



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Mecánica

# **CAPTACIÓN DE AGUA EN UNA COMUNIDAD DEL AMAZONAS PERUANO**

Autor: Laura Laguía García

Directores: Maria del Mar Cledera Castro,

Andrés González García

Madrid

Mayo 2018





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

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

El autor D. Laura Laguía García

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Captación de agua en una Comunidad del amazonas peruano, 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) Reproducirla 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 02 de Julio de 2018

**ACEPTA**

Fdo Laura Lagúa García

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 ....

Captación de agua en una Comunidad del amazonas peruano ...

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.: Laura Laguía García. Fecha 02/07/2018



Autorizada la entrega del proyecto

LOS DIRECTORES DE PROYECTO



FDO.: María del Mar Cledera Castro. Fecha 2/07/2018



Andrés González García. Fecha 2/07/2018







ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Mecánica

# **CAPTACIÓN DE AGUA EN UNA COMUNIDAD DEL AMAZONAS PERUANO**

Autor: Laura Laguía García

Directores: Maria del Mar Cledera Castro,

Andrés González García

Madrid

Mayo 2018



# CAPTACIÓN DE AGUA EN UNA COMUNIDAD DEL AMAZONAS PERUANO

**Autor: Laguía García, Laura**

Directora: Cledera Castro, María del Mar,

Director: González García, Andrés

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

El objetivo de este proyecto es abastecer de agua potable a la Comunidad nativa de Villa Gonzalo, pertenecientes a la etnia Wampis, aislada en la Amazonía peruana. En las inmediaciones de la comunidad, también llamada “Tierra de Cinco Ríos”, fluyen los ríos Marañón, Chiriaco, Cenepa, Nieva y Santiago, de los cuales derivan numerosas quebradas y riachuelos. Allí se encuentra una flora y fauna característica de la Amazonía.

Sin embargo, todas las fuentes de agua están contaminadas por bacterias fecales y otras fuentes como petróleo, minería, etc. Como solución, planteada a corto plazo, se ha propuesto la construcción de sistemas de captación de agua pluvial. Los sistemas de captación están compuestos por un techo inclinado, que constituye la superficie de captación, sobre la que se recoge el agua de lluvia a través de unas canaletas, y tubos que almacenan el agua en un tanque de 2500 litros.

Villa Gonzalo está constituida por una población de 850 personas, cuya salud se ve alterada por el consumo de agua contaminada. La comunidad, organizada por familias, tendrá acceso diario a una cantidad de agua concreta, dependiendo de la época del año, dado que hay dos periodos principales, la época de lluvia, de noviembre a abril, y la temporada seca de mayo a octubre.



*Ilustración 1 - Mapa de Perú, localización de Villa Gonzalo*

Fuente: <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?useExisting=1>

Los elementos principales a tener en cuenta para contextualizar el proyecto se encuentran el apartado 2 *Estado del arte*.

Se abordan tanto la problemática existente en la comunidad, algunos datos acerca de la contaminación en el Amazonas, las distintas propuestas para dar solución de ausencia de agua potable, así como el derecho inherente que tiene el ser humano al acceso de agua potable y saneamiento.

En el documento se describe de forma detallada todos los elementos que componen el sistema de captación de agua de lluvia que se desea instalar en la comunidad de Villa Gonzalo, así como un desarrollo de todo el proceso de cálculo que se ha seguido para dimensionar los sistemas de captación, en función de la población que hay que abastecer, y el compromiso económico que conlleva, ya que es limitado.

En la Ilustración 2 se ve un esquema del sistema de captación de agua de lluvia que se va a implantar.



*Ilustración 2 - Croquis del sistema de captación de agua de lluvia que se va a implantar*

*Fuente : FICAI*

Para llevar a cabo la puesta en marcha de los sistemas, ha sido necesaria la obtención de fuentes de financiación. El correcto uso de los sistemas se recoge en el apartado 6 *Operación y Mantenimiento*, así como aspectos más técnicos para mantener debidamente cada elemento.

Se ha realizado un análisis de la sostenibilidad del proyecto, introduciendo brevemente los conceptos principales, y abordando el impacto que tiene en cada uno de los capitales económico, natural, social y humano. También se incluye algunas propuestas para mejorar la sostenibilidad de Villa Gonzalo aún después de ser instalados los sistemas de captación. Se incluye también una breve descripción de los impactos que tendrá la implantación de los sistemas de captación, desde el punto de vista visual y de saneamiento.

## RAIN HARVESTING IN A PERUAN COMUNITY

**Author: Laguía García, Laura**

Director: Cledera Castro, María del Mar,

Director: González García, Andrés

Collaborating Entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

The objective of this project is to supply drinking water to the native community of Villa Gonzalo, belonging to the ethnic Wampis, isolated in the Peruvian Amazon. The community, also Called "Land of five Rivers", is surrounded by the rivers Marañon, Chiriaco, Cenepa, Nieva and river Santiago from which many streams and creeks derive. There you will find flora and fauna characteristic of the Amazonia. However, all water sources are contaminated by fecal bacteria and other sources like petrol and mining among others. As a solution, proposed in a short term, it has been proposed the construction of rainwater water harvesting systems (RWHS). The RWHS is integrated by a sloped roof, which is the catchment surface, on which rainwater is collected through gutters, and tubes that store water in a tank of 2500 liters.

Villa Gonzalo is inhabited by a population of 850 people, whose health is altered by the consumption of contaminated water. The community, organized by families, will have daily access to a concrete amount of water, depending on the time of year, given that there are two main periods, the rainy season, from November to April, and from May to October.



*Ilustración 3 - Map of Peru and location of Villa Gonzalo*

Source: <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?useExisting=1>

The main elements to be taken into account in order to contextualize the project are included in section 2 *Estado del arte*.

It addresses both the problems that exist in the community, some information about pollution in the Amazon, the different proposals to provide solutions for the absence of drinking water, as well as the inherent right that human beings have to access drinking water and Sanitation.

In the document we find a detailed description of all the elements that compose the system of catching rainwater that will be installed in the community of Villa Gonzalo, as well as the development that has been followed to size the RWHS, according to the population that is to be supplied, and the economic commitment that implies, because it is limited.

In Ilustración 4 one can see a sketch o the rain wáter harvesting system that will be implemented.



*Ilustración 4 - Sketch of the rain water harvesting system*

*Source: FICAI*

To carry out the implementation of the systems, it was necessary to obtain funding sources. The correct use of the systems is included in *section 6 Operation and Maintenance*, as well as more technical aspects to maintain each element properly.

An analysis of the sustainability of the project has been made, including a brief introduction of the main concepts, and addressing the impact the project has on each of the economic, natural, social and human capital. It also includes some proposals to improve the sustainability of Villa Gonzalo even after the set-up of the harvesting system. It also includes a brief description of the impacts that the implementation of harvesting system will have, from the visual and the sanitation point of view.



# MEMORIA DESCRIPTIVA

## Índice

CAPTACIÓN DE AGUA EN UNA ALDEA DE PERÚ .....	12
RAIN HARVESTING IN A PERUAN COMUNITY .....	15
<b>MEMORIA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>19</b>
<b>Índice .....</b>	<b>19</b>
<b>Índice de ilustraciones .....</b>	<b>25</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>28</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>1.1 Motivación del proyecto .....</b>	<b>31</b>
<b>1.2 Objetivos del proyecto .....</b>	<b>31</b>
<b>1.3 Comunidad de Villa Gonzalo.....</b>	<b>32</b>
<b>1.4 Contexto del proyecto .....</b>	<b>34</b>
1.4.1 Experiencia previa de sistemas de captación en Villa Gonzalo .....	35
1.4.2 Solicitud de construcción de sistema de agua potable y saneamiento básico	
37	
<b>2 Estado del arte .....</b>	<b>40</b>
<b>2.1 Problemática inicial .....</b>	<b>40</b>
<b>2.2 A qué nos enfrentamos .....</b>	<b>42</b>
<b>2.3 Contaminación de la selva Amazónica.....</b>	<b>42</b>
<b>2.4 Propuestas.....</b>	<b>43</b>

2.4.1	Fosa séptica.....	44
2.4.2	Extracción de agua de río no contaminado.....	44
2.4.3	Uso de moringa para clarificar el agua del río.....	45
2.4.4	Sistemas de captación de agua de lluvia (Rain Water Harvesting System RWHS) 46	
2.4.5	Sistema escogido .....	46
<b>2.5</b>	<b>Ventajas e inconvenientes del sistema de captación de agua de lluvia.....</b>	<b>47</b>
<b>2.6</b>	<b>Objetivo de Desarrollo Sostenible 6: Agua limpia y Saneamiento .....</b>	<b>48</b>
<b>2.7</b>	<b>El agua como derecho .....</b>	<b>51</b>
<b>3</b>	<b>Memoria descriptiva .....</b>	<b>54</b>
<b>3.1</b>	<b>Datos de lluvias.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2</b>	<b>Dimensionamiento del RWHS .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3</b>	<b>Descripción de los componentes del sistema de captación .....</b>	<b>57</b>
<b>3.4</b>	<b>Elementos del sistema .....</b>	<b>59</b>
3.4.1	Techo .....	59
3.4.2	Vigas.....	61
3.4.3	Tanque .....	61
3.4.4	Elementos de conexionado .....	62
3.4.5	Filtro de gruesos .....	64
3.4.6	Tratamiento del agua: Desinfección .....	65
<b>3.5</b>	<b>Lista de materiales y dimensiones .....</b>	<b>69</b>

<b>4</b>	<b>Financiación</b> .....	<b>71</b>
4.1	Fundación Accenture.....	71
4.2	AUARA.....	72
4.3	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. FIAS.....	73
4.4	Castillo de Canena.....	74
4.5	Otras fuentes de financiación.....	74
<b>5</b>	<b>Puesta en marcha</b> .....	<b>77</b>
5.1	Dirección de obra.....	77
5.1.1	Compra de elementos.....	77
5.1.2	Logística local de transporte.....	77
5.1.3	Construcción.....	78
5.1.4	Viaje al terreno por dos integrantes del proyecto.....	78
5.2	Modelo de gestión.....	78
5.2.1	Formación a la población.....	78
5.2.2	Distribución de agua captada.....	80
<b>6</b>	<b>Operación y Mantenimiento</b> .....	<b>83</b>
6.1	Mantenimiento del sistema por cada elemento.....	83
6.1.1	Techos.....	83
6.1.2	Canaletas.....	83
6.1.3	Filtros.....	84
6.1.4	Tanques.....	84

<b>6.2</b>	<b>Operaciones de mantenimiento periódico .....</b>	<b>85</b>
<b>6.3</b>	<b>Consumibles .....</b>	<b>87</b>
6.3.1	Cloro .....	87
6.3.2	Carbón activo.....	87
<b>6.4</b>	<b>Vida útil .....</b>	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>Sostenibilidad.....</b>	<b>89</b>
<b>7.1</b>	<b>Introducción básica de sostenibilidad .....</b>	<b>89</b>
7.1.1	Definición .....	89
7.1.2	¿Qué queremos sostener? y ¿para quién? .....	90
7.1.3	Sostenibilidad fuerte vs. débil .....	91
7.1.4	Distribución justa.....	92
7.1.5	Propuesta de síntesis.....	93
<b>7.2</b>	<b>Caso de estudio .....</b>	<b>93</b>
<b>7.3</b>	<b>Análisis de Sostenibilidad.....</b>	<b>93</b>
7.3.1	Variación de capitales.....	93
7.3.2	Cercanía a límites críticos.....	103
7.3.3	Distribución intrageneracional .....	104
<b>7.4</b>	<b>Propuestas para mejorar la sostenibilidad .....</b>	<b>105</b>
7.4.1	Instalación de fosas sépticas .....	106
7.4.2	Concienciación de la sociedad.....	108
<b>8</b>	<b>Impacto del proyecto.....</b>	<b>109</b>

<b>8.1</b>	<b>Visual.....</b>	<b>109</b>
<b>8.2</b>	<b>Saneamiento.....</b>	<b>109</b>
8.2.1	Introducción.....	109
8.2.2	Saneamiento y salud.....	110
8.2.3	Beneficios de la mejora del saneamiento .....	111
<b>9</b>	<b>Cálculos .....</b>	<b>113</b>
<b>9.1</b>	<b>Datos de partida .....</b>	<b>113</b>
9.1.1	Personas .....	113
9.1.2	Lluvias .....	113
<b>9.2</b>	<b>Dimensionamiento.....</b>	<b>113</b>
9.2.1	Techo .....	114
9.2.2	Vigas.....	117
9.2.3	Número de sistemas a construir.....	120
9.2.4	Tanque .....	121
<b>9.3</b>	<b>Resultado obtenido .....</b>	<b>125</b>
<b>10</b>	<b>Presupuestos .....</b>	<b>127</b>
<b>11</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo I</b>	<b>Solicitud de información de la comunidad de Villa Gonzalo al Gobierno Regional</b>	<b>129</b>
<b>Anexo II</b>	<b>El derecho humano al agua.....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo III</b>	<b>Ficha técnica filtro de gruesos .....</b>	<b>131</b>

<b>Anexo IV</b>	<b>Certificado donación Castillo de Canena .....</b>	<b>133</b>
<b>Anexo V</b>	<b>Organización de la Comunidad para la instalación de 16 tanques</b>	<b>134</b>
<b>Anexo VI</b>	<b>Comunicado con el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento Peruano para financiación. ....</b>	<b>135</b>
<b>Anexo VII</b>	<b>Acta de acuerdo de la implantación de las fuentes en la Comunidad (24 de abril de 2018).....</b>	<b>136</b>
<b>Anexo VIII</b>	<b>Presupuesto de compra elementos del sistema de captación.....</b>	<b>137</b>
<b>12</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>142</b>

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - Mapa de Perú, localización de Villa Gonzalo .....	13
Ilustración 2 - Map of Peru and location of Villa Gonzalo .....	16
Ilustración 3 - Mapa de la región del Amazonas (a la izquierda) y la provincia de Condorquanqui (Derecha) .....	32
Ilustración 4 - Localización de la comunidad de Villa Gonzalo (punto naranja) en el distrito del Río Santiago .....	33
Ilustración 5 - Sistema de captación de agua de lluvia instalado en Villa Gonzalo .....	36
Ilustración 6 - Depósito instalado en el centro de salud de Villa Gonzalo.....	37
Ilustración 7- Metas de suministro de agua potable Ministerio Peruano .....	40
Ilustración 8 - Situación actual sobre las obras de agua y saneamiento en Perú.....	41
Ilustración 9 - 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	49
Ilustración 10 – ODS-6 Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.....	49
Ilustración 11 - Interrelaciones causales entre objetivos y metas con miras al año 2030 .....	51
Ilustración 12 - Gráfico de los datos de lluvia de la región de estudio.....	56
Ilustración 13- Croquis sistema de captación a implementar .....	57
Ilustración 14 - Diagrama de paso del agua por el sistema de captación .....	58
Ilustración 15 - Croquis del sistema de captación de agua de lluvias .....	59
Ilustración 16- Plancha de calamina galvanizada.....	60

Ilustración 17 - Tanque de polietileno Rotoplas.....	62
Ilustración 18- Conexiones canalón- tubería y el divisor de primeras aguas .....	63
Ilustración 19- Divisor de primeras aguas (Anon., s.f.) .....	64
Ilustración 20- Filtro de gruesos y colocación en la viga (Anon., s.f.).....	65
Ilustración 21- Cesta y pastillas de cloro.....	66
Ilustración 22- Introducción de carbón activo en la carcasa "big blue" (Corley, 2017). 67	
Ilustración 23- Instalación del filtro de carbón activo (Corley, 2017) .....	67
Ilustración 24- Filtro de carbón activo 10" big blue.....	68
Ilustración 25 - Asignación de los distintos tamaños de viga en la estructura .....	70
Ilustración 26-Logo Fundación Accenture .....	71
Ilustración 27- Logo Auara.....	72
Ilustración 28- Logo Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento .....	73
Ilustración 29- Logo Castillo de Canena .....	74
Ilustración 30 - Donación de particulares al proyecto de los Wampis .....	75
Ilustración 31 - Flyer de la fiesta benéfica del máster en energías renovables. ....	76
Ilustración 32- Reunión de la comunidad de Villa Gonzalo .....	80
Ilustración 33 - Situación de las fuentes en la Comunidad.....	80
Ilustración 34 - Cantidad de agua a repartir por familia.....	81
Ilustración 35- Pirámide de Maslow (1943): Jerarquía de necesidades .....	91
Ilustración 36 - Río Santiago.....	97

Ilustración 37 - Depósitos instalados en la comunidad. ....	98
Ilustración 38 - Características de un motor fuera borda de 25 CV .....	98
Ilustración 39 - Quebrada de un río, cerca de la Comunidad de Villa Gonzalo.....	101
Ilustración 40 - Esquema fosa séptica. ....	107
Ilustración 41 - Tipos de viga que componen el techo .....	117
Ilustración 42 - Solicitud de información de la comunidad de Villa Gonzalo al Gobierno Regional.....	129
Ilustración 43 - Derecho humano al agua.....	130
Ilustración 44 - Ficha técnica filtro de gruesos (Página 1 de 2) .....	131
Ilustración 45 - Ficha técnica filtro de gruesos (Página 2 de 2) .....	132
Ilustración 46 - Certificado financiación Castillo de Canena.....	133

## Índice de tablas

Tabla 1 - Fuente de datos de la estación Santa María de Nieva .....	54
Tabla 2 - Datos de lluvias en la región de estudio.....	55
Tabla 3- Datos de entrada.....	57
Tabla 4- Lista de materiales y dimensiones.....	69
Tabla 5 - Asignación de colores a los tipos de riesgos que puedan haber en límites planetarios.....	103
Tabla 6 - Número total de beneficiarios en Villa Gonzalo.....	113
Tabla 7 - Datos de lluvia con litros asociados a la capacidad de tanque dimensionado (6 días) .....	113
Tabla 8 - Área de techo necesario( $m^2$ /persona) para diferentes tipos de DRWH y tipo de lluvias.....	114
Tabla 9 - Características del techo en función del material.....	115
Tabla 10 - Diseños comunes del sistema de captación de agua de lluvia .....	116
Tabla 11 - Tamaño de los distintos tipos de viga .....	117
Tabla 12 - Zonas climáticas aproximadas (de A a D) .....	121
Tabla 13 - Tamaño recomendado de tanque en "N" días .....	122
Tabla 14 - Ventajas y desventajas de las distintas colocaciones del tanque.....	124
Tabla 15 - Litros obtenidos al día por persona teniendo en cuenta la acumulación de agua en el tanque a lo largo de los meses.....	125
Tabla 16- Presupuestos del proyecto actualizados Julio 2018 .....	127





# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Motivación del proyecto

La motivación a la hora de realizar este proyecto es abastecer de agua una comunidad con necesidades básicas de salud. Gracias a este proyecto, una Comunidad del Amazonas tendrá acceso a un recurso que se considera de primera necesidad para cualquier especie. A pesar de su importancia, no es evidente que todo el mundo disponga de agua potable, o con la calidad suficiente para no poner en riesgo la salud. El alcance será de una pequeña población indígena de la Amazonía peruana. Se daría respuesta a una gran necesidad, necesidad indispensable para la supervivencia del ser humano. Ayudar está al alcance de muchos, y dado que se disponen los conocimientos para la elaboración del proyecto, solo serán necesarias las ganas e intención, poniendo los conocimientos al servicio de los demás.

## 1.2 Objetivos del proyecto

El objetivo del proyecto es abastecer de agua pluvial a la comunidad de Villa Gonzalo, mediante la construcción de 16 estructuras de captación de agua repartidas por toda la comunidad. De este modo, se frenaría la ingestión de numerosos agentes patógenos que provienen de las fuentes de agua ya existentes, que llegan a través de los ríos de la zona. De este modo se mejorará la salud de los aldeanos.

Para la puesta en marcha del proyecto, habrá que conseguir financiación de cualquier institución o persona que quiera colaborar con el proyecto.

Listado de objetivos concretos que se pretenden alcanzar:

- I. Creación de una fuente de agua no contaminada, de agua pluvial mediante la construcción de conjuntos de captación de agua en la Comunidad de Villa Gonzalo.
- II. Mejora de la salud y el saneamiento de los habitantes de la Comunidad gracias al consumo de este bien necesario e indispensable.
- III. Aumentar el bienestar de la población.
- IV. Concienciación de la importancia de este recurso.
- V. Conseguir la financiación necesaria para la puesta en marcha-

Es una repuesta planteada a corto plazo. El objetivo es una puesta en marcha durante el año 2018. Se instalarán los sistemas de captación de agua de lluvia suficientes para abastecer de agua potable a toda la comunidad.

### 1.3 Comunidad de Villa Gonzalo

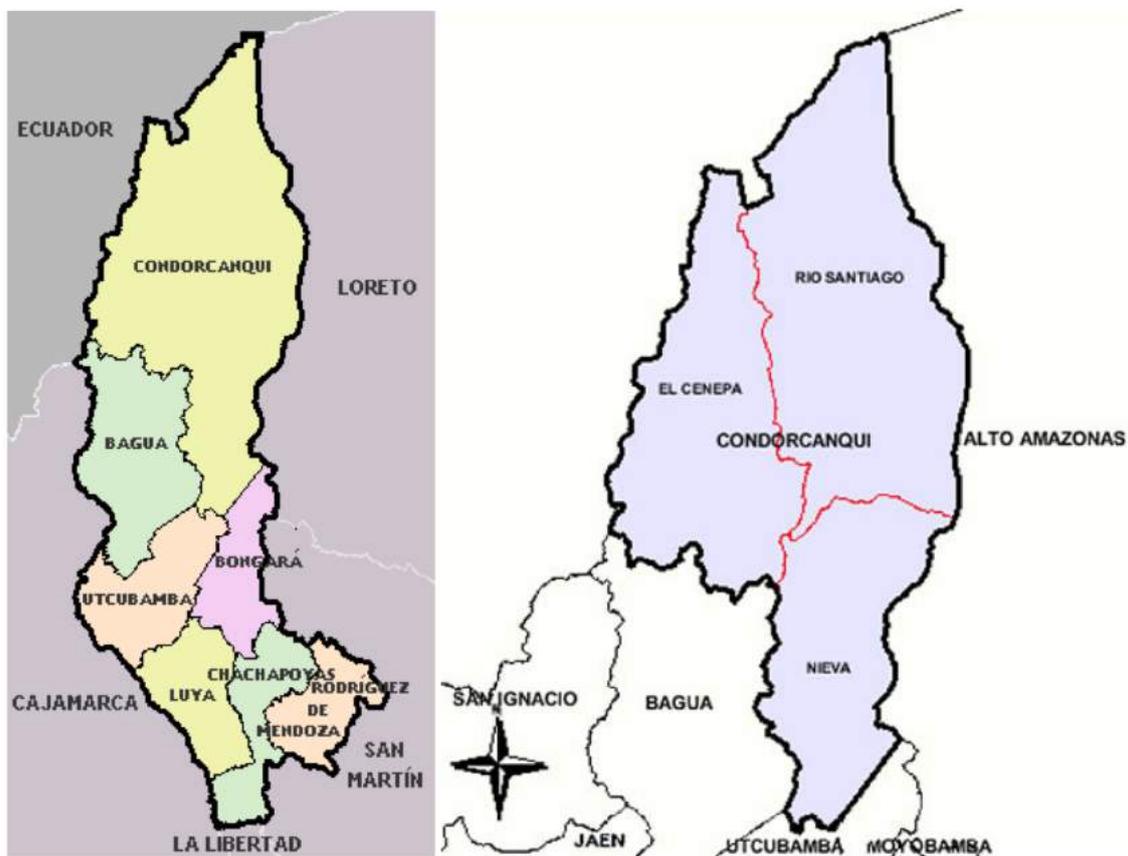


Ilustración 5 - Mapa de la región del Amazonas (a la izquierda) y la provincia de Condorcanqui (Derecha)

Fuente (izquierda): [https://es.wikipedia.org/wiki/Conflicto\\_de\\_Bagua](https://es.wikipedia.org/wiki/Conflicto_de_Bagua)

Fuente (derecha): [http://www.perutouristguide.com/translator/01am/translator\\_01co\\_mapa\\_condorcanqui.html](http://www.perutouristguide.com/translator/01am/translator_01co_mapa_condorcanqui.html)



Ilustración 6 - Localización de la comunidad de Villa Gonzalo (punto naranja) en el distrito del Río Santiago

Fuente: <http://noticiaskanus.blogspot.com/2008/11/mapa-distrito-de-rio-santiago-amazonas.html>

La comunidad indígena de Villa Gonzalo se creó el 07 de Septiembre de 1969, fundada por Jesuitas. La población de Villa Gonzalo pertenece a la etnia Wampis que junto a los awajun, son las etnias que habitan en la zona. Pertenecen al grupo etnolingüístico Jibaro.

Está ubicada en el distrito Río Santiago, provincia de Condorcanqui, de la Región Amazonas (ver *Ilustración 5*). Al norte, limita con la frontera de Ecuador, al sur con el distrito de Nieva, al este con el Departamento de Loreto y al oeste con el distrito de El Cenepa.

La población de Villa Gonzalo es aproximadamente de 850 personas, agrupados en 150 familias. Cuenta con centro educativos de Inicial y Primaria de material noble. El clima es predominantemente cálido, con temperaturas altas que pueden oscilar entre 24 y 26 ° C.

Hasta la fecha, el agua que se usa en Villa Gonzalo se recoge de las quebradas de los ríos. Esta agua está contaminada por numerosos motivos que se explicarán más adelante (apartado 2.3). La necesidad de agua en la comunidad es de carácter urgente.

#### 1.4 Contexto del proyecto

El agua es un recurso indispensable para la supervivencia del ser humano. Las personas necesitan hidratarse constantemente, bebiendo al menos un litro y medio de agua potable, para satisfacer las necesidades básicas del organismo. Sin embargo, ¿qué pasa si está contaminada?

A pesar de ser un recurso renovable, las actividades cotidianas del ser humano pueden provocar la contaminación de la misma, con agentes que provienen de las heces humanas, (si estos no son gestionadas debidamente), además de otras fuentes de contaminación provenientes de actividades industriales como la extracción de petróleo o la minería. Determinadas acciones de los individuos pueden contaminar el agua de forma irreversible. Si esto sucede, el agua que llega a la población podría ser nociva, poniendo en riesgo la salud de las personas que la consuman.

En los últimos 25 años, se han realizado numerosos avances para intentar dar servicios de saneamiento mejorados a casi 2000 millones de personas. Sin embargo, en las zonas más pobres, sobre todo en los medios rurales, se acentúa más esta falta de recursos, y necesidad de desarrollo.

Una gran parte de las zonas rurales siguen sin tener acceso a agua potable, utilizando fuentes que no son adecuadas para el consumo, fuentes de agua no potable y en numerosas ocasiones, contaminada. Esta agua contaminada arrastra numerosas bacterias, como por

ejemplo las bacterias coliformes fecales, arrastradas desde comunidades aguas arriba de Villa Gonzalo. Las aguas que llegan por el río Santiago vienen desde Ecuador, atraviesan la frontera y llegan a orillas de La Comunidad. A través de la escorrentía, la lluvia llega a los ríos contaminándolos, llegando al consumo de las aldeas que haya aguas abajo. Al no haber otras fuentes de agua, los aldeanos consumen agua de río, que transporta numerosas infecciones como el cólera, fiebre tifoidea, etc. Los medios y conocimientos disponibles en zonas rurales son escasos, y esto reduce la posibilidad de poder tratar el agua, poniendo en riesgo la salud.

Durante el verano de 2017, dos antiguos alumnos de la Escuela del ICAI, como parte de la Fundación de Ingenieros para el Desarrollo (FICAI), realizaron un viaje a Perú. El Vicariato de San Francisco Javier, solicitó en mayo de 2017 ayuda a la Fundación para mejorar el acceso al agua y saneamiento. Durante el viaje se realizó un diagnóstico y caracterización sobre terreno y los voluntarios fueron testigos de la urgencia de garantizar un servicio mínimo de agua potable para la población. Todas sus fuentes de agua, presentes en forma de ríos y quebradas, están contaminadas, lo que ha provocado y provoca graves brotes de fiebre tifoidea, parásitos, anemia, diarreas... entre otras. Además, el hecho de ser una zona aislada con recursos sanitarios insuficientes agrava el problema.

Para dar respuesta al problema planteado, se ha creado el proyecto de captación de agua, con el fin de abastecer dicha comunidad con agua pluvial.

#### 1.4.1 Experiencia previa de sistemas de captación en Villa Gonzalo

Existen actualmente dos sistemas de captación de agua de lluvia en Villa Gonzalo, uno aislado, similar al que se quiere implantar, y otro vinculado al colegio de educación secundaria que se construyó en 2017.

El primero mencionado, es similar al sistema que se pretende instalar en el presente proyecto. Sin embargo, los elementos básicos que lo constituyen presentan algunos problemas. El techo alberga partículas y materia orgánica que no se evacúa en el momento que las primeras lluvias lo arrastran a depósito. La canaleta abarca tan solo la mitad del

ancho del tejado, por lo que se desperdicia parte del agua que cae. El conexionado de las tuberías se ha deteriorado, por lo que se pierde agua nuevamente. Por último, los depósitos no están debidamente sellados, lo que permite la entrada y proliferación de insectos y bacterias.



*Ilustración 7 - Sistema de captación de agua de lluvia instalado en Villa Gonzalo*

*Fuente Fernando Crespo FICAI*

El otro sistema de captación se encuentra en el colegio de secundaria, fruto del proyecto “Colegio verde para los Wampis”, que consiste en adaptar el colegio de secundaria que se empezó a construir en 2011 a los estándares de un modelo de Colegio verde. Para ello, uno de los principales requisitos es mejorar la calidad, la eficiencia y la conservación del agua. Es por eso que, aprovechando el tejado de la escuela, se ha instalado un depósito, en el que se almacena el agua de lluvia recogido a través de las canaletas y tuberías. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, por falta de mantenimiento, las tuberías se han desencajado, produciendo pérdidas, y un cierre deficiente del sistema inhabilita su uso para una correcta extracción de agua. En la *Ilustración 8* que se muestra a continuación vemos el sistema en cuestión.



*Ilustración 8 - Depósito instalado en el centro de salud de Villa Gonzalo*

*Fuente: Fernando Crespo FICAI*

#### 1.4.2 Solicitud de construcción de sistema de agua potable y saneamiento básico

En Villa Gonzalo se han puesto en marcha varios intentos de solicitud de construcción sistemas de captación de agua. En el año 2009, llegó a la comunidad la empresa PRONASAR (Programa Nacional de Saneamiento Rural), comprometiéndose a instalar sistemas de agua potable, con servicio básico completo, incluso recolectando firmas de cada familia, con declaraciones juradas. Dicho sistema nunca llegó a realizarse.

El 20 de Marzo de 2015, llegó a la Comunidad el ingeniero Álvaro Jesús Romero, como representante del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, informando de la instalación que se iba a realizar de agua potable, para la cual, había que pagar una cuota de 187.70 nuevo soles (48.93€) a la Autoridad Local de Agua. Dicho pago sería para la acreditación y disponibilidad hídrica, la cual hasta el momento no muestra resultado alguno.

El Pamuk de Villa Gonzalo, (jefe de la Comunidad Wampis), ha mandado escritos solicitando la instalación de agua potable y saneamiento básico, en numerosas ocasiones. Dichas solicitudes se incluyen como Anexo I al final del documento.

Después de numerosas promesas de instalación de sistemas que suministren agua potable a la población de Villa Gonzalo, los Wampis no tienen apenas esperanza de que la puesta en marcha de estos sistemas.



## 2 Estado del arte

### 2.1 Problemática inicial

La problemática inicial que hay en Villa Gonzalo es la contaminación de las aguas que llegan al lugar. Pese a la localización privilegiada de la comunidad desde el punto de vista hidrográfico, las aguas del Río Santiago llegan contaminadas desde Ecuador. Las personas, hacen uso del agua del río, con labores tan simples como lavar la ropa, lavarse el cuerpo, hacer las necesidades en el campo, etc. Involuntariamente, contaminan la tierra, y las aguas que llegan al río. Las bacterias fecales que son arrastradas al río cuando llueve, son ingeridas por los consumidores de esta misma agua según va avanzando el río. Es por eso, que desde hace un año hubo un brote de fiebre tifoidea. Al no cumplir unos mínimos de acceso de agua potable diarios que pudiesen frenar o ralentizar esta epidemia; no se cumplirían los derechos humanos, como se desarrollará más adelante.

Debido a esta situación, el gobierno ha puesto medidas para abastecer agua potable a todo el país. Los objetivos con claros, lograr una cobertura de usuarios urbanos en el 2021 y una cobertura universal de beneficiarios rurales en el año 2030.



Ilustración 9- Metas de suministro de agua potable Ministerio Peruano

Fuente: [http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua\\_saneamiento/agua\\_y\\_saneamiento.html](http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/agua_y_saneamiento.html)

Según el Decreto Legislativo 1284, se han creado los Fondos de Inversión de Agua Segura (FIAS), mediante los cuales se están financiando los proyectos que pretenden alcanzar las metas de la *Ilustración 9*. Como se comentará en el apartado 2.7, no se disponen los mínimos de consumo de agua potable por persona y día, por lo que no se cumplen los derechos humanos.

Sin embargo, aun que el plan esté en marcha, la implantación de las obras que satisfagan las necesidades de acceso de agua potable y saneamiento en el país se está paralizando. El objetivo es que los planes estratégicos de las obras de agua y saneamiento se realicen mediante un proceso participativo y consensuado para tener resultados y mayores posibilidades de éxito. Se puede observar la situación actual de las obras en la *Ilustración 10*.



*Ilustración 10 - Situación actual sobre las obras de agua y saneamiento en Perú*

Fuente: [http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua\\_saneamiento/inversion.html](http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/inversion.html)

## 2.2 A qué nos enfrentamos

Nos enfrentamos a una comunidad de extrema pobreza, que carece de recursos energéticos, y por tanto electricidad, escasa formación y educación. Las infraestructuras son rudimentarias. Los techos están contruidos con hojas de palmeras y no se podrán usar como superficie de captación debido a la suciedad que puedan acumular, y al no ser prácticos en la recogida de agua con canaletas. En el sistema que va a plantear, habrá que incluir techos, contruidos con planchas que aumente la superficie de captación y facilite la recogida del agua.

## 2.3 Contaminación de la selva Amazónica

La selva Amazónica, bosque más extenso del planeta, amazónica se extiende por nueve países, entre ellos Perú, Brasil, Bolivia, Venezuela, Ecuador, Guayana Francesa, Guayana y Surinam. Abarca una superficie de 5 millones de kilómetros cuadrados, y es considerada pulmón del planeta; pero se está destruyendo poco a poco por problemas de contaminación. Las principales causas de contaminación son la actividad petrolera, la minería ilegal, y la deforestación, contaminación de los ríos, entre otros. Las consecuencias son gravísimas e irreparables, cuyos problemas no son fáciles de resolver. (amazónica?, 2017)

Las comunidades indígenas que habitan en la selva son las principales afectadas, viéndose afectadas en primera persona por la contaminación ambiental y de los ríos, reflejándose directamente en la salud. (Amazonia, 2000)

En el caso concreto de Villa Gonzalo, y la región de selva que lo rodea, las causas que generan contaminación son las siguientes:

- Manejo inadecuado de las pilas
- Manejo inadecuado de materias orgánicas e inorgánicas
- Carencia de educación ambiental

- Ausencia de relleno o botadero (vertedero)
- Manejo inadecuado de los combustibles en el río

Ante esta situación, se han propuesto una serie de soluciones y actividades para llegar a dichas soluciones. Entre las soluciones, destacan la educación ambiental y la búsqueda de medios más adecuados para el manejo de la basura. Para ello, la población de Villa Gonzalo ha propuesto las siguientes actividades: (*Terra Nuova, s.f.*)

- Realizar campañas de sensibilización en temas de cuidado ambiental (agua, bosque, aire, suelos)
- Promover la construcción de composteras y la lombricultura para generar abono orgánico
- Seleccionar un espacio físico comunal para el manejo adecuado de residuos inorgánicos
- Capacitar a la población sobre el manejo de residuos inorgánicos
- Capacitación a las familias sobre la construcción de letrinas sanitarias públicas y privadas. Donde la napa freática sea superficial, cubrir los residuos en el mismo lugar.
- Promover educación para comunidades saludables.

## 2.4 Propuestas

Para dar respuesta a la necesidad urgente de la población de Villa Gonzalo de consumo agua potable, se plantean varias alternativas que se muestran a continuación. De todas, se escogerá la opción que se implante en el menor tiempo posible y a un coste asequible. Además, dicha solución deberá ser aceptada por la Comunidad.

### 2.4.1 Fosa séptica

Mediante la instalación de fosas sépticas, se puede contribuir a la reducción de contaminantes que se encuentran en los ríos debido a las bacterias coliformes fecales que son arrastradas por el curso del agua.

Sin embargo, nos encontramos con dos inconvenientes. El primero es el tiempo que supondría reducir la contaminación de las aguas dado que el resultado no sería inmediato. Para ello también se debería formar y concienciar a la aldea de lo que conlleva no tener un control del lugar donde hacen sus necesidades. No solo habría que concienciar a la comunidad de Villa Gonzalo sino a toda la región de la provincia de Amazonas e incluso la región de Ecuador que hace frontera con esta zona. Las personas que viven en el Amazonas no están acostumbradas a este tipo de control y no se podría en marcha de forma inmediata.

En segundo lugar, aún en el supuesto de haber conseguido la implantación de este sistema, habría que vaciar las fosas sépticas periódicamente. Si esto no fuese posible, volveríamos al problema de partida. Además de concienciar a la comunidad, conllevaría algo de obra, lo que encarecería bastante este sistema; que como se ha dicho antes, no sería autónomo en el tiempo.

Además, esta propuesta conllevaría un gasto económico elevado y, a largo plazo, el coste de mantenimiento sería elevado ya que los depósitos han de vaciarse por camiones específicos, cuyo acceso a La Comunidad sería prácticamente inviable (se hará mayor inciso en el apartado *Instalación de fosas sépticas 7.4.1*).

### 2.4.2 Extracción de agua de río no contaminado

Una segunda alternativa sería bajar agua de un río no contaminado, aguas arriba de la comunidad, mediante una importante obra civil. Está a una distancia de aproximadamente 40 minutos andando, y la obra que habría que realizar para canalizarla hasta Villa Gonzalo sería inviable económicamente. Asimismo, el tiempo de realización de la obra sería muy elevado, no dando solución al carácter urgente de la necesidad de agua en la comunidad.

Este proyecto se va a llevar a cabo por el ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, pero todavía se están validando los expedientes técnicos, por lo que tardará bastantes años en finalizar la construcción y abastecer de agua potable a la población de los Wampis.

### 2.4.3 Uso de moringa para clarificar el agua del río

La moringa es un árbol de hoja caduca, originario de la India, que crece en zonas tropicales, en cualquier tipo de suelo. Es de crecimiento rápido, de 3 a 5 metros en el primer año y 10-12 en la edad adulta y tiene numerosos usos entre los que destacan la purificación de agua, la obtención de aceite, medicinal, fabricación de biodiesel, buena base alimenticia, entre otros.

Unos estudiantes brasileños llevaron a cabo un proyecto llamado “Semilla mágica – Transformación de agua contaminada en agua potable”. Los autores, Juan Gabriel y Leticia concluyeron que la semilla de moringa puede descontaminar el agua mediante un proceso de filtrado biodegradable y también contribuir a la lucha contra las enfermedades causadas por el agua en mal estado. Todo ello, a un costo muy bajo, garantizando que poblaciones más pobres puedan hacer uso de este sistema. (Mannise, 2018)

Estas semillas se obtienen en las vainas del árbol. Cada vaina proporciona alrededor de 20 semillas, que, machacadas debidamente, sirven de floculante, con el que hacer el filtrado biodegradable descrito en el párrafo anterior.

Con este sistema, se podría descontaminar el agua del río de Villa Gonzalo, pero el proyecto que se quiere llevar a cabo, descrito en el presente documento, va más allá. El objetivo es implementar un sistema con el que abastecer agua potable a una comunidad.

Además, en primer lugar, habría que plantar dichas semillas para cultivar la moringa, y obtener de la forma más regular posible esta semilla con la que purificar agua.

Por tanto, aunque la descontaminación del agua con semillas de moringa es buena alternativa, no sería suficiente para satisfacer los objetivos planteados.

#### 2.4.4 Sistemas de captación de agua de lluvia (Rain Water Harvesting System RWHS)

Otra opción de abastecimiento de agua apta para consumo humano es la captación de agua de lluvias. Se trata de un sistema sencillo, de coste reducido y fácil implantación que permite obtener unos mínimos de agua necesarios al día. El RWHS consiste almacenar el agua de lluvia que cae en un techo de un área determinado, y se canaliza a través de canaletas y tubos para su uso posterior.

Esta solución además de ser la más económica, viable, y duradera, es la mejor aceptada por la comunidad. Para tener una opinión general de la comunidad, se realizó una encuesta, llevada a cabo por los voluntarios que fueron a La Comunidad en el verano de 2017. La opinión general consistía en implantar sistemas de captación de agua de lluvia, almacenándola en depósitos de polietileno. Esta solución es la que mejor se adapta a nivel social en la comunidad.

#### 2.4.5 Sistema escogido

Debido a los altos costes de construcción de las diversas opciones que se pueden plantear para abastecer de agua a una población, se ha elegido una propuesta de coste reducido y fácil implantación. Por ello, se concluye que la propuesta que mejor se adapta a las necesidades de Villa Gonzalo en referencia al presupuesto, tiempos de puesta en marcha y aceptación social es el sistema de captación de agua pluvial.

## 2.5 Ventajas e inconvenientes del sistema de captación de agua de lluvia

Independientemente de la correcta elección del sistema a implantar, analizaremos las ventajas e inconvenientes que presenta.

Ventajas:

- Fuente segura de agua potable y, naturalmente, libre de bacterias y productos químicos, nocivos para la salud.
- Bajo coste de instalación.
- Simplicidad en el procedimiento de operación y mantenimiento del sistema. Incluso una mujer del pueblo entrenada localmente puede operar y mantener fácilmente el sistema.
- Ofrece comodidad para reducir el tiempo y la energía para beber y cocinar.
- La instalación puede construirse con materiales de construcción disponibles localmente y el albañil local puede construirlo.
- El sistema es independiente y, por lo tanto, adecuado para asentamientos dispersos.

Desventajas:

- El costo inicial puede suponer un esfuerzo para una familia sin muchos recursos.
- El agua de lluvia sin minerales tiene un sabor plano, que puede no gustarle a muchos. También puede causar deficiencias de nutrientes de oligominerales entre los usuarios.
- Dado que la distribución de las precipitaciones no es igual durante todo el año, se necesita un tanque de gran capacidad para almacenar la cantidad de agua que se va a servir durante el período seco.

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

- La sequía o la calamidad natural (inundaciones, ciclones, etc.) pueden repercutir en el buen funcionamiento del sistema.
- Debido a la falta de mantenimiento adecuado, puede haber contaminación bacteriana.

### 2.6 Objetivo de Desarrollo Sostenible 6: Agua limpia y Saneamiento

En 2016 la ONU puso en marcha un programa que involucraba a las naciones unidas para contribuir al desarrollo del planeta, identificado las necesidades más importantes. Concretamente, unos Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como la agenda de 2030, tratarán de poner fin a la pobreza y la desigualdad, proteger el planeta, etc. Dichos objetivos están relacionados entre sí, con espíritu de colaboración e interrelación entre ellos ya que, si uno tiene éxito, arrastrará a otros objetivos también, impulsándolos.<sup>i</sup> En la *Ilustración 11* se muestran el conjunto de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, mediante los cuales se pretende lograr un cambio con el que conseguir los desafíos actuales del planeta. Estos objetivos son consecuencia de la responsabilidad común de los 193 países del mundo que se comprometieron a cumplirlos, donde todos colaboran por igual, no dejando atrás a ningún país. (Real, 2017)

# OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Ilustración 11 - 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente: <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>

En el caso concreto de este proyecto, se va a incidir directamente en el ODS 6, es decir, en garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua limpia y el saneamiento (ver *Ilustración 12*). Según la Directora general del Agua del Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, Liana Ardiles en referencia a la gestión del agua dice lo siguiente: “Su correcta gestión es imprescindible para la puesta en marcha de cualquier política de crecimiento económico y desarrollo social, y para asegurar que ese crecimiento sea sostenible desde el punto de vista social, económico y medioambiental”. (Cárdenas, 2016)



Ilustración 12 – ODS-6 Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos

Fuente: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

Como se mencionaba anteriormente, todos los ODS están interrelacionados, de modo que la mejora de uno puede incidir en distintos objetivos. En el caso de mejorar el agua limpia y el saneamiento de Villa Gonzalo, también se promovería mejorar los siguientes objetivos (como se ve en *la Ilustración 13*): <sup>ii</sup>

- Objetivo 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo
- Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades
- Objetivo 5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas
- Objetivo 10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos
- Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles
- Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
- Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos\*
- Objetivo 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad

---

**INTERRELACIONES CAUSALES ENTRE OBJETIVOS Y METAS CON MIRAS AL AÑO 2030**


---

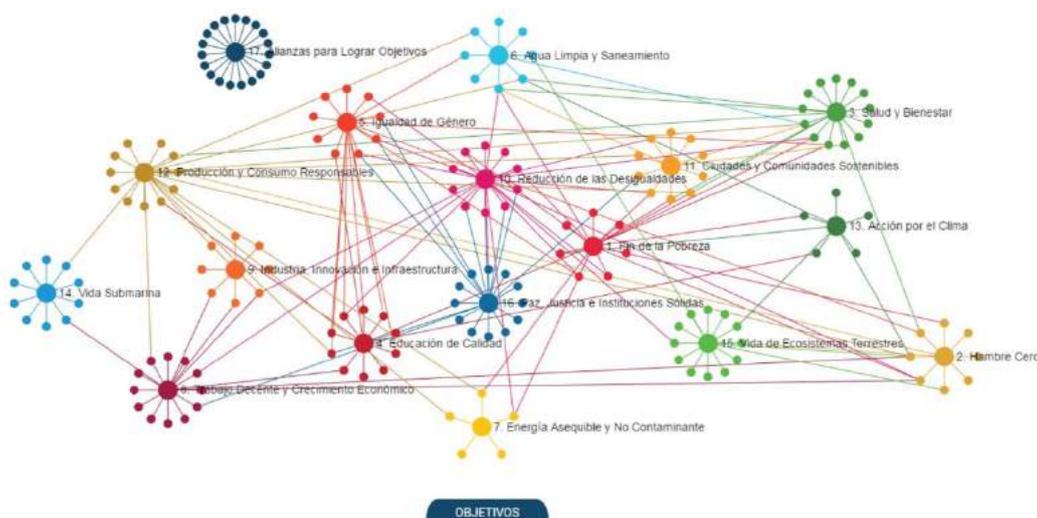


Ilustración 13 - Interrelaciones causales entre objetivos y metas con miras al año 2030

Fuente: <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>

## 2.7 El agua como derecho

*"Los niños y niñas que no tienen agua limpia para beber, las mujeres que temen por su seguridad, los jóvenes que no tienen la posibilidad de recibir una educación decente tienen derecho a algo mejor y nosotros tenemos la responsabilidad de hacerlo mejor. Todas las personas tienen derecho a un agua segura para beber, a saneamiento, a refugio y a servicios básicos" Ban Ki-moon, Secretario General de las Naciones Unidas (Ki-moon, 2014)*

La Organización de Naciones Unidas reconoció como derecho humano y fundamental el acceso al agua potable y un saneamiento básico en la resolución 92/292. El agua potable y un saneamiento mínimo es necesario para poder disfrutar del resto de los derechos humanos, ya que están todos relacionados entre sí.

Es por ello que debe de haber un compromiso real del conjunto de los países de promover y ayudar a los países que estén en vías de desarrollo. Proporcionando los conocimientos y capacidades tecnológicas necesarias para que este bien llegue al mayor número de

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

personas posibles, para que gocen del suministro de agua potable y saneamiento básico, limpio y asequible para la todo el mundo.

El agua es un elemento fundamental e indispensable para llevar una vida saludable, y con ello respetar la dignidad humana. Es por ello que el cumplimiento de este derecho es imperativo.<sup>iii</sup>



## 3 Memoria descriptiva

### 3.1 Datos de lluvias

Para realizar correctamente el dimensionamiento de los sistemas a implantar, se han recogido los siguientes datos, obtenidos de dos fuentes distintas para obtener un resultado fiable del agua que se pretende captar.

Datos del Senamhi:<sup>iv</sup>

Se han tomado datos de los meses disponibles de los años 2017, 2016 y 2015 de la estación en funcionamiento más cercana, es decir, Santa María de Nieva, cuyos datos se muestran a continuación en la *Tabla 1*.

Estación	Santa María de Nieva - 000256
Tipo	Convencional, Meteorológica
Latitud	4 49' 49.4"
Longitud	77 56' 21.4"
Departamento	Amazonas
Provincia	Condorquanqui
Distrito	Nieva

*Tabla 1 - Fuente de datos de la estación Santa María de Nieva*

*Fuente: FICAI*

		SENAMHI	WB	Media
TOTAL ANUAL (mm)		2765	2778,24	2771,62
Mes		mm	mm	mm
1	Enero	291,4	216,95	254,175
2	Febrero	187,8	225,32	206,56
3	Marzo	353,5	298,32	325,91
4	Abril	154,6	272,44	213,52
5	Mayo	276,7	346,93	311,815
6	Junio	367,2	271,24	319,22
7	Julio	187,5	252,99	220,245
8	Agosto	142,3	150,92	146,61
9	Septiembre	191,1	155,35	173,225
10	Octubre	191,5	162,98	177,24
11	Noviembre	208,1	220,73	214,415
12	Diciembre	213,3	204,07	208,685

Tabla 2 - Datos de lluvias en la región de estudio

Fuente: Senamhi: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>

WB: [http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country\\_historical\\_climate&ThisCCCode=PER](http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_historical_climate&ThisCCCode=PER)

Como podemos ver en la *Tabla 2*, el mes con mayor escasez de agua es agosto, con una cantidad de 146,61 mm. Sin embargo, el tanque amortiguará las diferencias entre las distintas épocas, seca y lluviosa, de modo que haya un poco más de la cantidad que realmente se obtiene en los meses secos. (ver

	SENAMHI	WB	Media				
	mm	mm	mm	litros	litros/dia	litros/dia-persona	Capacidad tanque (6 días)
Enero	291,4	217,0	254,2	8661,7	288,7	5,4	1732,3
Febrero	187,8	225,3	206,6	7039,1	234,6	4,4	1407,8
Marzo	353,5	298,3	325,9	11106,3	370,2	6,9	2221,3
Abril	154,6	272,4	213,5	7276,3	242,5	4,5	1455,3
Mayo	276,7	346,9	311,8	10626,0	354,2	6,6	2125,2
Junio	367,2	271,2	319,2	10878,3	362,6	6,7	2175,7
Julio	187,5	253,0	220,2	7505,5	250,2	4,7	1501,1
Agosto	142,3	150,9	146,6	4996,2	166,5	3,1	999,2
Septiembre	191,1	155,4	173,2	5903,1	196,8	3,7	1180,6
Octubre	191,5	163,0	177,2	6040,0	201,3	3,7	1208,0
Noviembre	208,1	220,7	214,4	7306,8	243,6	4,5	1461,4
Diciembre	213,3	204,1	208,7	7111,5	237,1	4,4	1422,3

Tabla 7 - Datos de lluvia con litros asociados a la capacidad de tanque dimensionado (6 días)

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

Fuente: SENAMHI, WB, FICAI).

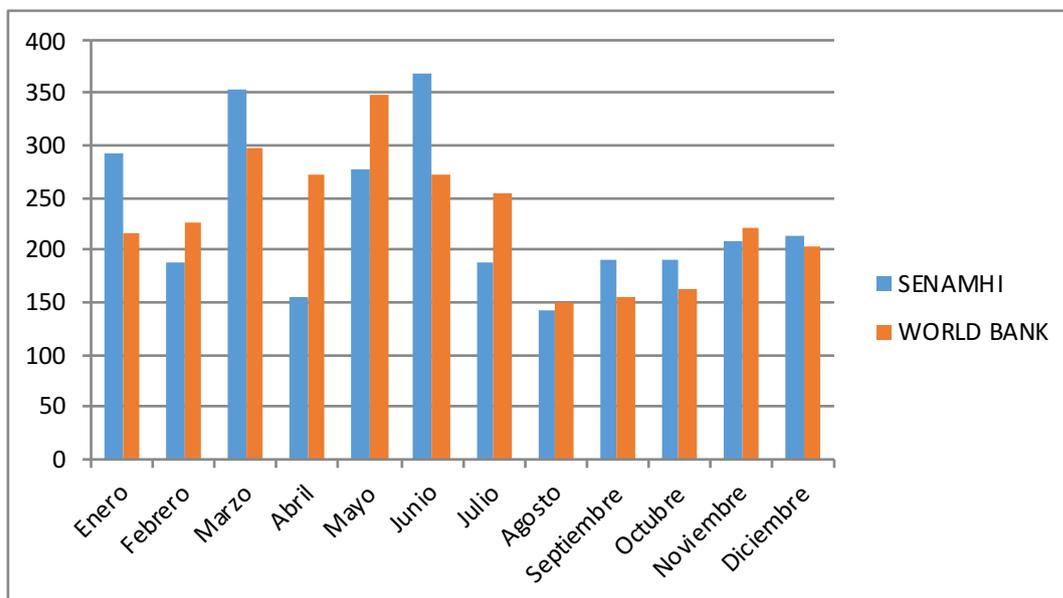


Ilustración 14 - Gráfico de los datos de lluvia de la región de estudio

Fuente: FICAI

Igualmente, en el gráfico que se muestra en la *Ilustración 14*, se aprecian las dos temporadas estacionales. La temporada de lluvias se da entre los meses de Octubre a Diciembre prolongándose hasta el mes de Mayo, variando entre los meses de Julio y Agosto. Siendo el promedio anual de 2771,62 mm.

### 3.2 Dimensionamiento del RWHS

En la *Tabla 3* que se muestra a continuación, se recogen los datos principales para el dimensionamiento del RWHS. Villa Gonzalo tiene un total de 830 beneficiarios según el último censo realizado. Para ello, se ha calculado que el número óptimo de estructuras a construir es de 16. De este modo, el agua obtenida en cada una se repartirá entre 9-10 familias, es decir, aproximadamente 52 personas. Con esta distribución, y realizando unos

cálculos mostrados en el apartado 9.2.1.1, se ha calculado un área de techado de 30 metros cuadrados.

Beneficiarios	830
Área techado (m2)	30
Número de estructuras	16
Personas/estructura	52

*Tabla 3- Datos de entrada*

En la *Ilustración 15* se muestra un esquema gráfico sobre el sistema diseñado, previo a la construcción.



*Ilustración 15- Croquis sistema de captación a implementar*

*Fuente: FICAI*

### 3.3 Descripción de los componentes del sistema de captación

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

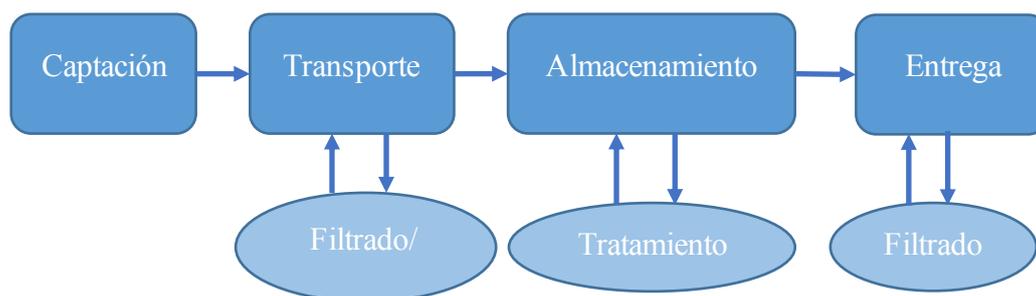


Ilustración 16 - Diagrama de paso del agua por el sistema de captación

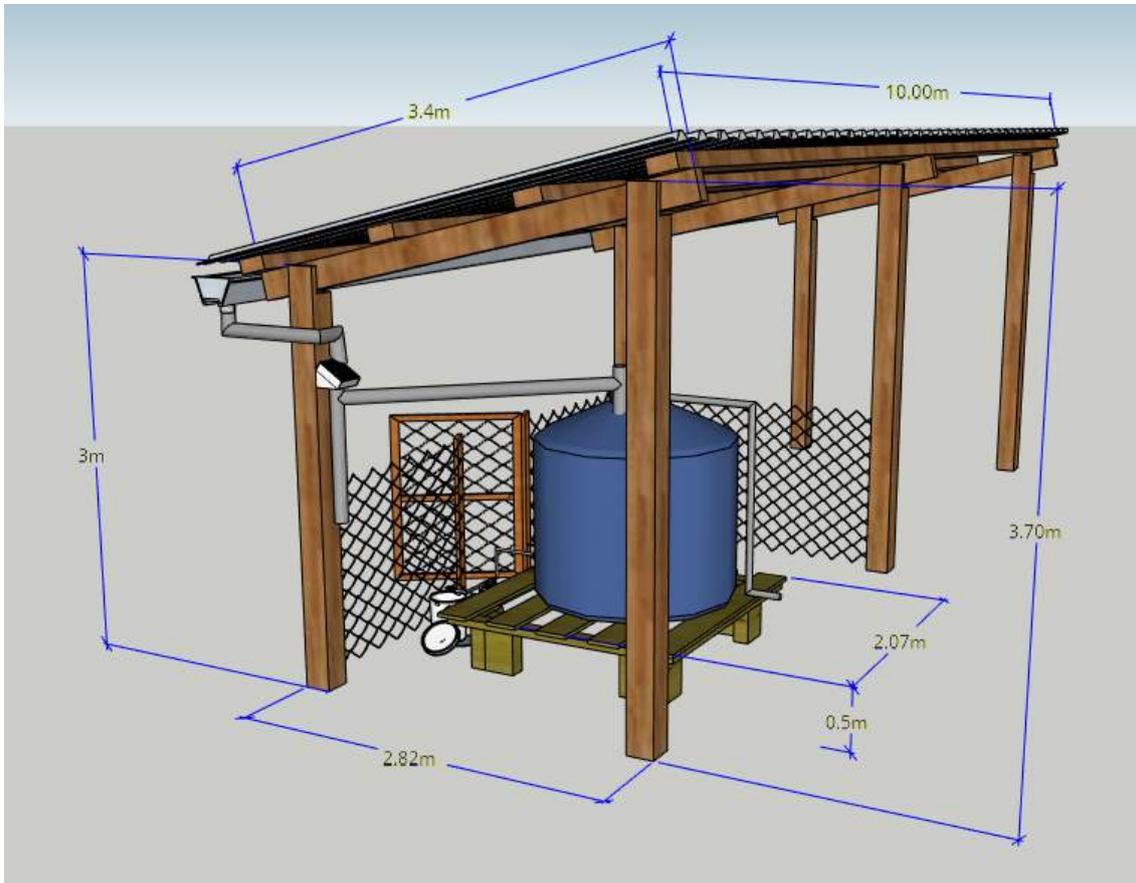
Fuente: FIACI

El sistema de captación constará de unas planchas de calamina galvanizada que conformarán el techo. La calamina es una aleación con la que se realizan estos techos ondulados, de zinc con plomo y estaño. Sobre estas planchas caerá el agua de lluvia, y debido a la inclinación (de 15 grados), se deslizará por las planchas llegando a unos canalones situadas en el lado inferior del techo. Estos canalones también tendrán cierta inclinación y el agua por gravedad irá descendiendo hasta llegar al depósito, a través de unos tubos PVC. El depósito será un tanque de polietileno de 2500L de capacidad. El tanque se apoyará a poca altura del suelo en unos soportes que se construirán, con madera, al igual que el techo.

Un elemento importante a tener en cuenta la suciedad que se ha podido quedar en el techo, y que es arrastrada en las primeras lluvias. Para eliminar estas hojas y ramas antes de que lleguen al depósito arrastradas por el agua, o colapsen el filtro, se va a introducir una tubería cuya función sea almacenar los elementos que no queremos que continúen por el camino hacia el depósito. La tubería se situará a continuación del canalón, y llegará hasta el suelo. Durante la lluvia estará cerrada en su extremo. De esta forma cuando empiece a llover, se llenará de agua y todos los elementos que queremos evitar que lleguen a depósito. Una vez llena, el agua pasará por encima llegando limpia a depósito. Como se ha mencionado antes, se colocará un filtro de gruesos.

Para poder extraer agua del depósito, en la parte inferior habrá una llave de paso que permitirá su correcta extracción.

Por último, para que el agua sea apta para el consumo, se hará un proceso de desinfección que consiste en clorar el agua que entra en el tanque y a la salida colocar un filtro de carbón activo que finalice la desinfección y retenga cualquier elemento no deseado.



*Ilustración 17 - Croquis del sistema de captación de agua de lluvias*

*Fuente: FICAI*

### 3.4 Elementos del sistema

#### 3.4.1 Techo

Los techos estarán formados por planchas de calamina galvanizada. Se ha seleccionado este material debido a sus características (expuestas a continuación), y a su fácil obtención en la zona de implantación.

Alguna característica del galvanizado de las planchas es que proporciona una mayor vida útil de los productos. Están elaboradas con acero de bajo contenido en carbono, laminadas

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

en frío, recubiertas de una capa de zinc que actúa como agente anticorrosivo. No presenta ningún coste de mantenimiento, y se logra en la plancha resistencia a golpes y raspaduras que se pudiesen producir por caídas de cualquier objeto en la superficie del techo.<sup>v</sup> (Chinen, 2016)



*Ilustración 18- Plancha de calamina galvanizada.*

*Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-425129916-calamina-galvanizada-014-022-018-025-020-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-425129916-calamina-galvanizada-014-022-018-025-020-_JM)*

Los techos están conformados por 16 planchas de calamina galvanizada cada uno. Las dimensiones de cada plancha son de  $0,8 \times 3,6 \text{ m}^2$ , lo que genera una superficie total de tejado de  $34,56 \text{ m}^2$ . El objetivo es obtener una superficie de al menos  $30 \text{ m}^2$  en la proyección horizontal. La inclinación será un parámetro importante a tener en cuenta debido a la reducción de área que implica una inclinación mayor. Se ha determinado una inclinación de  $15^\circ$ , también en función del tamaño de viga que se a dimensionado.

### 3.4.2 Vigas

Las vigas a emplear serán de madera ya que es el material que podemos obtener en la región de implantación. En concreto, se ha escogido la madera local, o Shungo. Con ello se hará la estructura del techado.

Se talarán árboles de las inmediaciones de Vila Gonzalo, por personas de la comunidad. Posteriormente se secará la madera para que sea apta para el uso como vigas en de la estructura del techo.

### 3.4.3 Tanque

Los depósitos escogidos para emplear en el sistema de captación son tanques de polietileno, de 2500L de capacidad. Para una correcta colocación, se situará encima de un soporte de madera, dándole altura por si se produjese alguna inundación, aunque en la comunidad de Villa Gonzalo es poco probable. La altura que le daría el soporte también proporcionará mayor comodidad a la hora de colocar un cubo para extraer agua, ya que si no habría que cavar un poco en el suelo y la recogida sería más incómoda. Un ejemplo es la *Ilustración 19* que vemos a continuación, donde se elevan los tanques por las razones comentadas anteriormente.

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano



*Ilustración 19 - Tanque de polietileno Eternit*

*Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-614459807-tanque-de-agua-eternit-clasico-tricapa-2500-lts-flotante-JM>*

### 3.4.4 Elementos de conexionado

#### *3.4.4.1 Canaletas y tuberías*

Las canaletas se colocarán por debajo del lado ancho del techo, de forma que cuando caiga el agua, esta sea recogida y conducida a los tubos que llevan a depósito. Tendrán cierta inclinación para que el agua fluya correctamente. Una vez finalizado el recorrido del canalón, el agua a depósito a través de las tuberías PVC instaladas.



*Ilustración 20- Conexiones canalón- tubería y el divisor de primeras aguas*

*Fuente: FICAI*

#### *3.4.4.2 Diversor de primeras aguas*

La suciedad, desechos y el polvo acumulados en el techo, serán arrastrados por las primeras lluvias, y esta materia será arrastrada a depósito. Esto causará contaminación del agua, reduciendo por tanto su calidad. Por lo tanto, es necesario incorporar un sistema para desviar esa agua de primeras lluvias, para evitar que llegue a depósito. Como parte de las tuberías, el divisor de primeras lluvias evitará que la suciedad acumulada en el techo llegue al depósito. Este sistema acumulará la suciedad en una tubería que permanecerá cerrada mientras llueva y una vez finalice la lluvia se abrirá la llave correspondiente para liberar la suciedad almacenada. De esta forma sencilla y mecánica, se evita que llegue a depósito elementos que puedan contaminar el agua del depósito.

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

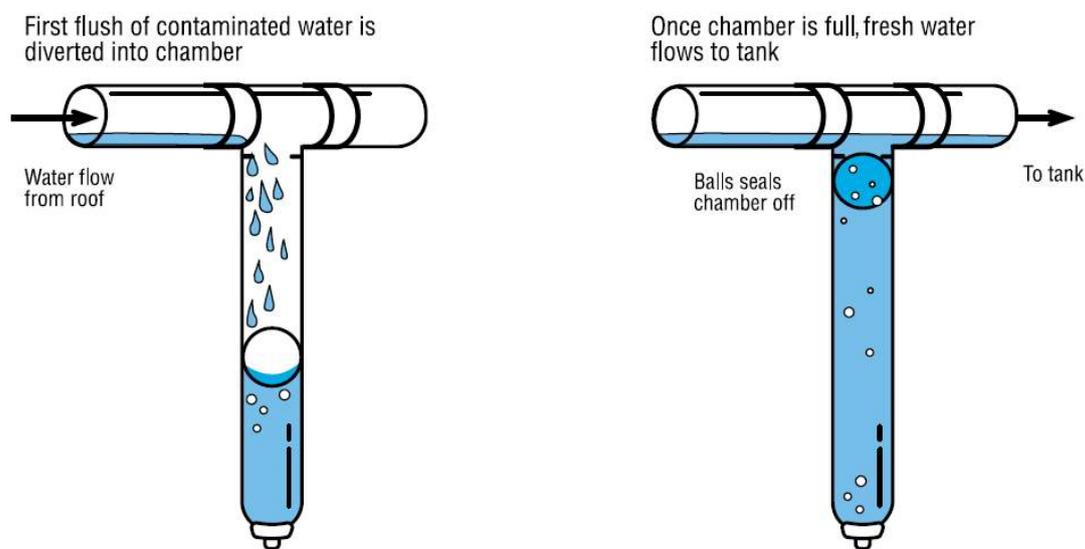


Ilustración 21- Divisor de primeras aguas (Anon., s.f.)

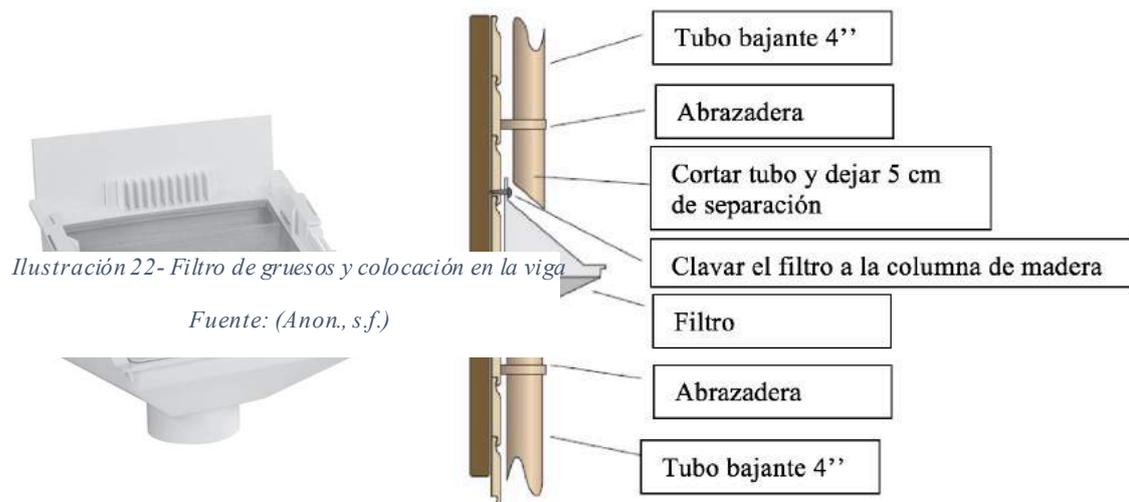
### 3.4.4.3 Tubería de desbordamiento.

Para aliviar el depósito en caso de desbordamiento, se conectará una tubería de desbordamiento de 2'' para que salga el agua cuando no quepa más en el tanque. Hay que tapar la salida con tela o mosquitera para evitar que entren microorganismos por esta apertura.

### 3.4.5 Filtro de gruesos

En el filtro de gruesos se extraen las hojas, ramas y otras partículas que arrastre el agua. Se clavará en las vigas de madera, y se acoplará al tubo bajante. Inicialmente se había pensado comprarlos a la empresa Inglesa Rain Harvesting, y realizar el pedido con envío a la ciudad de Jaén (ciudad importante cercana a la región en cuestión). El precio de compra y transporte sería muy elevado por lo que se barajará la opción de fabricarlo de manera artesana, con un cubo y una tela mosquitera.

La ficha técnica del filtro se encuentra en el Anexo III.



### 3.4.6 Tratamiento del agua: Desinfección

En esta región del Amazonas, el agua de lluvia apenas está afectada por la contaminación. El agua que se evapora y que posteriormente cae en forma de lluvia está libre de contaminación, a diferencia de las zonas urbanas. Es por ello que la captación de agua de lluvia es viable desde el punto de vista de consumo, aplicando una desinfección muy básica. Dado que se almacena en un depósito cerrado, sin entrada fácil de agentes externos, todo lo que pueda entrar será por arrastre de agua a través del tubo. Para tratar el agua captada será necesario únicamente clorar el agua para desinfectarla, y opcionalmente, el uso de un filtro de carbón activo. Esto será suficiente para evitar la posible proliferación de bacterias en el depósito o tuberías, se introducirán pastillas desinfectantes de cloro. Estos elementos son consumibles por tanto habrá que reponerlos para evitar que se agoten.

Dado que en el Amazonas no se garantiza que el agua que llega es potable, el uso de pastillas de cloro es habitual. Es importante ya que habrá que obtenerlas de algún modo y esto implica que periódicamente, una persona se tendrá que desplazar para conseguirlas.

### *3.4.6.1 Cloración*

El desinfectante por excelencia es el cloro, que se usará para mantener libre de patógenos que puedan proliferar en el interior del depósito, o entrar desde el exterior. Para ello, se colocará en la entrada de agua, una cesta de plástico, agujereada, que contendrá una pastilla de cloro, y conforme pase el agua, esta mojará la pastilla clorando poco a poco el agua que llega a depósito.



*Ilustración 23- Cesta y pastillas de cloro*

Para instalar correctamente la cesta que albergará las pastillas de cloro, se ha de realizar un agujero en el tanque del diámetro preciso para conectar la tubería de entrada, y sellar después con silicona. Es muy importante que el tanque esté sellado para que no entren bichos o zancudos.

### *3.4.6.2 Filtro de carbón Activo*

En la salida de depósito, se colocará un filtro de carbón activo, para finalizar el proceso de depuración. Las dos propiedades fundamentales de este filtro es que retiene contaminantes orgánicos y elimina el cloro residual, eliminando todo tipo de olor y sabor procedente de este último, dejando el agua apta para consumo.

Se trata de un material poroso, con una gran capacidad de adsorción. Se prepara mediante la carbonización de materiales orgánicos de origen vegetal, de modo que será de fácil obtención de cara a la renovación que haya que realizar periódicamente. Además, posee

capacidad de regeneración, de modo que el mantenimiento será muy bajo. Véase el epígrafe 6.3.2 para más información.

El proceso de adsorción consiste en separar mediante el filtrado, las sustancias solubles en agua. De este modo, se retiran en la superficie interna de los gránulos los compuestos más pesados. Con este proceso se retienen sustancias no polares, entre las que se encuentra el cloro, que se ha usado previamente para la desinfección del agua. Se elimina también el olor y mal sabor, microorganismos, sin alterar la composición del agua. Así mismo, los compuestos residuales que se derivan del proceso de cloración son catalizados y pasan a una forma reducida inofensiva. Para ello es recomendable el uso de carbón de gran dureza, procedente de elementos como hueso de aceituna, cáscara de coco, madera, etc. Obtenidos a partir de calentamiento de los mismos a altas temperaturas en ausencia de oxígeno. El tipo de filtro de carbón activo dependerá principalmente de la calidad necesaria de agua y del objetivo de depuración que se haya planteado. La actividad de carbón activo dependerá del tipo que se haya cogido y la temperatura a la que se encuentre en el interior del filtro.<sup>vi</sup>

En la *Ilustración 24* vemos como se introduce el carbón activo en una carcasa Big Blue, y se instala en la etapa previa al grifo como se muestra en la *Ilustración 25*.



*Ilustración 24- Introducción de carbón activo en la carcasa "big blue" (Corley, 2017)*



*Ilustración 25- Instalación del filtro de carbón activo (Corley, 2017)*

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

Las carcasas de filtros se conocen comúnmente como una carcasa de filtro 10" Big Blue y están disponibles en muchos sitios web y en Perú. El soporte de montaje para la carcasa del filtro se vende por separado y es necesario para soportar el peso del filtro para que no rompa las tuberías conectadas a él.



*Ilustración 26- Filtro de carbón activo 10" big blue*

*Fuente: <http://www.mercadeo valle.com.co/carcasa-filtro-agua-20-big-blue-con-cartucho-82569095xJM>*

### *3.4.6.3 Moringa como floculante*

Existe la posibilidad de usar las semillas de Moringa, una planta que crece en zonas tropicales, para clarificar el agua de forma sostenible. Esta planta se podría plantar en la Comunidad, y en un medio plazo, autoabastecerse de un elemento que sirve para eliminar la turbidez del agua. Para más información, consultar el apartado 2.4.3.

Sin embargo, en el sistema que se pretende instalar, este elemento no sería necesario ya que el agua llega y sale del depósito clarificada, de modo que no habría partículas a sedimentar. Además, aun que las hubiera, esto obligaría a introducir una etapa más en el proceso de captación, introduciendo un decantador para que estas partículas puedan sedimentar, para retirarlas posteriormente.

## 3.5 Lista de materiales y dimensiones

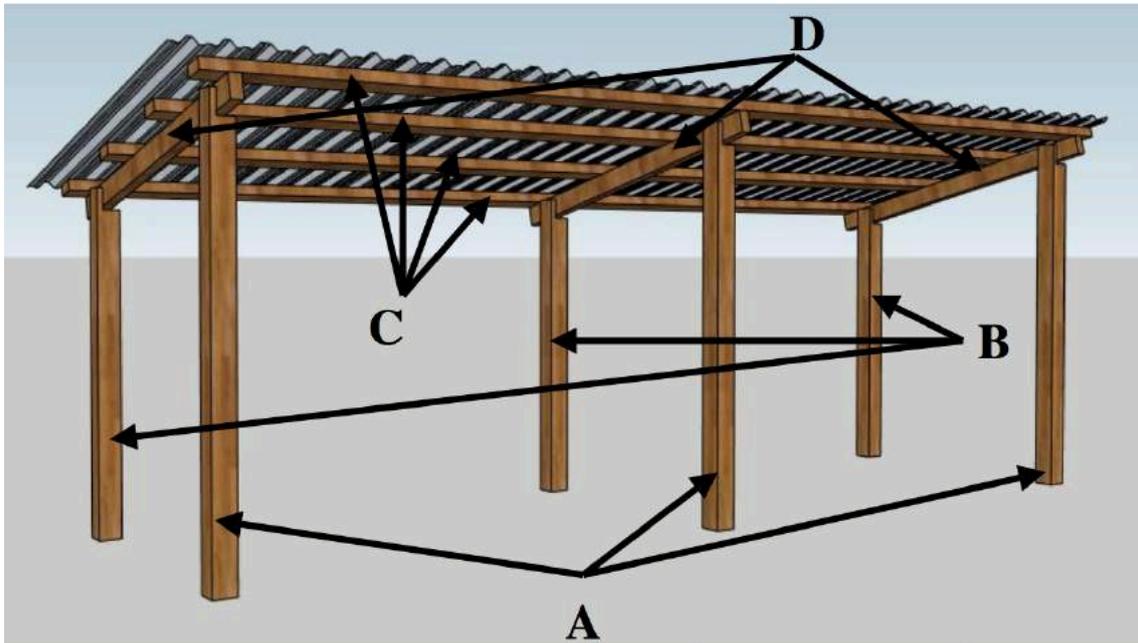
Descripción	Medidas	Cantidad/estructura	Total
Calamina galvanizada/aluminio	0,8x3,6 m	16	256
Viga madera columna alta (A)	3 m	3	48
Viga madera columna baja (B)	4 m	3	48
Travesaño madera techado (C)	10 m	4	64
Viga madera techado (D)	3,4 m	3	48
Canalón galvanizado/aluminio	10 m	1	16
Tubo PVC 4 pulgadas (entrada tanque)	10 m	1	16
Codo tubo PVC 4 pulgadas	-	5	80
Tee tubo PVC 4 pulgadas	-	2	32
Tapón para tubo 4"		2	32
Tubo PVC 2 pulgadas (desborde)	5 m	1	16
Codo tubo PVC 2 pulgadas	-	2	32
Tubo PVC 3/4 " (Salida tanque)	-	3	48
Codo tubo PVC 3/4 "	-	3	48
Filtro de gruesos	-	1	16
Cesta PVC para tabletas de cloro	-	1	16
Grifo	-	1	16
Filtro big blue 10"	-	1	16
Tanque polietileno	2500 l	1	16
Soporte de madera para tanque		1	16
Abrazaderas para canalón		5	80
Abrazaderas para tubo PVC 4"		3	48
Clavos inoxidables, tornillos, arandelas			
Silicona			

Tabla 4- Lista de materiales y dimensiones

Fuente: FICAI

Los tipos de viga de madera que se mencionan en la *Tabla 4* se detallan en la *Ilustración 27* que se muestra a continuación.

Captación de agua de lluvia en una  
Comunidad del amazonas peruano



*Ilustración 27 - Asignación de los distintos tamaños de viga en la estructura*

*Fuente: FICAI*

## 4 Financiación

La financiación del proyecto es un aspecto fundamental para la puesta en marcha. El proyecto forma parte de la Fundación de Ingenieros del ICAI, y por tan importante es la realización del proyecto como su puesta en marcha. Para ello, es necesario un mínimo aporte económico que permita la compra de los elementos que constituyen el sistema a construir, así como su transporte y su construcción, contratando mano de obra local. A continuación, se mostrarán las distintas fuentes de las que se ha intentado obtener financiación. El proceso ha sido, a través del correo electrónico, contactar con empresas que tengan como plan empresarial financiar proyectos sociales de ONGs.

### 4.1 Fundación Accenture



*Ilustración 28-Logo Fundación Accenture*

Fuente : <http://accenture.deporticket.com/ace-proyectos-solidarios>

La fundación Accenture ha creado un programa de donaciones llamado AyudánDonos. Es una convocatoria interna de proyectos en la que los empleados redondean su nómina como estimen. El dinero que no cobran lo pone Accenture en su lugar, recaudado los fondos que se obtengan.

“La Convocatoria está dirigida a proyectos de acción social que tengan por fin contribuir al bienestar social, y en especial al de aquellos colectivos integrados por familias, jóvenes

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

y niños que tengan mayores dificultades de integración social. Los proyectos se deben desarrollar por ONGs, fundaciones y asociaciones que desarrollen sus actividades en España y/o fuera de España y tengan domicilio social en España y que estén acogidas a la ley 49/2002 que regula el régimen fiscal de las entidades sin ánimo de lucro, y que, por tanto, pueda emitir un certificado apto para desgravación por las donaciones recibidas.” (Anon., s.f.)

El proyecto se exponía a través de un video de un par de minutos, y los empleados de la compañía votaban el que más les gustase. Se financiaban los 8 ganadores. El proyecto de los Wampis se quedó a un puesto de ser financiado, y en la primera ronda no obtuvimos financiación alguna. Sin embargo, poco tiempo después se hizo una segunda ronda de financiación en la que repartían menos dinero, pero en esta sí entramos. De Accenture se obtuvo 3.000€.

## 4.2 AUARA

The logo for AUARA is displayed in a bold, teal-colored, sans-serif font. The letters are spaced out, and the overall design is clean and modern.

*Ilustración 29- Logo Auara*

*Fuente: <https://www.amazon.es/Auara-Agua-Mineral-Natural-sin/dp/B01IRHAHCI>*

“AUARA es una marca de agua mineral que invierte el 100% de sus dividendos en llevar agua potable a personas que no la tienen, y que además fabrica sus botellas con un 100% de plástico reciclado R-Pet. Convierte un acto cotidiano como beber agua en un acto extraordinario.” (Anon., s.f.)

Con el fin de abastecer agua potable a la región de Villa Gonzalo en Amazonas, Auara, con su objetivo de inversión en proyectos sociales, entregó a la fundación la suma de 5.000€.

### 4.3 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. FIAS



*Ilustración 30- Logo Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*

*Fuente: <http://nike.vivienda.gob.pe/OBRAS/inicio.aspx>*

El ministerio peruano concienciado de la falta de agua potable tanto en zonas urbanas como en zonas rurales. Ha puesto en marcha el plan FIAS, Fondos de Inversión de Agua Segura, cuyo objetivo es abastecer agua potable a las zonas urbanas para 2021, y las zonas rurales en 2030. El presupuesto que tienen para invertir en dicho plan, anualmente es de 3.000.000 de euros. El pensamiento inicial fue financiar el proyecto con los fondos que los peruanos tienen para cumplir el mismo objetivo sobre el acceso al agua potable en zonas rurales.

Se están realizando planes estratégicos, gestionados por el sector público, cuya visión y objetivos están centrados en el desarrollo nacional principalmente en el ámbito social y económico del país.

Sin embargo, a día de hoy, hay 90 obras paralizadas por insostenibilidad de inversiones. El principal motivo es la deficiencia de la elaboración del expediente técnico.

La toma de contacto fue algo complicada ya que, en Perú, toda la comunicación se hace a través de escritos. El correo que se mandó para contactar con ellos fue impreso y se mandaba internamente a través de correo postal. La respuesta la mandaron a través de correo electrónico, escaneando dichos papeles. El ministerio no contempló ninguna financiación ya que actualmente ya hay un proyecto que está pensado para la Comunidad, y aunque este sea a largo plazo, no harán por agilizarlo o financiar una solución inmediata. La respuesta del escrito se encuentra en el 0.

#### 4.4 Castillo de Canena



*Ilustración 31- Logo Castillo de Canena*

*Fuente:*

*[https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjihPXDwIrbAhXBWhQKHS5QA0cQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Ftwitter.com%2Fcastillodcanena&psig=AOvVaw2\\_IpF7KXPKUS\\_85vxQy\\_Y\\_&ust=1526569455071349](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjihPXDwIrbAhXBWhQKHS5QA0cQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Ftwitter.com%2Fcastillodcanena&psig=AOvVaw2_IpF7KXPKUS_85vxQy_Y_&ust=1526569455071349)*

La empresa Castillo de Canena tiene unos fondos destinados a proyectos relacionados con el acceso a agua potable. Ha ingresado a la fundación la suma de 3000€ como parte de las inversiones destinadas a proyecto sociales como es el que se trata en este documento.

#### 4.5 Otras fuentes de financiación

En la página web de la Fundación se ha habilitado una función para que particulares puedan realizar donaciones. Hasta la fecha se han recaudado 540€.



Ilustración 32 - Donación de particulares al proyecto de los Wampis

Fuente: <http://www.fundacionicai.org/dona>

Se ha organizado así mismo, una fiesta benéfica organizada por los alumnos del Máster en energías renovables y mercado energético, cuyos beneficios irán destinados al proyecto. Se estima una recaudación de aproximadamente 500€. En la Ilustración 33 se muestra el flyer realizado para la reserva de entradas y la difusión del evento.

Captación de agua de lluvia en una  
Comunidad del amazonas peruano



Ilustración 33 - Flyer de la fiesta benéfica del máster en energías renovables.

Fuente: Fernando Crespo

## 5 Puesta en marcha

### 5.1 Dirección de obra

#### 5.1.1 Compra de elementos

La compra de los elementos necesarios se está gestionando a través del jesuita Carlos Quintana, que vive en la región de trabajo, concretamente en Santa María de Nieva, que se encuentra al sur del distrito del Río Santiago, donde está Villa Gonzalo. Se han mantenido una serie de reuniones con él para gestionar los elementos, los trasposos necesarios de dinero, etc. Se han realizado ya las compras de los materiales principales, cuyos presupuestos se encuentran en el Anexo VIII.

La tala de árboles necesarios para las vigas del sistema es el proceso que requerirá más tiempo debido al secado después de la tala. Este proceso es determinante en la decisión sobre las fechas en las que realizar el viaje de comprobación de que la construcción se ha realizado correctamente y se inicia la puesta en marcha.

#### 5.1.2 Logística local de transporte

Junto con la compra de los elementos, la gestión del transporte de los mismos es uno de los aspectos que supone mayor reto desde el punto de vista de la realización del proyecto. Esto se debe al gran número de elementos que se van a tener que transportar, desde el lugar de compra, hasta la Comunidad. Para ello, se llevarán a través de un barco (chalupa), de tamaño reducido, lo que aumentará considerablemente el número de viajes a realizar.

### 5.1.3 Construcción

Para la construcción de los sistemas de captación, se cuenta con el apoyo del Vicariato, que pondrá los materiales necesarios y supervisará las obras. La comunidad deberá colaborar en la construcción, y además, contribuir al mantenimiento de la instalación con una pequeña tasa mensual. Esta tasa servirá para pagar el cloro y el carbón activo que purifica el agua, así como las futuras reparaciones. Se necesitará así mismo, el apoyo de una persona local, experta en este tipo de construcciones, que dirija y supervise la obra para su correcta realización.

### 5.1.4 Viaje al terreno por dos integrantes del proyecto

Con el fin de realizar una comprobación de que la construcción se ha realizado correctamente, se ha planeado un viaje por dos integrantes del proyecto. Se aprovechará así mismo a para hacer un informe final de obra e inicial la puesta en marcha de los sistemas.

Este viaje tendrá sentido siempre y cuando la obra esté finalizada o falte poco para la finalización. Para ello, el tiempo más limitante será el de secado de las maderas, que deberá transcurrir por completo antes de la construcción. Si no sucediese, el viaje adoptaría otra finalidad. Se pospondría a las vacaciones de navidad, cuando se puedan cuadrar fechas entre dos integrantes del proyecto. El proyecto ya se habría puesto en marcha, y el viaje estaría más enfocado a la comprobación de que todo funciones correctamente, tanto los sistemas como la distribución entre los comuneros.

## 5.2 Modelo de gestión

### 5.2.1 Formación a la población

Con el objetivo de sacar el mejor rendimiento de los sistemas a implantar, es de gran importancia formar debidamente a la comunidad. Para ello se ha pensado realizar un viaje

en julio de forma que se pueda explicar en primera mano todos los objetivos que se quieren conseguir, así como la puesta en marcha del sistema. Se hará especial hincapié en la asignación de fuentes por familias y la forma repartir el agua evitar futuros conflictos entre ellos.

Para mantener correctamente las instalaciones y que haya cierto orden en la “gestión de las fuentes”, será necesario la creación de juntas de agua con personas elegidas por la comunidad. Estas juntas estarán compuestas por un presidente/a, un secretario/a, un tesorero/a y un responsable por cada fuente. Habrá por tanto 16 personas que representarán las 10 familias que comparten cada estructura.

Además, se darán algunos consejos básicos para el correcto mantenimiento de las fuentes, necesario para que el sistema sea duradero, y si surgiesen problemas, que puedan gestionarlos de forma autónoma en la Comunidad.

Se aprovechará también para concienciar a la gente sobre la importancia del agua, y las repercusiones que tiene sobre la salud. Los hábitos que cada familia debería tener de forma que el consumo sea responsable.

La junta de agua se encargará de organizar el mantenimiento de los sistemas, comprar los consumible, cobrar la tasa de mantenimiento a los comuneros, y reparar averías o roturas que surjan del uso de los sistemas.

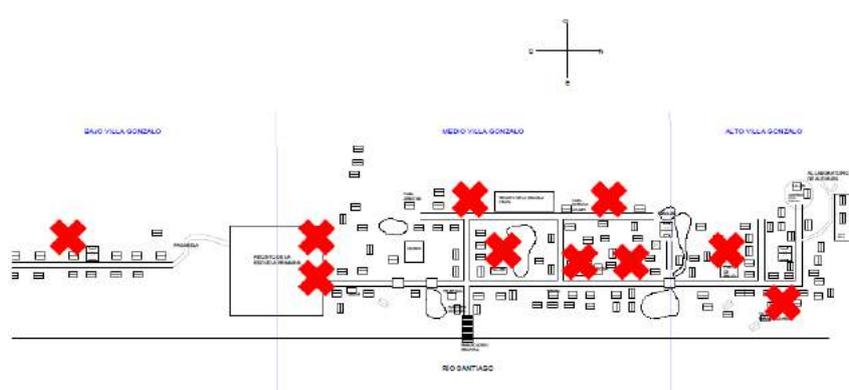


## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

*Ilustración 34- Reunión de la comunidad de Villa Gonzalo*

*Fuente: Fernando Crespo*

### 5.2.2 Distribución de agua captada



*Ilustración 35 - Situación de las fuentes en la Comunidad*

*Fuente : Fernando Crespo*

Las fuentes irán repartidas por la comunidad, donde haya espacio. Dentro de la zona donde se vayan a situar, se colocarán hacia fuera de la comunidad para tratar de ocupar el menor espacio posible entre sus casas. Se ha necesitado la colaboración por parte de la comunidad para establecer los puntos más adecuados. También se ha solicitado que realicen las asignaciones de familias por fuente, de modo que, en función del número de los integrantes de cada familia y sus vínculos personales, compartan el agua de la mejor forma posible.

En Anexo V, se encuentra la carta recibida desde la comunidad, con la distribución de familias por cada sector de la Comunidad decidido por ellos, asignando un número de familias a un número de tanques, con sus respectivos responsables. Así mismo, la conformación del comité, formado por un presidente, un secretario y una tesorera. Se ha puesto interés en que el grupo de personas responsables sea mixto, para fomentar la capacitación de las mujeres, impulsando su desarrollo personal.

**CADA DÍA SE PUEDE USAR**

*Ilustración 36 - Cantidad de agua a repartir por familia*

*Fuente: Fernando Crespo*

Para asegurar que todas las familias obtengan una cantidad similar de agua al día, se repartirá como se muestra en la *Ilustración 36*. El reparto ahí mostrado es orientativo. Teniendo en cuenta las precipitaciones de Villa Gonzalo, se corresponde aproximadamente un recipiente (tacho) de 10 litros al día por familia. A las familias más grandes, de 9-10 miembros, se corresponderán 3 tachos al día.

El agua podrá usarse para beber, cocinar, lavarse las manos, pero no para lavarse o lavar la ropa.

Captación de agua de lluvia en una  
Comunidad del amazonas peruano

## 6 Operación y Mantenimiento

Una gran ventaja de este sistema de captación es su bajo costo de suministros y un mantenimiento muy simple, con procedimientos que requieren una capacitación o experiencia mínima.

### 6.1 Mantenimiento del sistema por cada elemento

#### 6.1.1 Techos

El techo es la mayor fuente de contaminación en un sistema de captación de agua de lluvia. Después de un periodo seco, se recomienda eliminar la suciedad que se pueda haber acumulado en el techo. Se usará considerablemente menos agua en esta limpieza que la que se desecharía si entrase sucia a depósito.

#### 6.1.2 Canaletas

Las canaletas son los elementos del sistema de captación que se olvidan con mayor facilidad. Muchos usuarios limpiarán meticulosamente el tanque, tirarán con cuidado las primeras lluvias pero nunca mirarán las cunetas. Una cuneta llena de escombros manchará el agua y los desechos eventualmente evitarán que la escorrentía del techo fluya hacia el tanque. Una gran cantidad de materia vegetal seca tan cerca de la vivienda también puede presentar un riesgo de incendio. En el surco de las canaletas, donde se acumula el polvo con facilidad, puede fomentar el desarrollo de una ecología; incluso se pueden encontrar árboles que crecen en su interior. También puede ser un lugar donde se acumulen mosquitos, sobretodo en los pequeños charcos que puedan formarse. Es esencial que las canaletas se limpien periódicamente.

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

Las canaletas se pueden barrer con un cepillo de vez en cuando. Antes de que empiece y durante la temporada de lluvias.

La frecuencia de la limpieza debe depender de los niveles de polvo que se acumule, la presencia de árboles sobresalientes y la propensión de los canales a bloquearse.

### 6.1.3 Filtros

Los filtros sucios no pasarán el agua de manera eficiente y pueden convertirse en una fuente de contaminación. A menos que los filtros sean auto-limpiables, necesitarán inspección y lavado ocasional. Incluso un diseño auto-limpiante debe inspeccionarse periódicamente para asegurarse de que funciona correctamente.

Los filtros de tela también se ensucian con el tiempo. No impedirán el flujo de agua como un filtro de arena, pero permitirán que la suciedad se lave a través del filtro en el tanque. Deben limpiarse con trapos que haya en el hogar cada vez que se vea sucio. Los filtros hechos de malla pueden atrapar restos más grandes, como palos. A medida que se bloquean, impiden el flujo de agua y proporcionan un hogar para la vida silvestre, incluso las ratas. Pueden cepillarse o (si son removibles) simplemente sacarse.

El divisor de primeras aguas debe auto-vaciarse para que se restablezca automáticamente. Sin embargo, también deberían eliminar el lodo acumulado al menos cada tercera tormenta o también se convertirán en una fuente de contaminación.

### 6.1.4 Tanques

La limpieza del tanque es probablemente la acción más común que toma el responsable en el mantenimiento doméstico de sistema de captación de lluvias. Sin embargo, ¡También es lo menos importante! La limpieza excesiva de un tanque destruye la capa de bacterias beneficiosas que forma una película en las paredes y ayuda a matar las bacterias patógenas. Además, la acción de introducirse en el interior del tanque para limpiarlo

introduce nuevas fuentes de contaminación. Además, un tanque descubierto tiene más probabilidades de contaminarse que uno que no se ha limpiado.

La limpieza de los tanques debe limitarse a recoger o lavar cualquier material sedimentado y realizarse solo cuando el nivel de lodo se aproxime al nivel de la conexión de salida o cuando el agua huela. Se desaconseja limpiar las paredes del tanque de forma agresiva con elementos como estropajos.

### 6.2 Operaciones de mantenimiento periódico

Las personas que conformen junta de agua deberán formarse y entrenarse para realizar las tareas de mantenimiento.

Para el mantenimiento, este sistema requiere lo siguiente:

- Comprobaciones semanales:
  - Reemplazo según sea necesario de las tabletas de cloro (1/4 de tableta de cloro de 3’’).
  - Comprobación de que el filtro de gruesos no esté bloqueado y limpieza con un cepillo.
  - **Si encuentra suciedad visible (caída de aves) en las zonas de captación o en la cuneta, límpiela al instante.**
  - Limpie el sistema de descarga, **válvula de compuerta** al menos una vez a la semana. Engrase del perno de tuerca y las partes móviles.
  - Limpie las zonas de captación y las canaletas del sistema al menos una vez a la semana.
  
- Comprobaciones mensuales:
  - Comprobación de que el canalón no está bloqueado y limpieza con un cepillo.

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

- Comprobación cada 3 meses:
  - Limpieza del divisor de primeras aguas.
  
- Comprobaciones anuales:
  - Comprobación de los tanques y limpieza según sea necesario.
  - Limpieza del filtro de carbón activo mediante un contra-lavado.
  - Arreglar o cambiar la red de protección de insectos situada a la salida de la tubería de desbordamientos.
  - Antes de almacenar agua o comenzar la temporada de lluvias en cada año, es necesario limpiar todo el sistema con agua limpia y cepillar y desinfectar el lado interno del depósito de almacenamiento blanqueando agua en polvo mezclada. (Mezcle 4 cucharaditas de polvo blanqueador con 20 litros de agua limpia, luego extiéndalas en el lado interior del tanque y déjelas durante 30-60 minutos. Vacíe toda el agua del tanque y lave con un paño limpio. Cierre la tapa del tanque. (Limpie el cuerpo entero de la persona que se vaya a introducir en el tanque para limpiarlo (pies, piernas, etc)).
  
- Comprobación cada 3 años:
  - Sustitución de los gránulos de carbón activado a granel en el filtro big blue 10'' (siempre y cuando el agua obtenida a la salida no sepa ni huelga a cloro, en cuyo caso, se cambiaría en ese instante).

### Indicaciones generales:

- La tapa del tanque debe mantenerse cerrada, las moscas y mosquitos podrían ingresar al tanque y criar larvas, contaminándolo. Se ha de evitar que la luz solar llegue al interior ya que esto podría causar el crecimiento de algas dentro del tanque.

- Mantener limpio el entorno del tanque todos los días
- Siempre mantenga abierto el tapón de la válvula de compuerta del sistema de descarga. De modo que durante la ausencia de cuidadores / usuarios o por la noche, el agua sucia no podía entrar por completo al tanque.

### 6.3 Consumibles

Para financiar los suministros de reemplazo de cloro y filtro de carbón activo, la junta de agua debe recolectar las tasas de los usuarios del sistema para que los suministros del sistema sean autofinanciables y sostenibles.

#### 6.3.1 Cloro

Las tabletas de cloro deben ser añadidas una vez al mes aproximadamente. La comunidad puede comprar tabletas de 3 pulgadas de diámetro y cortarlas en cuatro piezas, de esta forma se añade 1/4 de tableta cada vez.

#### 6.3.2 Carbón activo

Las propiedades de decoloración del carbón activo se mantienen a lo largo de 2-3 años. Sin embargo, las propiedades de retención de contaminantes orgánicos son de 1 año aproximadamente.

El agua de captación, al haber pasado por una etapa de evaporación, se encuentra libre de contaminantes orgánicos. Para determinar la frecuencia con la que se ha de lavar el filtro, se decide hacer anualmente un contra-lavado, para evitar la petrificación del carbón en el interior del filtro.

Sin embargo, el periodo de renovación del interior del filtro se realizará a los dos años, realizándose antes en el caso de que el agua que se obtenga a la salida tenga olor o sabor a cloro. (Carbotecnia, 2014)

El sistema más simple, pero no completamente eficaz de limpieza del lecho filtrante es el contra-lavado con agua (comúnmente llamado retro-lavado), mediante el cual se produce un arrastre de partículas y una expansión del lecho de aproximadamente un 20%. Además, según la cantidad y tipo de sustancias retenidas, será preciso, cada cierto tiempo, regenerar el carbón mediante la oxidación de la materia orgánica, etc. En estos procesos se destruye una pequeña cantidad del carbón activo que deberá ser sustituida a futuro.<sup>vii</sup>

#### 6.4 Vida útil

Las planchas de calamina galvanizada dadas sus características técnicas, comentadas en el apartado 3.4.1, no presenta ningún límite en la vida útil.

La vida útil promedio de los tanques de polietileno es aproximadamente de 35 años en buen estado. (Industrial, 2013)

La vida útil de las tuberías de PVC para transporte de agua es de 50 años. (Molecnor, s.f.)

Si se pone en marcha el plan de gobierno, no será necesario la renovación de materiales dado que el sistema implantado cubrirá debidamente las necesidades de la Comunidad. Los RWHS quedarán por tanto como suplemento, en caso de que el sistema nuevo deje de funcionar, o se requiera más agua de la que se pueda extraer.

# 7 Sostenibilidad

## 7.1 Introducción básica de sostenibilidad

En este apartado se pretende realizar un pequeño estudio acerca de la sostenibilidad del proyecto en cuestión. Para ello, se hará una breve descripción de los alcances de la sostenibilidad, tomando como base los conceptos adquiridos en la asignatura de “Ingeniería y Desarrollo Sostenible” de la Universidad Pontificia Comillas, especialmente en aquellos desarrollados para la parte de Sostenibilidad.

### 7.1.1 Definición

La La definición de sostenibilidad es un concepto que con el paso del tiempo se ha hecho más ambigua, siendo cada vez más difícil de usar.

Inicialmente, la sostenibilidad se centró más en un enfoque económico, cuyo objetivo era mantener un crecimiento indefinido. Se fue matizando con el tiempo, incluyendo las necesidades de las generaciones futuras. Lo que se ha de sostener no es el bienestar en sí mismo, sino las opciones para alcanzarlo. Con la intención de que en el futuro haya libertad de elección, se buscan opciones abiertas, clasificando los recursos primarios como capitales que alimentan el bienestar (basado en un análisis de Neumayer en 2003). Estos capitales son el económico, natural, humano y social.

Además de identificar los componentes fundamentales, es importante cuantificarlos en sus datos y variables, ya que, de no ser así, esto puede provocar una falta de consideración de la sostenibilidad en la toma de decisiones.

### 7.1.2 ¿Qué queremos sostener? y ¿para quién?

Es fundamental definir, como marco conceptual las dos grandes preguntas: que queremos sostener y para quien. Para ello, existen dos posturas extremas: el antropocentrismo utilitarista y el de la ecología profunda, habiendo entre ellas numerosas posturas intermedias. Sin embargo, por cuestiones prácticas, el enfoque se planteará desde la perspectiva más antropocéntrica.

Como respuesta a la pregunta ¿para quién?, se ha analizado desde varios puntos de vista, y la conclusión ha sido la siguiente: “la medida de la sostenibilidad debe ser la especie humana, eso sí, recogiendo los intereses del resto del planeta, sea por nuestro propio beneficio o por ese altruismo que afortunadamente existe en nuestra especie.” (Pedro Linares, 2016) Como añadido a esta definición, no podemos olvidar que, en cuanto a especie humana, tenemos que considerar las especies futuras, denominado sostenibilidad intergeneracional.

La respuesta a lo que se desea sostener se enfoca principalmente al bienestar de la población. Como se mencionó anteriormente, cuando hablamos de bienestar, nos referimos a un entorno natural que preserve la vida en la Tierra, satisfaga nuestras necesidades físicas, espirituales culturales, científicas, de entorno social y familiar, con respeto y apoyo. El bienestar que se está tratando basa en la pirámide de Maslow que se muestra a continuación (*Ilustración 37*). El psicólogo Maslow postula en “Una teoría sobre la motivación humana” (en inglés, *A Theory of Human Motivation*) de 1943, que conforme se satisfacen las necesidades básicas, que se reflejan en la base del triángulo, los seres humanos van desarrollando necesidades más elevadas. <sup>viii</sup>

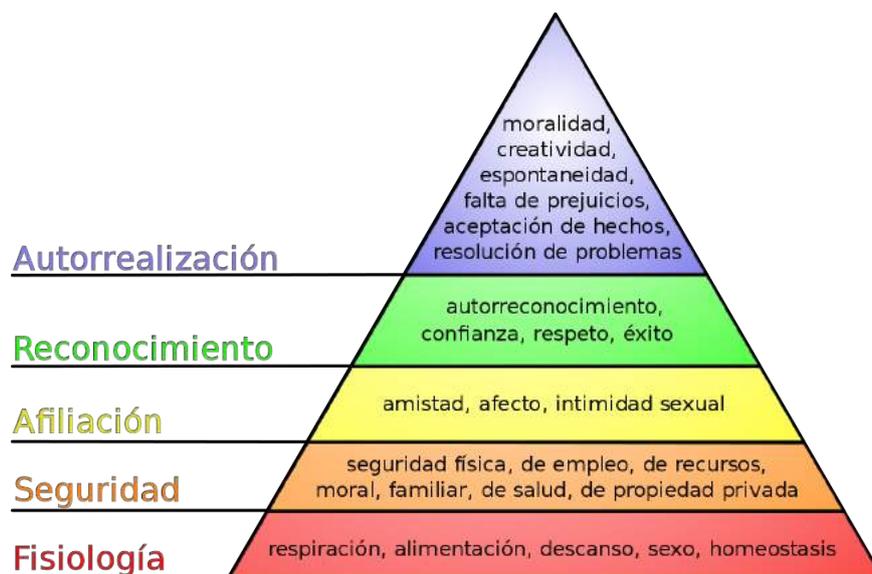


Ilustración 37- Pirámide de Maslow (1943): Jerarquía de necesidades

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Pirámide\\_de\\_Maslow#/media/File:Pirámide\\_de\\_Maslow.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Pirámide_de_Maslow#/media/File:Pirámide_de_Maslow.svg)

Al igual que en la respuesta a la pregunta anterior, además de atender a las preferencias de los individuos del presente, no hay que olvidar las preferencias de las generaciones futuras, pero, ¿cómo conocerlas?

Para responder a esta pregunta, el economista estadounidense Solow habla de dar opciones o flexibilidad para lograr ese bienestar.

Como conclusión a la pregunta, “la propuesta a lo que debemos sostener no es el bienestar en sí mismo, sino las opciones para alcanzarlo: es decir, el capital del cual lo derivamos.” (Pedro Linares, 2016) Como se ha mencionado anteriormente, hay cuatro capitales principales, de los cuales, alguno puede ser más importante que otro. Es por ello que surgen paradigmas fundamentales en la sostenibilidad: la sostenibilidad débil y fuerte.

### 7.1.3 Sostenibilidad fuerte vs. débil

El paradigma débil sostiene que los capitales son intercambiables. Entiende el bienestar como la suma de los cuatro capitales mencionados, y para hablar de bienestar, la suma ha de ser constante o no decreciente. Es decir, se podrían sustituir los capitales, como por

ejemplo agotar el capital natural siempre y cuando se aumente otro capital, como por ejemplo el económico. De este modo, nuestra preocupación estaría centrada en el desarrollo de nuevas tecnologías “backstop”, es decir, que sustituyan los recursos agotables mediante el uso de materias primas que sean más abundantes.

El paradigma fuerte sostiene que los capitales no son sustituibles, sino complementarios para alcanzar el bienestar. Es un paradigma más restrictivo que el débil, ya que además establece límites críticos no decrecientes en cada uno de los capitales. Es sencillo identificar los límites físicos en el capital natural, pero los capitales restantes también están sujetos a límites, como por ejemplo la educación en el capital humano.

Con este enfoque tan restrictivo, la sostenibilidad y por tanto el bienestar sólo serían posibles en un mundo cuya población fuese constante o decreciente. Así mismo, el paradigma se centra principalmente en la preservación de los niveles de capital, sin incidir en su distribución. Otra limitación de este paradigma es que no contempla la interacción entre los capitales citados.

Por tanto, es necesario realizar una nueva propuesta, más restrictiva que la débil y menos que la fuerte, que tenga en cuenta el aspecto de la distribución de los recursos, como elemento fundamental de la sostenibilidad.

#### 7.1.4 Distribución justa

La distribución justa es un problema fundamental al que se enfrenta la sostenibilidad ya que, no se plantea simplemente la distribución de generaciones futuras, sino la presente también. Hay que distribuir los recursos, sabiendo que ningún capital puede disminuir, y, además, se ha de hacer de forma justa. En este aspecto, la ética toma un papel fundamental, principalmente en el problema de equidad y justicia.

### 7.1.5 Propuesta de síntesis

La sostenibilidad, con todo lo recogido anteriormente, trata de mantener unos niveles de bienestar que no disminuyan, y que sean distribuidos de manera justa en las generaciones presentes y futuras. Para alcanzar el bienestar, Hartwick crea una regla donde defiende que los capitales han de ser agregados, y cada uno no decreciente. Además, una persona será sostenible cuando cree valor, es decir, cuando aporte más valor del que retire.

## 7.2 Caso de estudio

Se trata de un proyecto centrados en la mejora de la sostenibilidad de una región muy concreta en el Amazonas. El proyecto se pondrá en marcha para mejorar la calidad de vida de las personas beneficiadas del mismo y dar respuesta a la situación actual en la que se encuentran los Wampis.

Se va a realizar un estudio acerca del impacto que podría tener la construcción del sistema de captación de agua en la comunidad de Villa Gonzalo, desde el punto de vista ecológico, sanitario, etc.

El estudio de la sostenibilidad se realizará en dos bloques. En el primero se hará un análisis de la sostenibilidad que se pretende obtener una vez implantado el proyecto, es decir, las propuestas para mejorar la situación actual. En segundo lugar, se comentarán posibles alternativas para mejorar la situación a priori insostenible.

## 7.3 Análisis de Sostenibilidad

### 7.3.1 Variación de capitales

#### 7.3.1.1 *Ke: Capital económico*

Si el factor a estudiar genera crédito económico, es un bien. Se consideran por tanto positivos factores como la generación de electricidad, el garantizar agua potable o el

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

suministrar agua para el cultivo. Del mismo modo, se consideran negativos aquellos factores que generan costes como la construcción de infraestructuras.

En Villa Gonzalo, el capital económico se ve poco afectado desde el punto de vista de generación de beneficios para la comunidad. La implantación de sistemas de agua potable no generará ningún beneficio económico ya que el agua obtenida de lluvia su usará exclusivamente para consumo.

Sin embargo, para la implantación de dichos sistemas, habrá que asumir un coste de materiales, transporte, puesta en marcha, etc. El proyecto se promueve desde la Fundación de Ingenieros del ICAI, desde donde se están buscando todo tipo de fondos para financiarlo, a través de donaciones de empresas o particulares.

Los costes que habrá que asumir se pueden muestran en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*

Una vez se ponga en marcha la captación de agua con las fuentes, habiendo realizado la inversión inicial, hay unos costes derivados que son importantes para tener en cuenta. En primer lugar, hay ciertos componentes que son consumibles como son el cloro y el carbón activo. Son elementos que no tienen un coste significativo, pero para promover la autosuficiencia de la comunidad, se irán recaudando fondos de cada familia, cuyo dinero será destinado a reponer las pastillas de cloro y el carbón activo cuando se agoten respectivamente. Con el fin de que el sistema funcione a la perfección, habrá un encargado por cada fuente, para controlar estas pequeñas recaudaciones y verificar el correcto funcionamiento de la misma.

Así mismo, en caso de que se produzca una rotura o fallo del sistema, habrá que proceder a su reparación, y esto siempre conlleva un gasto. Para prever estos gastos se dejará una pequeña cantidad de dinero destinada a este fin, con el objetivo de poder siempre proceder a la reparación de las fuentes, teniendo los medios mínimos para proceder.

Aunque se produzcan pequeños costes derivados de la implantación de los sistemas de captación, no se está cuantificando como beneficio económico el valor que de tener acceso a agua potable, ya que no está destinada a venderse, sino a ser consumida. Los efectos derivados de este consumo se reflejarán sustancialmente en la mejora de la salud de los Wampis. Esto podría producir incluso un ahorro económico en el caso en que las personas afectadas por la fiebre tifoidea o cualquier otra enfermedad derivada del consumo de agua no potable. Si las personas afectadas tienen que acudir a un hospital u obtener ciertos medicamentos, esto supondrá un coste a tener en cuenta, que se podría evitar si las personas tuviesen una buena salud. Evidentemente esta cuestión no solo afecta al nivel económico sino al humano ya que la salud de una persona es un aspecto fundamental cuando hablamos de bienestar.

#### *7.3.1.2 Kn: Capital natural*

Este capital se verá fortalecido con la mejora de las condiciones del terreno para el cultivo y con la reducción de emisiones de dióxido de carbono, por ejemplo. Se verá afectado negativamente si algún elemento del proyecto produce pérdidas de terreno (bien por la anegación del mismo o por su uso para la edificación). O impactos negativos tanto sobre la fauna y flora, como en la vida acuática (por alteración del caudal de un río o, por ejemplo, aumento de la temperatura del agua colindante con una central), o el paisaje del emplazamiento.

Por lo expuesto, resulta lógico comprender que el capital natural sí será alterado, más no tendrá fuertes repercusiones. Para construir el sistema en cuestión, se hará uso del terreno de la comunidad.

Como se ha mencionado anteriormente, la pérdida de terreno que conllevaría la construcción de los sistemas podría ser un problema ya que las casas de los comuneros están rodeadas de los inmensos árboles característicos de la selva amazónica. Los sistemas de captación ocuparán mucho espacio en la comunidad, teniendo en cuenta que

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

se van a instalar 16 estructuras. Por tanto, habría que seleccionar los espacios minuciosamente, teniendo en cuenta que se reducirá el espacio en la comunidad. Para ello, se ha pedido colaboración de los comuneros. Tendrán que dividirse en grupos de unas 9 o 10 familias, con las que compartirán las fuentes, y elegir los emplazamientos donde colocarlas. Preferentemente, las fuentes se ubicarán hacia el exterior, de tal forma que no entorpezca el paso, ni tenga mayor impacto visual.

La fauna no se verá afectada ya que el funcionamiento de los sistemas no afectará a los animales del río ni los de la selva. En cuanto a la flora, no sea necesario la tala de árboles por necesidad de espacio.

Sin embargo, para la construcción de las estructuras que van a soportar el techo, se necesitarán vigas, de madera, y por tanto se talarán los árboles necesarios, en concreto de madera local de la zona, que sea apta para construcción. Para influir positivamente en el capital económico de Villa Gonzalo, los árboles se cortarán allí, contratando incluso a un motosierrista local para realizar la tala. Evidentemente, esto tiene repercusiones en el capital natural ya que se está reduciendo, en una escala muy pequeña el bosque del Amazonas. Sin embargo, se realiza a tan pequeña escala que no afecta en absoluto a la disminución de árboles en la Amazonía.

Sería muy interesante poder influir en la vida acuática de la zona de forma positiva, desde el punto de vista de la reducción de contaminación del río. Sin embargo, la captación de agua de lluvia no afectará en gran medida a los peces que vivan en el río ya que no se está interviniendo en las fuentes de emisión de los contaminantes. La contaminación del río se debe principalmente a las bacterias fecales y coloidales que llegan al río, provenientes de los residuos generados. Estos seguirán estando presentes, aunque se deje de extraer agua del río. No se verán afectados ni la temperatura ni el caudal. La reducción de estos contaminantes se reducirá a medio-largo plazo, con otro tipo de medidas, como, por ejemplo, con la construcción de fosas sépticas. Esto desafortunadamente se escapa del

alcance de este proyecto. Implicaría la concienciación de una zona muy amplia alrededor de la región en cuestión ya que de nada sirve intervenir en Villa Gonzalo o en la comunidad que esté aguas arriba del río, si la siguiente va a generar contaminantes que, a través del río, llegarán aguas abajo.



*Ilustración 38 - Río Santiago.*

*Fuente: Fernando Crespo FICAI.*

El mayor **impacto** será el **visual**, ya que la instalación de 16 estructuras de agua, con los respectivos techos y tanques. Son de tamaño considerable, y no pasarán desapercibidos. Se harán grupos de 10 casas aproximadamente y se instalarán cercanas a ellas, repartiendo los sistemas por toda la comunidad. De este modo, también se minimizará el recorrido hasta los mismos, dando mejor servicio a la comunidad, y reduciendo la distancia a la fuente de agua.

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano



*Ilustración 39 - Depósitos instalados en la comunidad.*

*Fuente: Fernando Crespo FICAI.*

Las **emisiones de CO<sub>2</sub>** tendrán un pequeño impacto ya que el transporte de los materiales se realizará a través del río, en barcos pequeños, que emplean motores que emitirán gases de escape. Sin embargo, la fuente se considera muy pequeña y no repercutirá de forma considerable en la salud de las personas ni la flora y fauna de la zona. Así mismo, para la obtención de las vigas de madera, se usará una motosierra que funciona con gasolina, y emitirá puntualmente una cantidad pequeña de emisiones.

Suponemos el uso de un motor fuera borda de 25 Cv de dos tiempos, como embarcación que usen ellos para transportar los materiales a través del río, hacia Villa Gonzalo.

Los datos de emisiones se han tomado de un motor similar al que se pueda encontrar en el río en estos momentos, como se ve en la *Ilustración 40*.

<b>Evinrude Etec 25 CV 2t</b>	2 tiempos	577 cc	9.65 LPH
-------------------------------	-----------	--------	----------

*Ilustración 40 - Características de un motor fuera borda de 25 CV*

Fuente: <http://www.boat-fuel-economy.com/consumo-fuera-de-borda-evinrude>

Como vemos en los datos obtenidos de un motor que cumple con las características expuestas, calculamos el consumo de gasolina al año.

Suponemos para ello que al día se puede emplear 10 horas, tiempo que tarda en ir y volver al pueblo Nieva, capital del distrito de Condorcanqui. Suponiendo que el transporte total de los materiales necesarios para la construcción de las 16 fuentes de agua se realiza en 40 viajes aproximadamente, podemos estimar las siguientes horas de uso del bote.

$$\text{horas de uso} = 10 \frac{h}{\text{viaje}} \cdot 40 \text{ viajes} = 400 \text{ horas en total}$$

Si el motor consume 9,65 litros/hora, el consumo total de litros será el siguiente:

$$400h \cdot 9,65 \frac{L}{h} = 3860L \text{ totales}$$

Teniendo en cuenta que el factor de emisión de la gasolina es de 2,196 Kg CO<sub>2</sub>/l,

Las emisiones que derivan de motor de fuera borda correspondiente al transporte de material serán:

$$3860L * 2,196Kg \text{ CO}_2/L = 8476,56 \text{ kg CO}_2$$

Fuente para el cálculo de las emisiones: <https://noticias.eltiempo.es/calculadora-emisiones-de-co2-cuanto-emite-coche/>

El resultado obtenido de las emisiones producidas como consecuencia del transporte de los materiales a la comunidad es un dato relevante. Sin embargo, son emisiones

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

producidas de una forma puntual, de modo que no será relevante en la contaminación de la región.

### *7.3.1.3 Ks: capital social*

En el ámbito del capital social, consideraremos beneficioso la colaboración e implicación de las instituciones locales e internacionales, y la colaboración de ambas. Un ejemplo de impacto negativo sobre este capital sería el desplazamiento de la población local.

El proyecto está destinado a dar servicio a La Comunidad. La ubicación de las fuentes ser elegirán en función de las agrupaciones que se realicen entre las familias y se adecuará a la zona. Por ello, la puesta en marcha del proyecto, conllevará ningún desplazamiento población. La puesta en marcha del proyecto implicará la colaboración de la comunidad en la elección de la ubicación de las fuentes, y la organización en grupos, de las familias que vaya a compartir cada fuente. Así mismo, cada grupo de familias, o un grupo concreto de la comunidad, colaborará con la construcción de las estructuras, y serán guiados por una persona que tenga los conocimientos básicos para la llevar a cabo el proyecto hasta que lleguen los voluntarios desde Madrid. De este modo, la “institución local” que además es beneficiaria directa del proyecto, se implicará de manera directa tanto en la construcción de los sistemas de captación como en su manutención.



*Ilustración 41 - Quebrada de un río, cerca de la Comunidad de Villa Gonzalo.*

*Fuente: Fernando Crespo FICAI.*

En la Ilustración 41 podemos ver una de las quebradas que llegan a la comunidad. Los Wampis andan a diario alrededor de 10-15 minutos para obtener agua para beber y cocinar. Sin embargo, como se puede apreciar en la fotografía, la calidad del agua está lejos de ser apta para consumo humano, con las fuertes repercusiones que conlleva en la salud.

En cuanto a las instituciones internacionales, se están implicando empresas y personas particulares que van a financiar el proyecto.

Así mismo, hay una implicación directa del gobierno, cuyo objetivo es llevar agua potable a todo el país. Concretamente a la zona rural para el año 2030. Villa Gonzalo está incluido en este plan de acceso al agua. Sin embargo, el proyecto previsto no se ha puesto en marcha todavía, e implicará una importante obra civil ya que se pretende traer agua de un río a 40 minutos atravesando la selva. Sin embargo, aunque el proyecto tiene un gran

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

alcance, la puesta en marcha tardará todavía años en hacerse. La necesidad de agua en la comunidad es urgente, por lo que la actuación debe hacerse cuanto antes.

### *7.3.1.4 Kh: capital humano*

En cuanto al capital humano, resulta beneficiosa la aportación conocimientos técnicos a las comunidades implicadas y afectadas.

El capital humano en Villa Gonzalo es de gran importancia ya que los comuneros deberán ser autónomos una vez se implanten los sistemas de captación. Para enseñarles los conocimientos necesarios, se realizará un viaje al terreno en el mes de Julio por dos integrantes del proyecto, con el objetivo de formar debidamente a la comunidad. Los principales aspectos a transmitir serán, el mantenimiento de los sistemas y la distribución del agua captada.

En cuanto al mantenimiento, será importante explicarles el funcionamiento de los sistemas para que, en caso de rotura de alguna pieza, sean capaces de conseguirla y cambiarla por ellos mismo. Para ello será necesario un encargado por fuente, que notifique debidamente los daños que se puedan ir produciendo. Para la sustitución de la posible pieza rota, habrá que recaudar fondos para su obtención, por lo que habrá que tener un pequeño fondo de dinero destinado únicamente al mantenimiento de lo que pueda suceder (al igual que para la obtención de los consumibles necesarios). Dado que hay elementos consumibles, también habrá que transmitir al encargado, los tiempos de renovación.

La distribución de las familias por cada fuente se hará mediante una propuesta en la que participará toda la comunidad. De este modo, se podrán realizar grupos de familias que tengan algún tipo de vínculo, y facilitar así el reparto. El agua es limitada, por lo que la

distribución de la misma, sobre todo en los meses secos puede ser un problema. El objetivo será transmitir la forma y la cantidad de agua que se puede extraer de las fuentes por día y por familia, en función del número de personas asignadas a cada una, y que sea lo más equitativo posible para que no se generen posibles conflictos entre ellos.

### 7.3.2 Cercanía a límites críticos

Se estudiará la proximidad a los límites críticos; poniendo el foco en estos, se garantizará que no se compromete ninguno de los capitales. El objetivo es mantener el nivel actual de todos los capitales, no solo el capital agregado (suma de todos los capitales). Para ello, a continuación, se exponen los límites planetarios, y luego se analiza el impacto que puedan generar el proyecto sobre los mismos.

<b>Zona segura:</b>	Se han aplicado las medidas necesarias para tener los problemas pertinentes bajo control.
<b>Zona de incertidumbre:</b>	Resulta difícil cuantificar cómo de comprometidos se encuentran estos límites.
Zona neutra:	Se ha de tener cuidado con estos límites pues actualmente están en un estado de equilibrio temporal, que podría no durar.
<b>Zona de riesgo:</b>	Se han de centrar los esfuerzos en no influir negativamente en estos problemas pues actualmente se están aunando esfuerzos por tratar de controlarlos.

Tabla 5 - Asignación de colores a los tipos de riesgos que puedan haber en límites planetarios

Fuente: (Pedro Linares, 2016)

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

- Reducción del ozono estratosférico
- Acidificación del océano: por la elevada concentración del CO<sub>2</sub> en la atmósfera, casi ¼ de las emisiones pasan al océano.
- Cambio climático
- Usos del suelo: los problemas que genera la agricultura extensiva
- Novel entities: Contaminación química: residuos químicos; es difícil de cuantificar y todavía tienen un amplio rango de investigación.
- Aerosoles: pequeñas partículas que afectan tanto a la salud como al clima. Afectan sobre todo al monzón.
- Uso de agua: escasez de agua dulce

En Villa Gonzalo se va a reducir el consumo de agua de los ríos y quebradas que llegan a La Comunidad, aunque estas estuviesen contaminadas. Se va a aprovechar el agua de lluvia que además contribuirá a la mejora de la salud de los comuneros.

- Ciclos bioquímicos: Fertilizantes nitrogenados y fosforados. Hay un exceso de nutrientes... exceso de plancton y bacterias en los ríos; los ríos mueren.
- Integridad de la biosfera: diversidad compleja: se ha de mantener el equilibrio.

En el resto de límites planetarios, el proyecto que se va a realizar en Villa Gonzalo no tiene repercusión de forma positiva o negativa.

### 7.3.3 Distribución intrageneracional

Ambos trabajos pretenden mejorar la distribución intrageneracional. La idea de trabajar en proyectos de cooperación al desarrollo fue precisamente engendrada por un fuerte sentimiento de injusticia respecto a la equidad tanto intrageneracional como

intergeneracional (pues la pobreza tiende a transmitirse de una generación a otra si no se aplican las medidas necesarias). Creemos que es imperativo que haya una distribución justa de agua, de facto, la declaración universal de los derechos humanos recoge que el acceso al agua debería estar garantizado para todo el mundo. Ver *Anexo I* del agua como derecho humano o el apartado 2.7.

*«En virtud del derecho humano a disponer de agua, todas las personas deben tener agua suficiente, asequible, accesible, segura y aceptable para usos personales y domésticos.»*  
(Justo, 2013)

En Villa Gonzalo no hay acceso alguno a agua potable. Además de no cumplir con un derecho fundamental para los seres humanos, el consumo de agua contaminada provoca todo tipo de enfermedades tales como la fiebre tifoidea, diarreas, entre otras. Esto causa una de las principales muertes en niños menores de 5 años, y por tanto es una cuestión imperativa a resolver.

#### 7.4 Propuestas para mejorar la sostenibilidad

Se parte del supuesto que la situación actual de la comunidad es insostenible. Para dar respuesta a esta situación, se ha propuesto el proyecto que se trata en este documento. Sin embargo, hay otras alternativas al proyecto que se plantean a continuación, en aras de mejorar la situación actual. Son o bien otros posibles enfoques, o bien extensiones que se harían de forma adicional al proyecto principal.

Para mejorar la situación actual de la sostenibilidad de la región en la que se encuentra Villa Gonzalo desde el punto de vista del acceso al agua potable, la cuestión principal sería reducir la contaminación de los ríos. Esta contaminación se produce debido a la falta de tratamiento o almacenamiento de los residuos producidos por los seres humanos. Los

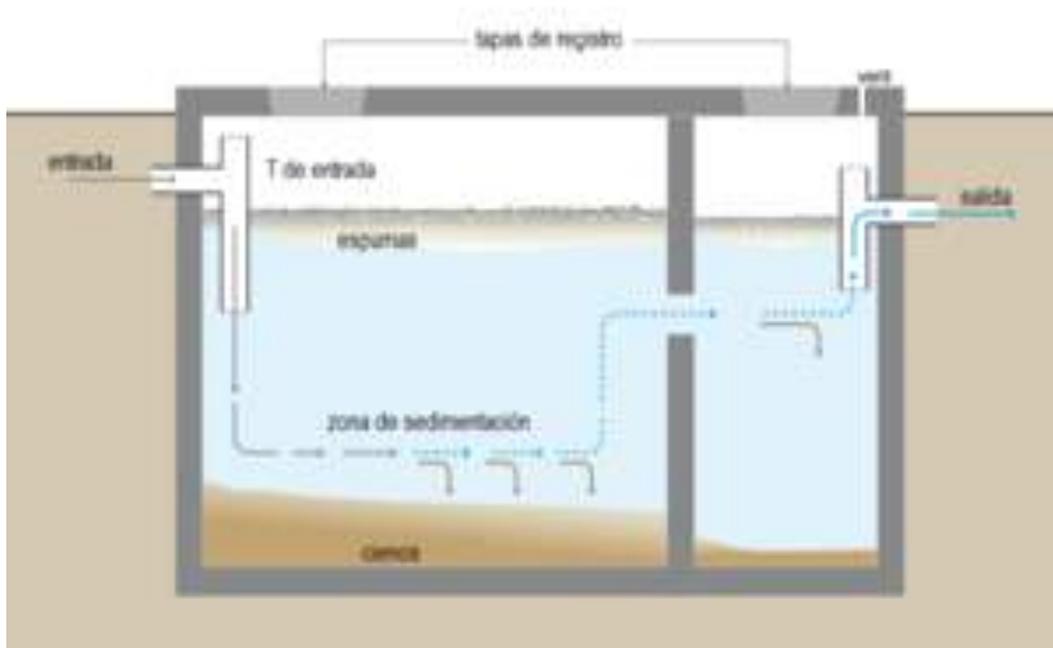
## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

individuos usan el río para lavar con jabones la ropa, lavarse ellos mismo, realizar sus necesidades en las cercanías, donde a través de la lluvia, todo acaba llegando al río, aumentando cada vez más su contaminación.

Instalar sistemas de captación de agua de lluvia es una alternativa que es válida para obtener agua apta para consumo, pero no contribuye a solucionar el problema de raíz. Para reducir la contaminación de los ríos se podrían hacer dos cosas:

### 7.4.1 Instalación de fosas sépticas

Con el fin de tratar las aguas residuales domésticas, mediante la instalación de fosas sépticas se almacenarían de forma adecuada las aguas negras domésticas. Dado que nos encontramos en una zona rural, la instalación de alcantarillado no es una solución viable, por lo que las fosas sería una alternativa adecuada. Además, almacenar los residuos que fuesen llegando de los hogares, se tratarían de forma físico-química separando las materias sólidas dejando paso al agua que se encuentre más limpia para que al salir del sistema, llegue al río más limpia, reduciendo el impacto que hubiese producido antes de instalar la fosa. Sin embargo, este sistema no es tan completo como una estación de depuración de aguas residuales (ETAP), pero es mejor que la situación en la que se encuentra la Comunidad.



*Ilustración 42 - Esquema fosa séptica.*

*Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Fosa\\_séptica](https://es.wikipedia.org/wiki/Fosa_séptica)*

La fosa puede ser de una cámara o de dos cámaras. El principio de funcionamiento es muy sencillo, se basa en la sedimentación de los sólidos que traiga el agua en una primera cámara, donde el agua limpia pasa a la segunda cámara por un conducto de unión. En la segunda cámara sucede lo mismo solo que el agua de entrada está más limpia. Por último, hay un conducto a la salida por el que sale el agua limpia.

El mayor inconveniente que tiene esta solución, además de la concienciación de la sociedad y la inversión que habría que realizar, es la recogida anual en camión cisterna que habría que realizar para vaciar las fosas y que el sistema pueda seguir funcionando. Dada la localización aislada de Villa Gonzalo y el difícil acceso a la Comunidad, sería inviable implantar esta solución. (Pocería Sin zanja, 2016)

#### 7.4.2 Concienciación de la sociedad

Tan importante es la instalación de un sistema que reduzca la contaminación del río como la concienciación de la sociedad con el fin de que los Wampis utilicen los sistemas que se instalan. La cultura de la población Wampis difiere enormemente de la europea y establecer hábitos de costumbre para que la población realice sus necesidades en un habitáculo en lugar del campo no es tarea fácil. Habría que concienciar debidamente a la población. Sin embargo, esto no solo incluye a la comunidad de Villa Gonzalo sino a toda la región del Río Santiago. La contaminación se produce como suma de pequeños elementos, que acaban llegando al río. Para frenar dicha situación, habría que implicar a toda la región llegando incluso a Ecuador.

## 8 Impacto del proyecto

### 8.1 Visual

El impacto más llamativo será el visual, debido al espacio que van a ocupar el conjunto de sistemas a implantar. En total serán 16 sistemas de 30 metros cuadrados cada uno, repartidos a lo largo de la Comunidad. Para minimizar el recorrido de recogida de agua, se instalarán cerca cada grupo de las 9-10 familias que lo vayan a compartir. Este impacto no tiene ningún tipo de repercusión.

### 8.2 Saneamiento

Desde el punto de vista sanitario, el proyecto implicará un cambio significativo. Hasta el momento, se ha obteniendo y empleando agua de las quebradas de los ríos que llegan hasta Villa Gonzalo; todas ellas contaminadas. El hecho de que los miembros de la comunidad tengan acceso a agua apta para consumo, almacenada en depósitos, es una mejora cualitativa desde el punto de vista del saneamiento.

#### 8.2.1 Introducción

Las instalaciones higiénicas de saneamiento son esenciales para la salud pública. Gracias a los planes promovidos por la Organización de Naciones Unidas, se han realizado numerosos planes de saneamiento, concienciando a la población mundial.

Desde 1990, ha aumentado el número de personas que tienen acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas, pasando de 54% a 68%. Sin embargo, alrededor de 2300 millones de personas todavía no disponen de dicho acceso.

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

En 2010, se reconoció el acceso al agua potable y al saneamiento como derecho humano en la Asamblea General de las Naciones Unidas. Se solicitó esfuerzo y colaboración internacional para ayudar a los países a cumplir con el derecho antes mencionado.

Se han realizado progresos considerables con el objetivo de reducir la población que no dispone de acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento, pero quedaron todavía casi 700 millones de personas para alcanzar la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de 2015. (OMS, 2017)

### 8.2.2 Saneamiento y salud

“Unas 842 000 personas de países de ingresos bajos y medianos mueren cada año como consecuencia de la insalubridad del agua y de un saneamiento y una higiene deficientes. Estas muertes representan el 58% del total de muertes por diarrea. Se considera que un saneamiento deficiente es la principal causa de unas 280 000 de estas muertes.” (OMS, 2017)

La diarrea es una de las causas principales de fallecimiento, afectando principalmente a niños menores de 5 años. Sin embargo, se podría prevenir mejorando la calidad del agua que se consume, y el saneamiento de las instalaciones, mejorando la higiene. Con estas medidas, se podrían evitar hasta 361 000 muertes de niños menores de 5 años.

“La defecación al aire libre perpetúa un círculo vicioso de enfermedad y pobreza. Los países en que la defecación al aire libre está más extendida registran el mayor número de muertes de niños menores de cinco años, así como los niveles más altos de malnutrición y pobreza y grandes disparidades en relación con la riqueza.” (OMS, 2017)

### 8.2.3 Beneficios de la mejora del saneamiento

Los beneficios de la mejora del saneamiento incluyen numerosos aspectos relacionados todos con una mejora sustancial en la salud, y por tanto el bienestar. Entre ellos se encuentran los siguientes: (OMS, 2017)

- disminución de los casos de malnutrición y sus consecuencias;
- aumento de la autoconfianza y seguridad, sobretodo en mujeres y niños, incidiendo también en la dignidad de la persona;
- aumento de las asistencias en la escuela, debido en parte a la existencia de instalaciones separadas para las niñas;
- mejora en la recuperación del agua, aprovechamiento de los nutrientes de los desechos fecales.
- la reducción de la propagación de las lombrices intestinales, enfermedades tropicales desatendidas que provocan sufrimiento y en ocasiones defunción de millones de personas;



## 9 Cálculos

### 9.1 Datos de partida

#### 9.1.1 Personas

Familias	143 familias
Personas por familia(media)	6 por familia
Total Beneficiarios	860 personas

Tabla 6 - Número total de beneficiarios en Villa Gonzalo

Fuente: FICAI

#### 9.1.2 Lluvias

	SENAMHI	WB	Media				
	mm	mm	mm	litros	litros/día	litros/día- persona	Capacidad tanque (6 días)
Enero	291,4	217,0	254,2	8661,7	288,7	5,4	1732,3
Febrero	187,8	225,3	206,6	7039,1	234,6	4,4	1407,8
Marzo	353,5	298,3	325,9	11106,3	370,2	6,9	2221,3
Abril	154,6	272,4	213,5	7276,3	242,5	4,5	1455,3
Mayo	276,7	346,9	311,8	10626,0	354,2	6,6	2125,2
Junio	367,2	271,2	319,2	10878,3	362,6	6,7	2175,7
Julio	187,5	253,0	220,2	7505,5	250,2	4,7	1501,1
Agosto	142,3	150,9	146,6	4996,2	166,5	3,1	999,2
Septiembre	191,1	155,4	173,2	5903,1	196,8	3,7	1180,6
Octubre	191,5	163,0	177,2	6040,0	201,3	3,7	1208,0
Noviembre	208,1	220,7	214,4	7306,8	243,6	4,5	1461,4
Diciembre	213,3	204,1	208,7	7111,5	237,1	4,4	1422,3

Tabla 7 - Datos de lluvia con litros asociados a la capacidad de tanque dimensionado (6 días)

Fuente: SENAMHI, WB, FICAI

### 9.2 Dimensionamiento

Para la realización de los cálculos aquí descritos, se ha usado como referencia el libro de Roofwater Harvesting de T.H Tomas y D.B. Martinson. El orden que se ha seguido para dimensionar el RWHS es el que se describe en el libro antes mencionado.

## 9.2.1 Techo

### 9.2.1.1 Área de techado

Type of RWH		700 mm rainfall	1000 mm	1500 mm	2000 mm	>2500 mm
		Roof area needed (m <sup>2</sup> / person)				
Sole source of water annually supplies 95% or more of a 'demand' of 20 lcd	Large tank	14.5	10	6.5	5	4
	V Large tank	12	8	5.5	4	3
Main source supplies 70% of demand of 20 lcd in wet season, 14 lcd in dry season	Medium tank	11.5	8.5	5.5	4	3
	Large tank	9	6	3.5	3	2
Wet season only source supplies 95% of wet-season demand	Small tank	8	5.5	4	3	2.5
	Medium tank	6	4	2.5	2	1.5
Potable water only source supplies 95% of 7 lcd demand throughout year	Small tank	6.5	4.5	3.5	2.5	2
	Medium tank	5	3.5	2.5	1.5	1

Tabla 8 - Área de techo necesario(m<sup>2</sup>/persona) para diferentes tipos de DRWH y tipo de lluvias.

Fuente: (Martinson, 2007)

Para calcular el tamaño del techo identificamos en la tabla la cantidad de lluvia de la zona de estudio, en el caso de Villa Gonzalo (2772,62mm), corresponde con la última columna, y dado que se quiere obtener agua potable, con un depósito de tamaño mediano, correspondería un área 1m<sup>2</sup>/persona.

Hay un total de 860 personas, por tanto, los metros cuadrados totales son:

$$\text{Área total} = \frac{1\text{m}^2}{\text{persona}} \times 860 \text{ personas} = 860 \text{ m}^2$$

El área total se repartirá en un número de estructuras que habrá que determinar, ya que los recursos son limitados. Se busca un compromiso entre el tamaño del techo razonable de tamaño, que sea realizable su construcción y ubicación en la comunidad, y el número de estructuras a construir. Se determina por tanto un área efectiva (proyectada en horizontal) de 30m<sup>2</sup> (estructura de 3 metros de ancho por 10 de largo).

### 9.2.1.2 Material de las planchas para el techo

Type	Run-off coefficient	Notes
Galvanised Iron Sheets	>0.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excellent quality water. Surface is smooth and high temperatures help to sterilise bacteria</li> </ul>
Tile (glazed)	0.6 – 0.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Good quality water from glazed tiles.</li> <li>• Unglazed tile can harbour mould</li> <li>• Contamination can exist in tile joints</li> </ul>
Asbestos Sheets	0.8 – 0.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• New sheets give good quality water</li> <li>• No evidence of carcinogenic effects by ingestion</li> <li>• Slightly porous so reduced run-off coefficient and older roofs harbour moulds and even moss</li> </ul>
Organic (Thatch, Palm)	0.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poor quality water (&gt;200 FC/100 ml)</li> <li>• Little first-flush effect</li> <li>• High turbidity due to dissolved organic material which cannot easily be filtered or settled out</li> </ul>

Tabla 9 - Características del techo en función del material

Fuente: (Martinson, 2007)

Para elegir el material de las planchas que conformarán el techo, es importante tener en cuenta el “Run off coefficient”, es decir el coeficiente de escorrentía superficial que refleja el porcentaje de agua que cae en el techo y no llega a depósito. En la *Tabla 9* vemos los tipos de planchas que podrían conformar el tejado, con sus respectivos coeficientes de escorrentía. La razón por la cual no se han empleado los tejados de cada vivienda es por que son de tipo orgánico y de tamaño reducido, con la suciedad que podría arrastrar a los tanques. Además, tienen un coeficiente de escorrentía muy bajo, lo que dificultaría la captación de agua. Se escogerá por tanto las planchas de acero galvanizado, que proporciona una buena calidad de agua, y las altas temperaturas ayudan a esterilizar la bacteria. Además de ser un material de fácil acceso en el departamento del Río Santiago, proporcionan pérdidas mínimas.

A partir de ahora, para futuros cálculos, Run-Off Coefficient,  $R=0,9$

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

### 9.2.1.3 Diseño del tejado

Plan of house with DRWH System	Name and Notes
	<p><b>A Simple 'Informal' DRWH System</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Very cheap</li> <li>• Collecting run-off from only 1/5 of the roof</li> </ul>
	<p><b>B Front-and-back DRWH System</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimises size and cost of guttering</li> <li>• Two small tanks cost more than one big one</li> <li>• Can be built in two phases – phase 2 is shown dotted</li> </ul>
	<p><b>C Single-tank DRWH System</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Economises on tank cost</li> <li>• Tank does not obstruct windows</li> <li>• Tank may be far from kitchen &amp; bathing place</li> <li>• Gutters have to be large</li> <li>• System is often rather ugly</li> </ul>
	<p><b>D Phased installation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jars are installed as funds become available, phase 1 then phase 2 then phase 3.</li> <li>• Phase 3 jars take overflows from phase 1 and 2 jars and hence hold cleaner water</li> <li>• A common form of DRWH in SE Asia</li> </ul>
	<p><b>E DRWH on Single-pitch roof</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Economical in guttering and tank</li> <li>• Suitable for buildings in trading centres</li> <li>• An alternative tank position is shown dotted</li> </ul>

Tabla 10 - Diseños comunes del sistema de captación de agua de lluvia

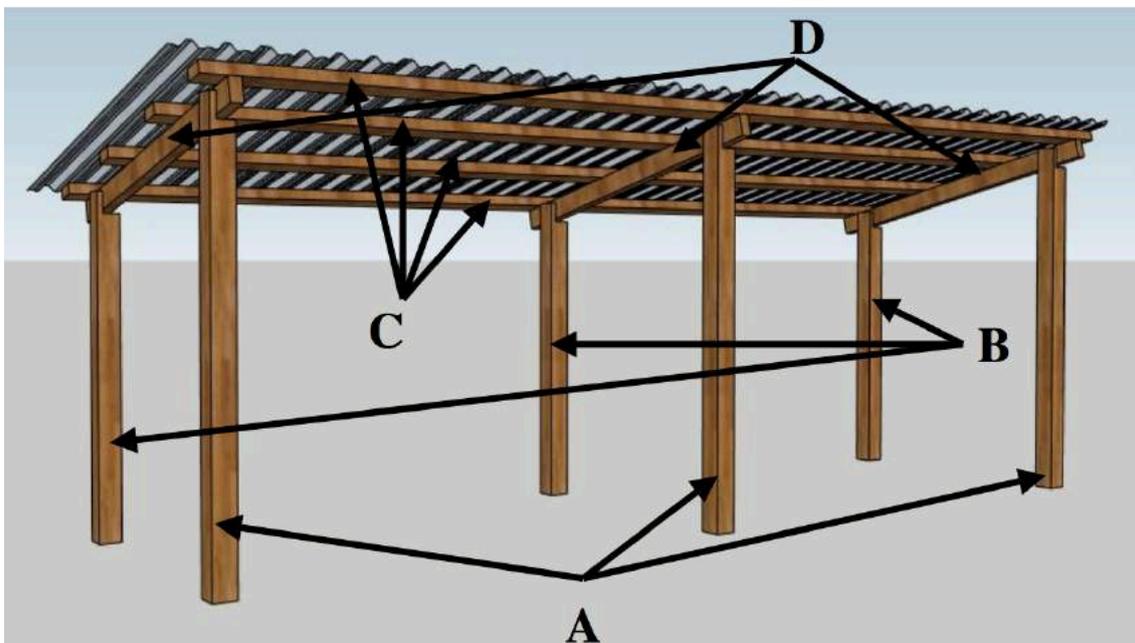
Fuente: (Martinson, 2007)

En la *Tabla 10* se muestran distintas opciones de diseño del tejado. La selección de uno idóneo se realizará mediante el compromiso de sencillez de construcción, y un coste reducido.

La elección será la que se muestra rodeada, es decir, tejado de “un agua”, lo que simplifica considerablemente la construcción y reduce el coste de las vigas. El tanque, se colocará en la esquina del tejado, que se muestra en trazo discontinuo.

### 9.2.2 Vigas

Las vigas necesarias para conformar el tejado del RWHS serán de madera. La experiencia de la población local es suficiente para asegurar la resistencia de dichas vigas, por lo que el dimensionamiento se limita a determinar el tamaño de viga necesario en función de la altura requerida por los elementos del sistema. Es decir, las vigas serán lo suficientemente altas para que quepan el depósito y todo el conexionado de tuberías en la parte inferior del techo. En la *Ilustración 43* se muestran los tipos de viga que componen el techado, y en la *Tabla 11* sus correspondientes tamaños.



*Ilustración 43 - Tipos de viga que componen el techo*

*Fuente: FICAI*

Viga madera columna alta (A)	3 m
Viga madera columna baja (B)	4 m
Travesaño madera techado (C)	10 m
Viga madera techado (D)	3,4 m

*Tabla 11 - Tamaño de los distintos tipos de viga*

*Fuente: FICAI*

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

Para realizar cálculos de resistencia de las maderas se supondrá el uso de madera frondosa de Caoba (clase de madera D30 según el documento básico SE-M) que se encuentra en la Amazonía. <sup>ix</sup>

Para comprobar el cumplimiento de su resistencia se ha empleado el siguiente programa Excel.

Los cálculos se muestran a continuación.

Cargas y Longitud en Pilares					
Aquí debe introducir los datos de los pilares y el momento (si lo hubiera) actuante en la zona a comprobar. Resaltamos que puede haber cargas excéntricas en cada extremo. Las acciones dadas en peso propio (pp) y sobrecarga de uso (su)					
Q <sub>pp</sub> =	6.00 kN	M <sub>pp</sub> =	0.00 kN	h =	0.80
Q <sub>su</sub> =	6.00 kN	M <sub>su</sub> =	0.00 kN		
L =	3.00 m, longitud de cálculo del pilar				
Elegir el tipo de pilar, al que apoye:			PILAR 2 - Empotrado - articulado		

PILARES			
PILAR 1	PILAR 2	PILAR 3	PILAR 4
$\beta = 1.00$	$\beta = 0.80$	$\beta = 0.70$	$\beta = 2.80$

Ilustración 44 - Cargas y longitud supuestas en pilares

Obra :	Techo Sistema de Captación de Agua de Luvias	
Tipo de pieza :	Pilar	

<b>Clase de madera:</b>	D30	<b>FRONDOSAS</b>
-------------------------	-----	------------------

$f_{c,0,k}$ =	23,0	N/mm <sup>2</sup>	Resistencia característica a compresión
$E_{0,k}$ =	10,1	KN/mm <sup>2</sup>	Módulo elástico característico
$\rho_m$ =	5,3	KN/m <sup>3</sup>	Densidad característica

<b>Resist. al fuego :</b>	Sin comprobación
---------------------------	------------------

$D_{ef}$ =	0,0	mm	Profundidad de carbonización
------------	-----	----	------------------------------

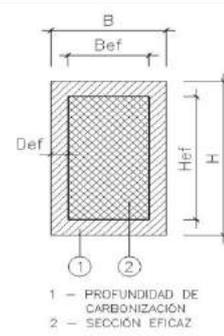
  

<b>Caras expuestas:</b>	2H	+	2B
-------------------------	----	---	----

<b>Clase de servicio:</b>	CS 3
Exterior no protegido	



1 - PROFUNDIDAD DE CARBONIZACIÓN  
2 - SECCIÓN EFICAZ

Propiedades de la sección			
H =	15	cm	
B =	15	cm	
Área =	225,0	cm <sup>2</sup>	
I =	4.219	cm <sup>4</sup>	Momento de inercia (de la sección completa)
W =	563	cm <sup>3</sup>	Momento resistente (de la sección completa)
H ef =	15,0	cm	
B ef =	15,0	cm	
Área ef =	225,0	cm <sup>2</sup>	
I ef =	4.219	cm <sup>4</sup>	Momento de inercia (de la sección eficaz)
W ef =	563	cm <sup>3</sup>	Momento resistente (de la sección eficaz)

Ilustración 45 - Introducción de datos y propiedades de la madera

Cargas y coeficientes						
<b>Cargas permanentes</b>		<b>Sobrecargas de uso</b>				
$N_{pp}$ =	8,10	KN	$N_{su}$ =	9,00	KN	Axil mayorado
$M_{pp}$ =	0,00	m KN	$M_{su}$ =	0,00	m KN	Momento flector mayorado
$Y_{pp}$ =	1,35		$Y_{su}$ =	1,50		Coef. Mayoración
$k_{fi}$ =	1,00	Factor de modificación en situación de incendio				
$K_{mod}$ =	0,65	Factor de modificación según ambiente y tipo de carga				
$K_h$ =	1,00	Coef. Que depende del tamaño relativo de la sección				
$Y_m$ =	1,30	Coef. Parcial seguridad para cálculo con madera maciza				
$b_v$ =	0,85	Coef de pandeo que depende de los apoyos del pilar				
$b_c$ =	0,20	Coef de pandeo que depende del material				

Ilustración 46 - Cargas y coeficientes

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

Inestabilidad de soportes	
Se definen la esbeltez ( $\lambda$ ) y la esbeltez relativa ( $\lambda_{rel}$ ) y a través de ellos los coeficiente $K_v$ y $X_c$ para evaluar el efecto del pandeo en la estructura	
<b>Esbeltez mecánica</b> $\lambda = \frac{\beta_v \cdot L}{\sqrt{I_{ef} / A_{ef}}}$ $\lambda = 58,89$	$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$ $\lambda_{rel} = 0,89$
<b>Esbeltez relativa</b> $\lambda_{rel} = 0,89 > 0,30$ Hay que comprobar pandeo	
<b><math>K_v = 0,96</math></b> $k_v = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3)) + \lambda_{rel}^2$ <b><math>X_c = 0,765</math></b> $X_c = \frac{1}{k_v + \sqrt{k_v^2 - \lambda_{rel}^2}}$	
Estado límite último compresión	
<b><math>f_{c,0,d} = 8,8</math> N/mm<sup>2</sup></b> Capacidad resistente máxima a compresión del material	<b><math>\sigma_{c,0,d} = 0,8</math> N/mm<sup>2</sup></b> Tensión aplicada en la sección eficaz
$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot X_c \cdot \frac{k_{\beta} \cdot f_{c,0,k}}{Y_m}$	$\sigma_d = \left( \frac{N_{pp}^* + N_{su}^*}{A_{ef}} + \frac{M_{pp}^* + M_{su}^*}{W_{ef}} \right)$
$8,8 > 0,8$	
Condición de cumplimiento	
<b>CUMPLE</b>	

Ilustración 47 - Comprobación de la resistencia de los pilares de la estructura

### 9.2.3 Número de sistemas a construir

Con este tamaño de tejado, se deberían construir 29 RWHS. Sin embargo, esto implicaría un coste muy elevado y una difícil ejecución de la obra debido principalmente al transporte de los elementos (29 depósitos, planchas de calamina, tuberías y canaletas, etc). Es por ello que se ha determinado un número de 16 estructuras, compensado el número con una mayor capacidad de tanque.

Construir 16 estructuras implica que habrá un reparto de 54 personas por fuente, lo que corresponde aproximadamente con 9-10 familias. De este modo, el tamaño de los sistemas no será excesivamente grande, ni ocupará tanto espacio en la Comunidad.

## 9.2.4 Tanque

### 9.2.4.1 Capacidad

Para dimensionar la capacidad del tanque, se ha de tener en cuenta el tipo de clima de la zona de instalación. Villa Gonzalo, y en general el Amazonas peruano, se encuentran en la zona A, es decir, no hay mes con lluvias menores de 20mm, es uniformemente húmedo, y se confirma en la siguiente *Tabla 12*.

Africa	Zone	Asia	Zone	Latin America	Zone
Burundi / Rwanda	B	Bangladesh	C	Amazon (Brazil/ Ecuador/Peru)	A
Cameroon	B	Cambodia	D	Andes (Colombia/ Ecuador/Peru)	C
Congo (DRC & CR)	B	China S	C	Brazil (coast/ plateau)	C/D
Côte Ivoire (South/ North)	B/D	India Deccan/NE	C/D	Belize	A
Ethiopia	D	Indonesia	A	Caribbean (South)	C
Gabon / Equat'l Guinea	C	Malaysia	A	Costa Rica / El Salvador	D

*Tabla 12 - Zonas climáticas aproximadas (de A a D)*

*Fuente: (Martinson, 2007)*

Para calcular el volumen del tanque, seguiremos la siguiente fórmula:

$$V = ADR \times N$$

*Ecuación 1 - Volumen del tanque*

*Fuente: (Martinson, 2007)*

Se ha de calcular en primer lugar el ADR, es decir, los litros que se pierden diariamente por escorrentía.

$$ADR = (\text{área del techo en } m^2) \times \frac{\text{lluvias locales anuales en mm}}{\text{días de uso al año}} \times R$$

Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

$$ADR = 30 * \frac{2771,62}{\frac{365}{0,9}} = 205 \text{ L/día}$$

Para dimensionar el volumen del tanque, atendiendo al coste y la satisfacción que debe producir en los usuarios, se usará la siguiente Tabla 13, en la que calcularemos un volumen mínimo y máximo satisfaciendo entre el 85 y 97%.

Climate Zone (as Table 6.10)	Objective of Design			
	I Shortest payback	II Low cost satisfaction = 70%	III Medium cost Satis. = 85%	IV High cost Satis. = 97%
Zone A Uniform humid	N <5 days	N <5 days	N = 5 days	N = 15 days
Zone B Two dry seasons	N <5 days	N = 6 days	N = 14 days	N = 60 days
Zone C One dry season	N <5 days	N = 8 days	N = 40 days	N = 160 days
Zone D Monsoon	N <5 days	N = 13 days	N = 80 days	N = 220 days

Tabla 13 - Tamaño recomendado de tanque en "N" días

Fuente: (Martinson, 2007)

$$V_{min} = 205 * 5 = 1025L \text{ (satisfacción del 85\%)}$$

$$V_{max} = 205 * 15 = 3075L \text{ (satisfacción del 97\%)}$$

Sabiendo que entre ambos valores de volumen de depósito se está en un nivel de satisfacción adecuado, se ha determinado un volumen de **2500L**.

#### 9.2.4.2 Material de tanque

En la región peruana los tanques de polietileno se encuentran con facilidad y su uso como tanques de almacenamiento está bastante extendido (razón de mucho peso en la selección del material). Algunas de las características que cabe mencionar son:

Este material además hace del tanque son más ligeros, fuertes y menos costosos que otros materiales, ofreciendo un rendimiento superior. Esto repercute en un menor coste de transporte.

Tiene también protección contra los rayos ultravioleta, que cobra importancia debido a las horas de sol a las que está expuesto.

Protege el agua que se encuentra en el interior, impidiendo que se alteren sus características físicas y químicas, ejerciendo de barrera contra agentes externos. El líquido no adquiere olores ni sabores.

La fabricación se realiza de una sola vez, impidiendo que se produzcan filtraciones, pérdidas de agua, fisuras o roturas que podrían ser peligrosas.

El tanque fabricado de este material garantiza la ausencia de contaminación que se podría producir, como consecuencia del contacto con el agua. El polietileno ofrece una gran resistencia a la corrosión y a la propagación de bacterias que podrían generar infecciones y daños en el propio depósito. Incluso en condiciones ambientales extremas, es un termoplástico que tiene una magnífica resistencia a la corrosión.

Además, y como aspecto relevante, el polietileno no requiere de ningún mantenimiento.

(nuevoaristegui, 2015)

#### *9.2.4.3 Colocación*

La colocación del tanque puede ser a varias alturas con respecto al suelo. En la *Tabla 14* se muestran las ventajas y desventajas de colocar el tanque elevado o bajo tierra.

## Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

	Pros	Cons
Above ground	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allows for easy inspection for cracks or leakage</li> <li>• Water extraction can be by gravity and by tap</li> <li>• Can be raised above ground level to increase water pressure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Require space</li> <li>• Generally more expensive</li> <li>• More easily damaged by accidents</li> <li>• Prone to attack from weather</li> <li>• Failure can be dangerous</li> </ul>
Underground	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surrounding ground gives support allowing lower wall thickness and thus lower costs</li> <li>• Difficult to empty accidentally by leaving tap on</li> <li>• Requires little or no space above ground</li> <li>• Unobtrusive</li> <li>• Water is cooler</li> <li>• Some users prefer it because "it's like a well"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Water extraction is more problematic – often requiring a pump, a long pipe to a downhill location or steps</li> <li>• Leaks or failures are difficult to detect</li> <li>• Possible contamination of the tank from groundwater or floodwaters</li> <li>• The structure can be damaged by tree roots or rising groundwater</li> <li>• If tank is left uncovered, children (and careless adults) can fall in, possibly drowning</li> <li>• Heavy vehicles can drive over a cistern causing damage</li> <li>• Cannot be easily drained for cleaning</li> <li>• Unsuitable for areas where the water table rises above the bottom of the tank</li> <li>• Usually unsuitable when soils are loose</li> </ul>

Tabla 14 - Ventajas y desventajas de las distintas colocaciones del tanque

Fuente: (Martinson, 2007)

En el caso de Villa Gonzalo, se ha determinado la construcción por encima de la tierra por varios motivos, además de los que ya aparecen en la tabla.

- No necesita uso de bomba para la extracción de agua, ya que esto aumentaría considerablemente el coste y dificulta el mantenimiento de la misma.
- El control de fugas y mantenimiento será más sencillo.

Cabe destacar, que aunque el tanque esté situado sobre el suelo, se colocará encima de una pequeña estructura de madera para elevarlo medio metro por encima del suelo. De esta forma, se facilitará la extracción de agua a través del grifo y en las horas de lluvia, el agua fluirá por debajo sin incidir en el tanque. Esta elevación tiene especial importancia en el caso de desbordamiento de los ríos (en Villa Gonzalo no suele darse esta situación pero se instalará la estructura por prevención y comodidad).

### 9.3 Resultado obtenido

El resultado que se espera obtener, teniendo en cuenta los cálculos realizados anteriormente, se reflejan en la siguiente *Tabla 15*.

Para ello, se ha tenido en cuenta la capacidad total del tanque, que estará más lleno en temporada de lluvias, y amortiguará por tanto la temporada seca, donde antes el mes más escaso de agua era agosto. Agosto ahora cuenta con 4,4 litros por persona y por día, mientras que septiembre y octubre con 3,7 litros por persona y día.

Es evidente que no cumple con la cantidad de agua mínima establecida por la OMS de 100 litros diarios por persona, pero sí para la cantidad necesaria para beber y cocinar.

Mes	Teniendo en cuenta almacenamiento estacional					
	Demanda media	Prod. - Demanda	Acumulación	Limitado por tanque	litros consumidos	Litros cons/día persona
Enero	7870,9	790,8	790,8	790,8	7870,9	4,9
Febrero	7870,9	-831,8	-41,0	0,0	7830,0	4,9
Marzo	7870,9	3235,4	3194,5	2500,0	8606,3	5,3
Abril	7870,9	-594,6	2599,9	1905,4	7870,9	4,9
Mayo	7870,9	2755,1	5354,9	2500,0	10031,4	6,2
Junio	7870,9	3007,4	8362,4	2500,0	10878,3	6,7
Julio	7870,9	-365,4	7996,9	2134,6	7870,9	4,9
Agosto	7870,9	-2874,8	5122,2	0,0	7130,7	4,4
Septiembre	7870,9	-1967,8	3154,4	0,0	5903,1	3,7
Octubre	7870,9	-1830,9	1323,5	0,0	6040,0	3,7
Noviembre	7870,9	-564,1	759,4	0,0	7306,8	4,5
Diciembre	7870,9	-759,4	0,0	0,0	7111,5	4,4

*Tabla 15 - Litros obtenidos al día por persona teniendo en cuenta la acumulación de agua en el tanque a lo largo de los meses*

*Fuente: FICAI*



## 10 Presupuestos

Los presupuestos que se han realizado en Perú se encuentran en el Anexo VIII.

El total actualizado en Julio de 2018, realizado de forma global es el siguiente.

Presupuesto	Cantidad
Materiales	7700
Maderas	4300
Mano de obra y desplazamiento de socios locales	3000
Filtros y dispensadores	1000
Otros	1500
Total	17500

*Tabla 16- Presupuestos del proyecto actualizados Julio 2018*

Captación de agua de lluvia en una  
Comunidad del amazonas peruano

## 11 Anexos

### Anexo I Solicitud de información de la comunidad de Villa Gonzalo al Gobierno Regional

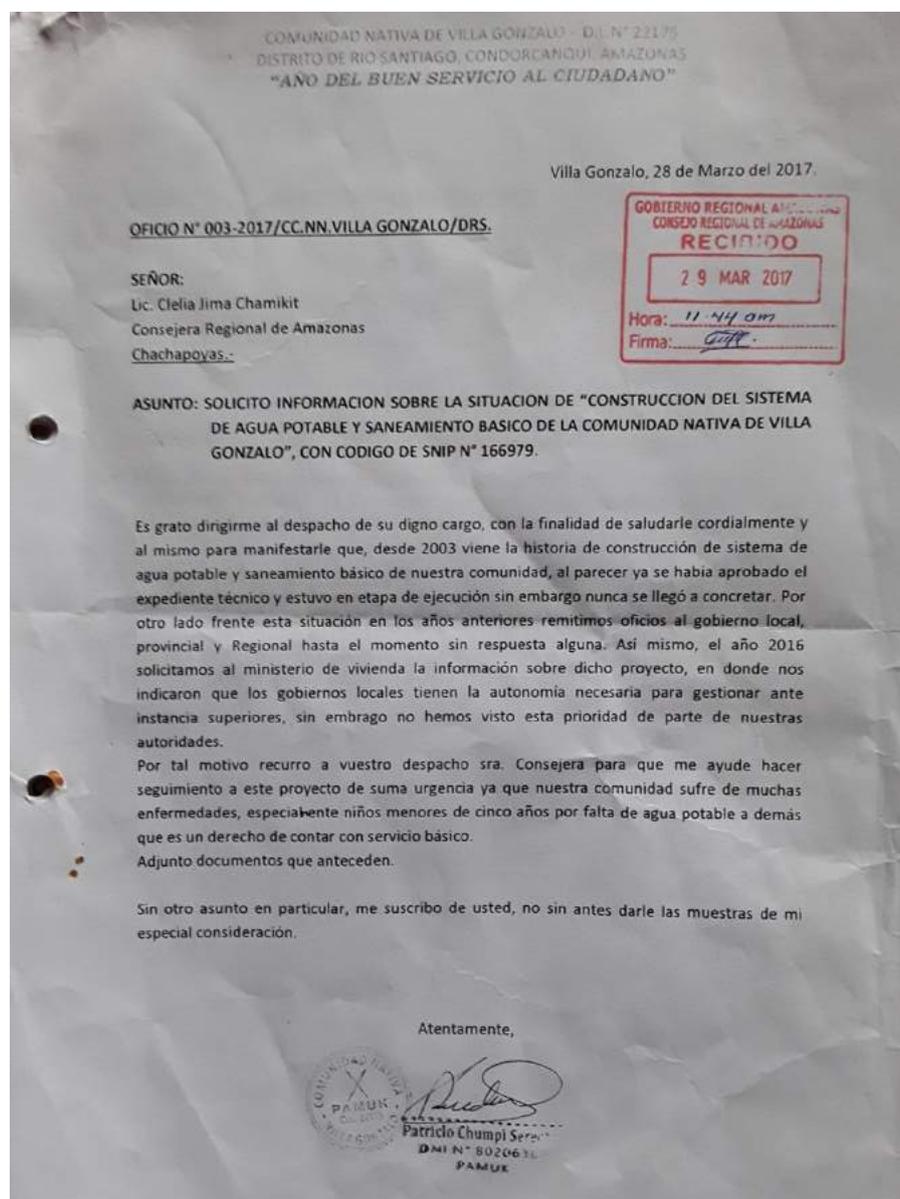


Ilustración 48 - Solicitud de información de la comunidad de Villa Gonzalo al Gobierno Regional

Fuente : FICAI

### Anexo II El derecho humano al agua



Ilustración 49 - Derecho humano al agua

Fuente: (ONU, 2014)

## Anexo III Ficha técnica filtro de gruesos



# Product Specifications





**Product:** Leaf Eater® Original with Clean Shield™ Rain Head

**Code:** RHLE08 – 90mm  
RHLE09 – 100mm

The Original High Performance Rain Head  
- now with Enhanced Performance

### Product Description

**Keeps your Rain Harvesting system free of mosquitoes, vermin and debris.**

The Leaf Eater® Original with Clean Shield™ is the original high performance rain head - now with enhanced performance. Not only does it protect the home by preventing gutters from blocking and flooding eaves, the Leaf Eater® Original with Clean Shield™ also improves water quality and reduces tank maintenance. The Leaf Eater® Original with Clean Shield™ is ideal for use purely as a debris removing device even when rainwater is not being collected. The single screen incorporates Clean Shield™ technology which deflects leaves and debris away from the flow of water. This minimises maintenance and enhances catchment efficiency.

### Features and Benefits

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Upgraded with new debris shedding single screen technology (Clean Shield™)</li> <li>• Minimal maintenance</li> <li>• Enhanced flow rate capacity</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superior catchment efficiency at low and high flow rates</li> <li>• A single mosquito proof stainless steel mesh screen with 0.955mm aperture</li> </ul>
--	---

### Compliance & Guidelines

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Queensland Development Code MP 4.2 – Water Saving Targets</li> <li>• AS/NZS 3500.3:2003 Plumbing and Drainage – Stormwater Drainage</li> <li>• HB230:2008 Rainwater Tank Design and Installation Handbook</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enHealth Council – Guidance on the Use of Rainwater Tanks – Preventing Mosquitoes Breeding</li> <li>• Queensland Health Regulations 1996 (Part 8 – Mosquito Prevention)</li> </ul>
---	---



1800 06 77 44

[www.rainharvesting.com.au](http://www.rainharvesting.com.au)

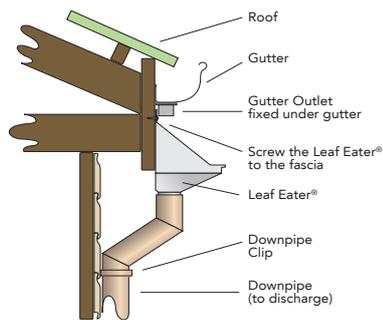
*Ilustración 50 - Ficha técnica filtro de gruesos (Página 1 de 2)*

*Fuente: (Anon., s.f.)*

## Installation

### AT GUTTER INSTALLATION

1. Remove the existing Gutter Outlet from the roof guttering system.
2. Hold the new Gutter Outlet against the fascia and against the bottom and rear of the gutter where the new outlet hole is to be, then using the gutter outlet as a template, draw around the inside of the outlet to mark the underside of the gutter for the new hole and cut out with tin snips. Fit the gutter outlet to the gutter, secure it using pop rivets or screws. Place a small amount of sealant in the sealant groove.
3. Mount the main body of the Rain Head evenly under the gutter outlet by securing it to the fascia with pop rivets or screws, making sure the backing plate fits snugly up to the bottom edge of the gutter but NOT between the fascia and back edge of the gutter.
4. The Leaf Eater® Original is now ready for connection to the downpipe. Do NOT glue the Leaf Eater® Original to the downpipe. SECURE with a screw for easy replacement.



### Painting your Leaf Eater® Original

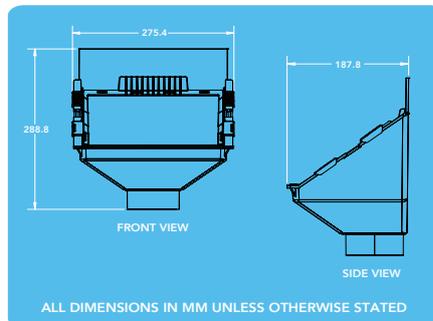
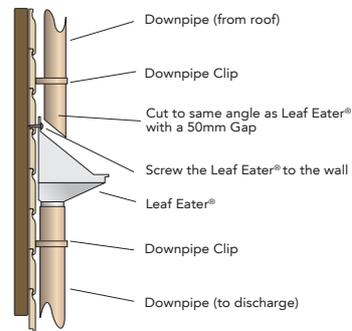
The main body of the Leaf Eater® Original is made from a lead free PVC and can be painted to complement the building. For best results wash down with methylated/white spirit and then paint. It is not recommended to paint the frame of the Clean Shield™ screen, therefore remove the Clean Shield™ screen when painting.

### MID-MOUNT INSTALLATION

To improve access for cleaning, Leaf Eater® Original Rain Heads can be mounted on a wall at a convenient height. When "pushing water" over long runs and depending on the volume of water required to be moved, the Rain Head may need to be mid-mounted more than 1.2m above the discharge point.

It is important to note that when mid-mounting, the flow directional benefits of the rectangular gutter outlet supplied with the Leaf Eater® Original will be lost. However this is to be balanced with the benefits gained from easier access for maintenance.

For mid-mounting, discard the top flow-directional gutter outlet. Cut the entry downpipe at 45° allowing 50mm clearance between the pipe and the mozzie screen. This ensures the end of the pipe is parallel to the screen and helps direct the water onto the face of the screen most effectively.

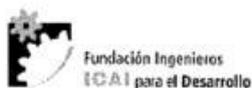


## Maintenance

The Clean Shield™ screen is mostly self cleaning. If cleaning is required, simply lift the Clean Shield™ screen out by taking hold of the quick release tabs and pull the screen upwards and outwards, then hose or brush off.

DISCLAIMER This product specification is not a complete guide to product usage. Further information is available from Rain Harvesting Pty Ltd and from the Installation and Operating Instructions. This specification sheet must be read in conjunction with the Installation and Operating Instructions and all applicable statutory requirement. Product specifications may change without notice. © Rain Harvesting Pty Ltd

## Anexo IV Certificado donación Castillo de Canena



D. Ricardo Navas Hernández en calidad de gerente de la Fundación de Ingenieros del ICAI para el Desarrollo, con domicilio social en C/ Reina 33., 28004 Madrid y CIF G85027308,

## CERTIFICA:

1. Que la Fundación de Ingenieros del ICAI para el Desarrollo es una entidad privada sin ánimo de lucro e inscrita en el Registro de Fundaciones Asistenciales del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales bajo el número 28/1.441 y que está acogida a lo dispuesto en la Ley 49/2002 de régimen fiscal de las entidades sin fines lucrativos.
2. Que CASTILLO DE CANENA OLIVE JUICE S.L. con CIF/NIF B23514623 ha realizado durante el ejercicio 2018 una aportación económica de 3.000,00 euros como apoyo a la Fundación de Ingenieros del ICAI para el Desarrollo.
3. Que dicha cantidad se entrega con carácter de donación irrevocable y es recibida como tal.
4. Que el importe donado se destina al cumplimiento de los fines específicos de la Fundación de Ingenieros del ICAI para el Desarrollo.

Y para que conste, donde hubiere lugar, se expide el presente certificado en Madrid a 9 de Mayo de 2018

Ricardo Navas Hernández

A handwritten signature in black ink is written over a circular official seal. The seal contains the text 'FUNDACION INGENIEROS DEL ICAI PARA EL DESARROLLO' around the perimeter and a central emblem.

## Anexo V Organización de la Comunidad para la instalación de 16 tanques

**COMUNIDAD NATIVA DE VILLA GONZALO**  
**ORGANIZACION DE LA COMUNIDAD PARA LA INSTALACION DE 16 TANQUES**

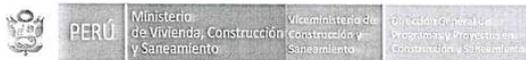
Para el efecto de mejor instalación de tanques en puntos estratégicos, la comunidad se ha organizado por sectores, que a continuación se detalla:

SECTOR	RESPONSABLE	N° DE FAMILIAS	N° DE TANQUES/SECTOR
01	Cirilo Serecam Huaniaco	44	5
02	Mateo Serecam Huaniaco	34	4
03	Raúl Shirap Ampam	43	5
04	Adolfo Chuin Ahuananchi	22	2
<b>TOTAL</b>		<b>143</b>	<b>16</b>

**CONFORMACION DE COMITÉ:**

1. PRESIDENTE: Edison Mashingash Ti *CEL. N° 969 281 262*
2. SECRETARIO: Grover Serecam Asach
3. TESORERA: Miriam Sunka Petsain

*1911 + 00 +*



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

**MEMORANDO N° 003-2018-VIVIENDA-VMCS/DGPPCS**

**PARA :** JOSE ALEX FIESTAS RAMÍREZ  
Director  
Oficina de Atención al Ciudadano

**Asunto :** Atención a consulta web formulada por la señora Laura Lagua García

**Referencia :** Memorándum N° 041-2018/VIVIENDA-SG-OAC

**Fecha :** Lima, 22 FEB 2018

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, mediante el cual traslada la consulta realizada por la señora Laura Lagua García acerca de la colaboración de los fondos de inversión de agua segura para un posible financiamiento de un proyecto que han realizado para abastecer de agua pluvial a la localidad de Villa Gonzalo, en la provincia de Condorcanqui.

Al respecto, es importante señalar que actualmente el Fondo de Inversión de Agua Segura, creado por Decreto Legislativo N° 1284 se encuentra en implementación; por lo que, no es factible financiar algún proyecto.

Atentamente,



*José Salardi Rodríguez*  
**José SALARDI RODRÍGUEZ**  
Director General  
Dirección General de Programas y Proyectos  
en Construcción y Saneamiento



JSR/RZR/atq



**JOSÉ ALEX FIESTAS RAMÍREZ**  
Director de la  
Oficina de Atención al Ciudadano  
Ministerio de Vivienda, Construcción  
y Saneamiento

Art. 115 del T.U.O. de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General. (...) 2 El derecho de petición administrativa comprende las facultades de presentar solicitudes en interés particular del administrado; (...) 3 las facultades de pedir informaciones, de formular consultas y de presentar solicitudes de gracia. (...) 4

Art. 21 del ROP: "Son funciones de la Oficina de Atención al Ciudadano las siguientes: el canalizar, coordinar y facilitar la atención de las quejas, reclamos, consultas y denuncias formuladas por los usuarios del Ministerio. (...) 7"

Paseo de la República  
San Isidro, Lima 27,  
[www.vivienda.gob.pe](http://www.vivienda.gob.pe)  
Telf: (511) 211-7930

Anexo VI Comunicado con el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento Peruano para financiación.

Captación de agua de lluvia en una  
Comunidad del amazonas peruano

Anexo VII Acta de acuerdo de la implantación de las fuentes en la  
Comunidad (24 de abril de 2018).

ACTA DE ACUERDO

En la comunidad de Villa Gonzalo, comprensión del distrito de Río Santiago, provincia de Condorcanqui, Región Amazonas. A los veintiuno días del mes de abril de dos mil dieciocho, siendo las horas 9: 30 de la mañana, nos reunimos en el local comunal en reunión convocada por el profesor Edison Mashingash Ti, en su condición de apu de la comunidad; quien dio la bienvenida a los presentes e informó a los presentes que el punto a tratar es sobre la implementación de recolección de agua de lluvia en la comunidad de Villa Gonzalo.

Después de la intervención de muchos comuneros sobre la propuesta se llegó a los siguientes acuerdos:

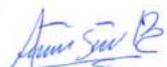
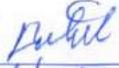
1. Aceptar la propuesta de implementar la recolección de agua de lluvia en la comunidad de Villa Gonzalo.
2. Colaborar con los materiales de construcción.
3. Ubicar los terrenos para la construcción para la ubicación de los tanques.

No habiendo otros puntos que tratar, se dio por termina la reunión, siendo las 12 de la mañana del mismo día, pasando a firmar todos los presentes para dejar constancia.



EDISON HASHINGASH TI  
PAMUK

DNI : 33768938

 Rizki Sunika Patsain DNI: 43319718	 EDISON HASHINGDSHTI PAHUK DNI: 33769938	
 Blanca Nalwech M. DNI: 33769865	 Ambrosio Sorolam A B. CECETAO CECUNIDAO DNI: 48101893	
 Hidolfo Asacha DNI: 42326675	 Kolbe Ti N. DNI: 45888254	
 Paul Asacha W. DNI: 45355345	 Diana Patsain Y DNI: 44445835	 Angela Asacha Y DNI: 44447313
 Anita Reutiger W. DNI: 33769711	 Mateo Sorolam Asach DNI: 33767326	 Gladis Tserem Somarom DNI: 45364888
 Rosa Asach Wok DNI: 33769712	 Mirza Sandhin N DNI: 46915645	 Angelika Wajuyat T DNI: 33767325
 Eyoysa Ahuonanchi S. DNI: 35459773	 Benito Tsamaran DNI: 46520970	 Celestina Chum A DNI: 33769692
 Pablo Asach Y DNI: 33769777	 Alicia Sanchez P DNI: 47423550	 Nilma Patsa T DNI: 33769740
		

Anexo VIII Presupuesto de compra elementos del sistema de captación

Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano



**COTIZACION N° 04**

**FECHA: 26 / 04 / 2018**

**SEÑOR:** FUNDACION INGENIEROS PARA EL DESARROLLO – VILLA GONZALO

**PROVEEDOR:** COMERCIOS RIOSSELVA – LA POZA RIO SANTIAGO

**TELEFONO:** 961010747

**CONSTANCIA:** REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES

**DOCUMENTO DE EMISION:** BOLETA y/o FACTURA

**TIEMPO DE ENTREGA:** 15 DIAS DESPUES DE LA FIRMA DEL CONTRATO

**MODALIDAD DE ENTREGA:** PUESTO EN LA COMUNIDAD – RIVERA DEL RIO

N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNID. MEDIDA	P.UNID.	P. TOTAL
01	CALAMINA GALBANIZADA 0.22 X 360	192	unid.	31.00	5952.00
02	CANALON GALBANIZADO PESADO X 1/32 mm CON ENBUDO SALIDA DE 4"	160	mts	18.00	2880.00
03	TUBO PVC X 4" x 3 mt PACVCO	(54 tubos) 160 mt	unid	24.00	1296.00
04	CODO PVC X 4" PACVCO	80	unid	8.00	640.00
05	TEE PVC X 4" PACVCO	16	unid	10.00	160.00
06	TUBO PVC X 2" PACVCO	(27 tubos) 80 mt	unid	14.00	378.00
07	CODO PVC X 2" PACVCO	32	unid	4.00	128.00
08	LLAVE GRIFO ½" ITALIANA ORIGINAL	16	unid	22.00	352.00
09	TANQUE POLITILENO X ETERNIT AZUL X 2500 LIT	16	unid	1100.00	17600.00
<b>TOTAL</b>					<b>29386.00</b>

**NOTA:** Los materiales se entregaran nuevos y en buenas condiciones de presentarsé desperfectos, la responsabilidad es de la empresa proveedora

La Poza, 26/04/2018

**Comercios Rioselva**

*(Handwritten signature in blue ink)*  
**CORPORACION RIOSSELVA**  
 Calle Jirón Pichincha  
 P.O. Box 1111  
 RUC: 10272962311

**COTIZACION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION  
(SOLO MADERAS)**

Esta cotización se ha trabajado con un maestro carpintero de la comunidad de Villa Gonzalo, teniendo como base un techado con 12 planchas de calamina (0,8x3,6 m.) ya que las medidas de madera que figuran en la propuesta de la Fundación no se ajustan a las medidas para una construcción con 12 planchas de calamina.

Por otro lado, en nuestra zona la venta de madera es por METRO y PIE dependiendo del tipo y la calidad de madera.

- ✓ Madera para columna (shungo) hay precios de S/. 25.00 y S/. 30.00 por metro.
- ✓ Madera para techado:
  - Madera blanca S/. 2.50 / pie
  - Madera fina S/. 3.00 /pie

**PRECIO QUE PROPONE LA COMUNIDAD:**

- ☞ Madera para columna (shungo): S/. 20.00/metro
- ☞ Madera para techado: S/. 2.00/pie.

**OBSERVACIONES:**

1. Un techado con 12 planchas de calamina (0,8x3,6 m.) se necesita soleras de 7.5 metros.
2. Un techado con 12 planchas de calamina (0,8x3,6 m.) se necesita cintas de 8 metros.
3. Un techado de 10 metros de largo se necesitaría 16 planchas de calamina (0.8x3,6 m.) y no 12 planchas como figura en la propuesta de la fundación.
4. Finalmente el techado tendría 7.5 metros de largo por 3 metros de ancho (12 planchas de calamina en fila). Y no de 10 metros.

El siguiente cuadro que detalla los costos es a base los precios propuesto por la comunidad.

Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

DETALLE DE LA MEDIDA, CANTIDAD Y COSTO

N°	DESCRIPCION	MEDIDAS	CANTIDAD/ ESTRUCTURA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD TOTAL	P.U.SOLES	COSTO / ESTRUCTURA S/.	COST TOTAL
01	Madera para columna (shungo)	3 metros (4"x4")	3	metros	48 horcones	S/ 20/m. (S/ 60.00)	180.00	2, 881
02	Madera para columna (shungo)	4 metros (4"x4")	3	metros	48 horcones	S/ 20/m. (S/ 80.00)	240.00	3, 841
<b>Madera para techado</b>								
03	Solera	7.5 metros (5"x2")	2 (40 plies)	metros/Pies	32 (640 plies)	S/2/plie (20 plies) (S/ 40.00)	80.00	1, 281
04	Cintas	8 metros (2"x3")	4 (52 plies)	metros/plies	64 (832 plies)	S/ 2/plie (13 plies) (S/ 26.00)	104.00	1, 661
05	Vigas	3.5 metros (4"x2")	4 (7 plies)	metros/plies	64 (448 plies)	S/ 2/plie (7 plies) (S/ 14.00)	56.00	891
<b>Madera para soporte de tanque</b>								
06	Columna de Shungo	1.80 metros (5"x5")	4	metros	64 horcones	S/ 20/m. (S/ 36.00)	144.00	2, 301
07	Tablones	2 metros (8" x 3")	10 (120 plies)	metros/plies	160 (1, 920 plies)	S/ 2/plie (12 plies) (S/ 24.00)	240.00	3, 841
							<b>S/ 1, 044.00</b>	<b>16,704</b>



## 12 Bibliografía

Amazonia, E. p. d. p., 2000. *monografias.com*. [En línea]  
Available at: <http://www.monografias.com/trabajos5/amazon/amazon.shtml>  
[Último acceso: 09 Junio 2018].

amazónica?, i. p. e. l. s., 2017. *teleSUR*. [En línea]  
Available at: <https://www.telesur.tv/news/Que-problemas-enfrenta-la-selva-amazonica-20171130-0036.html>  
[Último acceso: 09 Junio 2018].

Anon., s.f. *AUARA – El agua con valores | Marca de agua mineral natural 100 ...* [En línea]  
Available at: <https://auara.org>

Anon., s.f. *Ayudandonos: El Nuevo Programa de Donaciones / Accenture*. [En línea]  
Available at: [https://www.accenture.com/t00010101T000000Z\\_w/es-es/acnmedia/PDF-57/Accenture-Bases-Convocatoria-Abierta-AyudanDonos.pdf](https://www.accenture.com/t00010101T000000Z_w/es-es/acnmedia/PDF-57/Accenture-Bases-Convocatoria-Abierta-AyudanDonos.pdf)

Anon., s.f. *Rain Harvesting*. [En línea]  
Available at: <https://rainharvesting.com.au/product/downpipe-first-flush-diverters/>  
[Último acceso: 09 Junio 2018].

Cárdenas, L. L., 2016. *Agua: eje único y transversal*. [En línea]  
Available at: <http://www.elperuano.com.pe/eppo/noticia-agua-eje-unico-y-transversal-40712.aspx>  
[Último acceso: 10 Junio 2018].

Carbotecnia, 2014. *Cuándo cambiar el carbón activado*. [En línea]  
Available at: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/carbon-activado-frecuencia-de-cambio/>  
[Último acceso: 10 Junio 2018].

Chinen, M. O., 2016. *El Peruano*. [En línea] Available at: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/doc\\_siga/catalogo/ctlogo\\_familias\\_planchas\\_acero\\_galvanizado.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/doc_siga/catalogo/ctlogo_familias_planchas_acero_galvanizado.pdf)

[Último acceso: 10 Junio 2018].

Corley, C., 2017. *Implementation – Post-Trip Report*, s.l.: s.n.

Daniel Garraín, R. V. V. F. P. M., 2008. *ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DEL RECICLADO DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD*, Valencia: s.n.

Industrial, 2013. *Cisternas y Tanques*. [En línea] Available at: <http://cisternasytanques.com/tag/tanques-rotoplas/>

[Último acceso: 12 Junio 2018].

Justo, J. B., 2013. *El Derecho Humano al Agua y Saneamiento frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*. Santiago de Chile: s.n.

Ki-moon, B., 2014. *ONU*. [En línea] Available at: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)

[Último acceso: 09 Junio 2018].

Mannise, R., 2018. *Moringa Olifera: Que es y para que sirve, Propiedades, Usos y Cultivo*. [En línea]

Available at: <https://ecocosas.com/salud-natural/moringa-olifera-propiedades/>

[Último acceso: 10 Junio 2018].

Martinson, T. T. a. D., 2007. *Roofwater Harvesting: A hand book for partitioners*. Delft: s.n.

Molecnor, s.f. *Molecnor Orientating the future*. [En línea] Available at: <http://molecnor.com/es/tuberias-pvc-o-sostenibilidad>

[Último acceso: 12 Junio 2018].

nuevoaristegui, 2015. *Aristegui Maquinaria*. [En línea] Available at: <https://www.aristegui.info/ventajas-del-poli-etileno-para-su-uso-en->

Captación de agua de lluvia en una Comunidad del amazonas peruano

tanques-de-agua/

[Último acceso: 10 Junio 2018].

OMS, 2017. *Saneamiento*. [En línea] Available at: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>

[Último acceso: 10 Junio 2018].

OMS, 2018. *Organización Mundial de la Salud*. [En línea] Available at: <http://www.who.int/es>

[Último acceso: 08 06 2018].

ONU, 2014. *ONU*. [En línea] Available at:

[http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/facts\\_and\\_figures\\_human\\_right\\_to\\_water\\_spa.pdf](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/facts_and_figures_human_right_to_water_spa.pdf)

[Último acceso: 10 Junio 2018].

Pedro Linares, A. C. J. C. R., 2016. *Apuntes de Sostenibilidad*. U. Pontificia Comillas: s.n.

Pocería Sin zanja, 2016. *Qué Es Una Fosa Séptica Y Cómo Funciona*. [En línea] Available at:

[http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)

[Último acceso: 10 Junio 2018].

Real, J. D., 2017. *¿Cuántos países firmaron los ODS?*. [En línea] Available at: <https://www.expoknews.com/cuantos-paises-firmaron-los-ods/>

[Último acceso: 10 Junio 2018].

Sustainable Solutions Corporation, 2017. *TUBERÍAS, ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS TUBERÍAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE PVC Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS MATERIALES DE LAS*, Philadelphia: s.n.

Terra Nuova, s.f. *Plan de Vida Villa Gonzalo*, s.l.: s.n.



- 
- i <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- ii <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>
- iii <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/pr91/es/>
- iv <http://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
- v <https://www.buloneriasantafe.com.ar/index.php/biblioteca/233-galvanizado-usos-beneficios-caracteristicas-tecnicas>
- vi <http://agua-purificacion.blogspot.com.es/2009/12/tratamiento-de-agua-por-carbon-activado.html>
- vii [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)
- viii [https://es.wikipedia.org/wiki/Pirámide\\_de\\_Maslow](https://es.wikipedia.org/wiki/Pirámide_de_Maslow)
- ix <https://www.monografias.com/docs/Tipos-De-Madera-De-La-Selva-P3CWQA3ZBZ>