
Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

**Amplia protección electrónica**  
Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.  
Protección de corriente inversa FV.

**Sensor de temperatura interna**  
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

**Opciones de datos en pantalla en tiempo real**  
- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android - consulte "Mochila inteligente de conexión VEDirect a Bluetooth"  
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 48 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V, 1 solo	850W	960W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V, 1 solo	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V, 1 solo	2600W	3440W	4000W	4800W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima (V 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máxima absoluta en los condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "situación"	Valores predeterminados: 14,8 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable en 6 etapas				
Compensación de temperatura	-18 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-10 a +60°C (eficiencia nominal asegurada hasta los 40°C)				
Humedad	98%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VEDirect (señala el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
<b>CARCASA</b>					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 2)	35 mm <sup>2</sup> AWG2 (modelos Tr) Duo conjuntos de conectores MC4/MC4 (modelos de hasta 150/70) Dos conjuntos de conectores MCA/MCA (modelos 150/85 y 150/100)				
Área de batería	35 mm <sup>2</sup> / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos, IP22 (área de conexión))				
Peso	3kg		4,5kg		
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 188 x 250 x 95mm Modelos MCA: 215 x 250 x 95mm		Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MCA: 246 x 295 x 103mm		
<b>ESTÁNDARES</b>					
Seguridad	EN/IEC 62108-1, UL 7747, CSA C22.2				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alta dañará el controlador. 3) Modelos MCA: se podrán necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Corriente máxima por conector MCA: 30A. Los conectores MCA están conectados en paralelo a un regulador MPPT.					

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
General phone: +31 (0)36 535 9700 | Fax: +31 (0)36 535 9740  
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com

## UFTG115-12T

12V 115AH  
Front Terminal

**Ultracell®**

### UFTG115-12T



### Physical Specification

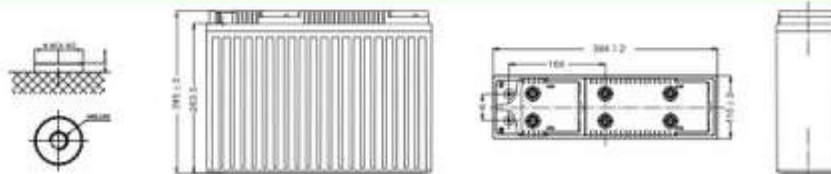
Part Number	UFTG115-12T
Length	394 ± 2 mm
Width	110 ± 2 mm
Container Height	285 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	285 ± 2 mm
Approx Weight	35.0 kg

### Specifications

	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (100HR)	115.0AH
<b>Terminal Type</b>	Standard Terminal	F6
<b>Container Material</b>	Standard Option	ABS
<b>Rated Capacity</b>	20hr, 1.80V/cell, 25°C	98.0 AH/4.80A
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	90.0 AH/9.0A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	79.2 AH/15.84A
	3hr, 1.75V/cell, 25°C	69.0 AH/23.0A
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	52.2 AH/52.2A
<b>Max Discharge Current</b>	860A (5s)	
<b>Internal Resistance</b>	Approx 5.5m Ω	
<b>Discharge Characteristics</b>	Operating Temp. Range:	Discharge: -20°C~55°C
		Charge: 0°C~40°C
		Storage: -20°C~50°C
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C
	Cycle Use:	Initial Charging Current less than 24A, Voltage 14.4V ~ 15V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use:	No limit on Initial Charging Current, Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C Temp. Coefficient -20mV/°C
Capacity affect by Temperature	40°C	103%
	25°C	100%
	0°C	88%
<b>Design Floating Life at 20°C</b>	12+ Years	
<b>Self Discharge</b>	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

### Dimensions

#### F6 Terminal



**UFTG115-12T**  
12V 115AH  
Front Terminal

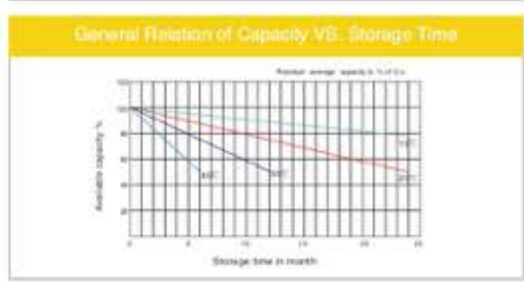
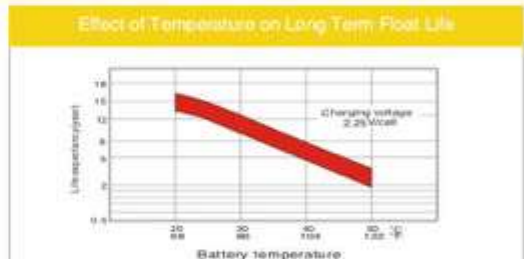
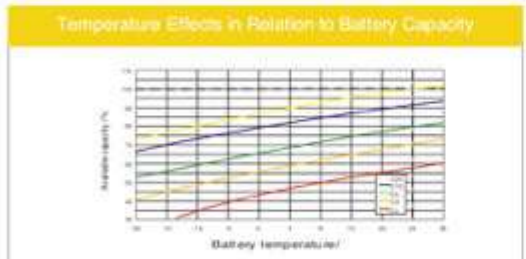
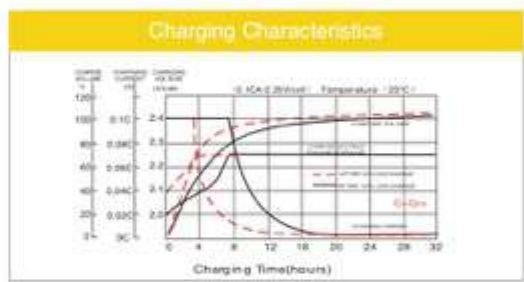
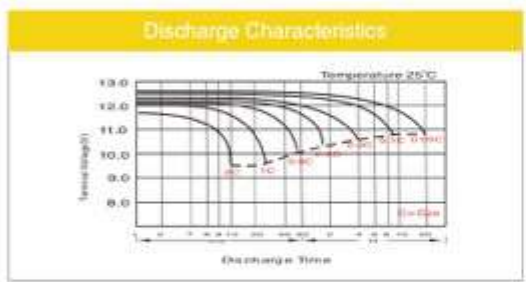


**Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C**

F.VI Time	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	20h
1.85V/cell	75.6	59.4	45.3	37.9	26.6	20.3	16.8	14.5	12.5	11.1	10.0	9.11	8.62	4.61
1.80V/cell	86.6	66.3	49.9	41.8	28.8	21.7	17.8	15.2	13.1	11.6	10.4	9.58	9.00	4.80
1.75V/cell	97.3	72.9	54.0	44.8	30.5	23.0	18.7	15.84	13.6	12.0	10.8	9.87	9.18	4.90
1.70V/cell	104.9	78.1	57.3	47.4	32.4	23.9	19.3	16.3	14.0	12.4	11.1	10.1	9.39	4.96
1.67V/cell	109.1	81.2	59.4	49.2	33.2	24.7	19.8	16.7	14.3	12.6	11.3	10.3	9.50	5.01
1.60V/cell	118.3	86.9	63.8	52.2	34.6	25.7	20.5	17.2	14.6	12.8	11.5	10.5	9.69	5.08

**Constant Power Discharge (Watts) at 25°C**

F.VI Time	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	20h
1.85V/cell	144.7	114.4	87.8	73.8	52.0	39.8	33.1	28.6	24.7	22.0	19.8	18.2	17.2	9.20
1.80V/cell	163.6	126.6	95.9	81.0	56.0	42.5	34.9	30.0	25.9	22.9	20.7	19.0	17.9	9.57
1.75V/cell	181.8	137.7	102.8	86.3	59.2	44.7	36.4	31.0	26.7	23.7	21.3	19.6	18.2	9.75
1.70V/cell	193.8	145.5	108.8	91.0	62.5	46.5	37.6	31.9	27.6	24.4	21.9	20.1	18.7	9.86
1.67V/cell	199.4	150.2	111.6	93.7	63.8	47.7	38.4	32.5	28.0	24.7	22.2	20.3	18.8	9.95
1.60V/cell	213.7	159.7	119.2	98.9	66.0	49.4	39.7	33.4	28.5	25.1	22.6	20.7	19.2	10.1



**NP SERIES - NP18-12**

**Lead Calcium Grids**

The heavy duty lead calcium alloy grids provide an extra margin of performance and life in both cyclic and float applications and give unparalleled recovery from deep discharge.

**Long Cycle Service Life**

Depending upon the average depth of discharge, over a thousand discharge/charge cycles can be expected.

**Float Service Life**

The expected service life is five years in float standby applications.

**Separators**

The use of the special separator material provides a very efficient insulation between plates preventing inter-plate short circuits and prohibiting the shedding of active materials.

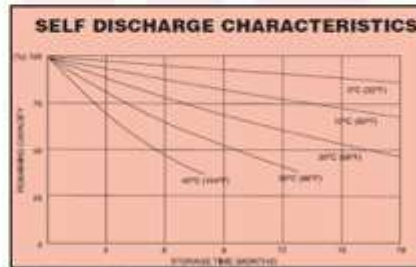
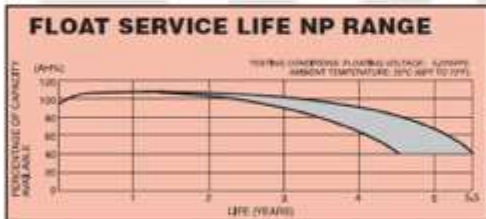
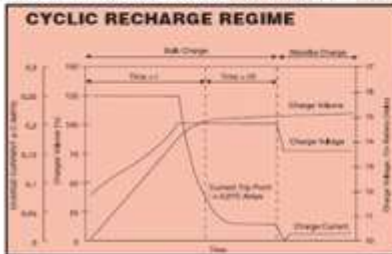
**Long shelf Life**

The extremely low self discharge rate allows the battery to be stored for extended periods up to one year at normal ambient temperatures with no permanent loss of capacity.

**Operating Temperature Range**

The batteries can be used over a broad temperature range permitting considerable flexibility in system design and location.

- Charge - 15°C to 50°C
- Discharge - 20°C to 60°C
- Storage - 20°C to 50°C (fully charged battery)



Yuasa Battery Inc.  
2901 Montrose Ave  
Laureldale, PA 19605  
www.yuasabatteries.com

Registered number 1548820

Cat. No. NP7-12 January 08

Distributed by:





## PIP-HSE/MSE SERIES Off-Grid Solar Inverter



### MAIN FEATURES

- NEW! 1.6KW—4KW available
- Special revised for OEM volume markets
- Lighter in weight, more integrated design
- Equalization charging available
- Increased DC limit up to 33V/63V
- Increased bulk/float voltage up to 31.5V/61V
- Fuse implementation against battery reverse polarity
- High frequency pure sine wave design
- PWM & MPPT models available
- Suitable for Off-Grid or with Grid
- Programmable parameters
- Max up to 60A utility charging
- Adjustable charging voltage
- Wide AC input range
- Lightweight, easy to install
- 2X surge capacity max 5s
- FREE monitoring software
- LCD Display + LED indicators
- USB communication interface

sales@mppsolar.com | www.mppsolar.com



HIGH DC VOLT 33V/63V



EQUALIZATION CHARGING



FUSE PROTECTION (DC REVERSE POLARITY)



COMPACT DESIGN

PIP-HSE/MSE	1624HSE	2424HSE	2424MSE	3424M5SE	4048HSE	4048MSE
<b>ELECTRICAL SPECIFICATION</b>						
Continuous Output	1600W	2400W	2400W	2400W	4000W	4000W
Surge Rating	2X					
Input Power Factor	0.8					
Input Voltage Range	90~280VAC (Appliance mode), 170~280VAC (UPS mode)					
Input/Output Frequency	50Hz / 60Hz					
Output Voltage	230VAC±5%					
Output Waveform	Pure Sine Wave					
Output Short Circuit	Circuit Breaker					
Peak Efficiency	93%					
Nominal DC Voltage	24V		48V			
Max DC Input	32V		63V			
Transfer Time	<10ms (UPS mode), <20ms (Appliance mode)					
Charging Mode	3-stage					
Max AC Charging Current	20A	25A	60A	60A	60A	60A
Equalization Charge	Yes (max 31.5V@24V, 61V@48V)					
No Load consumption	<25W		<55W			
<b>SOLAR CHARGER SPECIFICATIONS</b>						
Charging Algorithm	PWM	PWM	MPPT	MPPT	PWM	MPPT
Max Charging Current	50A	50A	40A	60A	50A	60A
Max PV Input Voc	75V	75V	100V	145V	105V	145V
MPPT Range	—		30 ~ 80V	30 ~ 115V	—	
<b>ENVIRONMENTAL / MECHANICAL SPECIFICATIONS</b>						
Certification	CE					
Operating/Storage Temp.	0°C ~ 55°C / -15°C ~ 60°C					
Operating Humidity	20~90%RH Non-Condensing					
Dimension	320*225*88mm	330*285*90mm	400*300*100mm			
Net Weight	5.8kg	6.5kg	11kg	11kg	11kg	13kg

PIP Solar Inc. reserves the right to change product specification without notice. PIP Solar is a registered trademark.

**MPP Solar**  
Buying Solar should be this easy





