



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (GITI)

TRABAJO FIN DE GRADO ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA COLEGIO DE SECUNDARIA EN KAZAI, ZIMBABWE.

Autor: Carolina García de la Serrana Garrido
Director: Miren Tellería Ajuriaguerra

Madrid
Agosto de 2019

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

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

El autor D. Carolina García de la Serrana Garrido DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA COLEGIO DE SECUNDARIA EN KAZAI, ZIMBABWE, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

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

3º. Condiciones de la cesión y acceso

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

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

4º. Derechos del autor.

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

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

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

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

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

Madrid, a 27 de agosto de 2019.

ACEPTA



Fdo.....

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: ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA COLEGIO DE SECUNDARIA EN KAZAI, ZIMBABWE en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2018/2019 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.: Carolina García de la Serrana Garrido

Fecha: 27/09/19

Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Miren Tellería

Fecha: 27/09/19



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (GITI)

TRABAJO FIN DE GRADO ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA COLEGIO DE SECUNDARIA EN KAZAI, ZIMBABWE.

Autor: Carolina García de la Serrana Garrido
Director: Miren Tellería Ajuriaguerra

Madrid
Agosto de 2019

ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA UN COLEGIO DE SECUNDARIA EN KAZAI, ZIMBABUE

Autor: García de la Serrana Garrido, Carolina.

Director: Tellería Ajuriaguerra, Miren

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente Trabajo Fin de Grado desarrolla el diseño y la construcción de un sistema de abastecimiento de agua para un colegio de secundaria. La localización de la estructura será en el complejo escolar de Kazai donde se encuentran dos colegios: uno de secundaria y otro de primaria.

Kazai se sitúa en la zona noreste de Zimbabwe, siendo Mount Darwin el complejo urbano más cercano. Mt Darwin se encuentra a 60km de Kazai y a 200km de Harare, la capital de Zimbabwe. Los materiales necesarios para la ejecución del proyecto se comprarán en Harare, aunque aquellos que sean de producción rural como las piedras se obtendrán gracias a la colaboración de las comunidades vecinas beneficiarias de este proyecto.

Este proyecto se llevará a cabo gracias a la ayuda de *Child Future Africa (CFA)*, una ONG que busca el desarrollo de las comunidades cercanas al distrito de Mt Darwin y que basa todos sus proyectos en la educación de los niños. En todos los proyectos se busca la participación de los interesados de forma que sean proyectos autosuficientes e independientes. La motivación de este proyecto en particular tiene su origen en la construcción del colegio *Kazai Secondary School* hace dos años. Desde *Child Future África* se ha percibido un aprovechamiento excelente de las instalaciones construidas y por eso se quiere premiar este comportamiento equipando el centro con un sistema de abastecimiento de agua. Además, como elemento diferenciador de un ingeniero del ICAI se escogió este proyecto por tratarse de un proyecto que tiene una implantación real en terreno, que aporta conocimientos ingenieriles, además de sociales y sirve como ayuda para muchas personas.

Para la correcta consecución del Proyecto en terreno, es necesario realizar un exhaustivo examen sobre las diferencias culturales y un profundo entendimiento de la situación geográfica, política y climatológica de la zona. Todo esto serán puntos que se desarrollarán en el documento uno de este Trabajo.

El proyecto cuenta con la construcción de una estructura donde se situarán los tanques de almacenamiento de agua. Esta estructura será realizada con piedras y cemento, por parte de una empresa especializada en este campo. Los planos de la estructura se pueden observar en detalle en el documento dos de este Trabajo. La estructura se situará en una elevación natural que se encuentra entre los dos complejos escolares, de esta forma se podrá, en un futuro, ampliar el proyecto para abastecer con agua también el otro colegio.

El sistema de distribución de agua contará con seis puntos, repartidos entre el colegio, las casas de los profesores y las letrinas. Para la instalación hidráulica se contará con la ayuda de un fontanero local. Primero las comunidades realizarán la excavación de todo el recorrido de las tuberías, los tramos a excavar se repartirán entre los dieciocho pueblos colindantes. Posteriormente, y una vez construida la estructura donde se situarán dos tanques de cinco mil litros cada uno, se comenzará a realizar el conexionado de las tuberías con sus correspondientes válvulas, codos, empalmes y “tes”. Por último, se procederá a la instalación de los grifos.

Para la obtención del agua se barajan dos opciones: usar un pozo existente construido en 1970 y lejano al punto de interés o realizar una nueva perforación en un punto más estratégico para un correcto aprovechamiento del presupuesto. Finalmente, se opta por elegir la segunda opción mencionada por varios motivos desarrollados en el documento uno de este Trabajo. Tras la perforación del nuevo pozo, se realizará la instalación de una bomba sumergible que será alimentada con electricidad. La bomba necesaria para poder distribuir el agua correctamente a los seis puntos de suministro es de 1.2 HP según los cálculos realizados.

Para la financiación de este y los demás proyectos que se llevarán a cabo este verano como colaboradores de *CFA*, se estima un presupuesto total de entorno a 30.000 €. La recaudación de estos fondos se realizará de forma conjunta entre los ocho autores de los programados proyectos. Se organizarán en tres grupos distintos para facilitar el reparto y la organización de las actividades, aunque finalmente se tomarán todas las decisiones y se acudirá a todos los eventos de forma conjunta.

En el documento uno del presente Trabajo se implementará un plan de ejecución para el correcto desarrollo del proyecto en terreno, aunque es muy importante ser conscientes de que este plan debe estar abierto a posibles (y muy probables) modificaciones.

En el documento tres se realiza un desglose de los costes de los materiales con sus respectivos precios unitarios y sumas parciales, obteniendo un presupuesto total de 10.872 €.

WATER SUPPLY SYSTEM FOR A SECONDARY SCHOOL IN KAZAI, ZIMBABWE

Author: García de la Serrana Garrido, Carolina.

Director: Tellería Ajuriaguerra, Miren

Collaborating entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

ABSTRACT

This Final Degree Project develops the design and construction of a water supply system for a secondary school. The location of the structure will be in the school complex of Kazai where two schools are located: one middle school and one high school.

Kazai is located in the northeast area of Zimbabwe, with Mount Darwin being the closest urban complex. Mt Darwin is located 60km from Kazai and 200km from Harare, the capital of Zimbabwe. The materials needed for the execution of the project will be purchased in Harare, although those that are of rural production such as stones will be obtained thanks to the collaboration of the neighbouring communities benefiting from this project.

This project will be carried out with the help of Child Future Africa (*CFA*), an NGO that seeks the development of communities near the Mt Darwin district and that bases all its projects on the education of children. In all projects, the participation of stakeholders is sought so that they are self-sufficient and independent projects. The motivation of this particular project has its origin in the construction of the Kazai Secondary School two years ago. From *Child Future Africa*, an excellent use of the built facilities has been perceived and that is why we want to reward this behaviour by equipping the centre with a water supply system. In addition, as a differentiating element of an ICAI engineer, this project was chosen because it is a project that has a real implementation in the field, which provides engineering, as well as social knowledge and serves as help for many people.

For the correct achievement of the Project in the field, it is necessary to carry out an exhaustive examination of cultural differences and a deep understanding of the geographical, political and climatic situation of the area. All this will be points that will be developed in document one of this Work.

One point of this Project is the construction of a structure where the water storage tanks will be located. This structure will be made with stones and cement, by a company specialized in this field. The plans of the structure can be seen in detail in document two of this Work. The structure will be located in a natural elevation that is between the two school complexes, in this way it will be possible, in the future, to expand the project to also supply the other school with water.

The water distribution system will have six points, distributed between the classrooms, teachers' houses and latrines. For the hydraulic installation, we will have the help of a local plumber. First the communities will excavate the entire route of the pipes. The sections to be excavated will be distributed among the eighteen neighbouring towns. Subsequently, and once the structure is built where two tanks of five thousand liters each will be located, the connection of the pipes with their corresponding valves, elbows, joints and "tees" will begin. Finally, the faucets will be installed.

Two options are considered to obtain water: use an existing well built in 1970 and far from the point of interest or perform a new drilling at a more strategic point for proper use of the budget. Finally, it is decided to choose the second option mentioned for several reasons developed in document one of

this Work. After drilling the new well, a submersible pump will be installed that will be powered by electricity. The pump necessary to be able to distribute the water correctly to the six supply points is 1.2 HP according to the calculations made.

For the financing of this and the other projects that will be carried out this summer as *CFA* collaborators, a total budget of around 30,000€ is estimated. The collection of these funds will be carried out jointly among the eight authors of the programmed projects. They will be organized in three different groups to facilitate the distribution and organization of activities, although finally all decisions will be taken, and all events will be attended jointly.

In document one of this Work, an execution plan will be implemented for the correct development of the field project, although it is very important to be aware that this plan must be open to possible (and very probable) modifications.

In document three a breakdown of the costs of the materials is made with their respective unit prices and partial sums, obtaining a total budget of 10,872€.

Este Trabajo Fin de Grado consta de los siguientes documentos:

DOC 1:	MEMORIA	Pag.
	1.- Introducción	21
	2.- Emplazamiento	23
	3.- Proyectos similares	33
	4.- Gestión de proyectos internacionales	35
	5.- Definición del proyecto	41
	6.- Diseño y cálculos	45
	7.- Lista de materiales	53
	8.- Solución realizada	57
	9.- Estudio económico	75
	10.- Impacto ambiental	75
	11. Plan de ejecución	77
	10. Bibliografía	79
DOC 2:	PLANOS	
	1.- Plano alzado estructura de los tanques	87
	2.- Plano planta estructura de los tanques	89
	2.- Distribución hidráulica	91
DOC 3:	PRESUPUESTO	
	1.- Recursos	99
	2.- Precios unitarios, sumas parciales y presupuesto general	101

A mi familia y amigos, a Blessing y a Mercedes,

“Un hombre de talento ordinario siempre será ordinario, ya sea que viaje o no; pero un hombre de talento superior se hará pedazos si permanece para siempre en el mismo lugar”¹

¹ **Wolfgang Amadeus Mozart** (1756-1791)

DOC 1: MEMORIA

Índice de texto

1	<i>Introducción</i>	11
2	<i>Emplazamiento</i>	13
2.1	Motivación	15
2.2	Estado de la cuestión	15
2.3	Cronograma	16
2.4	Proyectos de cooperación	17
2.4.1	Child Future África	17
2.4.2	Ingenieros de ICAI para el desarrollo	19
3	<i>Proyectos similares</i>	21
3.1	Instalación de una bomba sumergible para suministro de agua de un pueblo de tanzania que trabaja por medio de una fuente de energía renovable	21
3.2	Estación de bombeo y red de distribución de agua de riego	21
3.3	Sistema de captación y almacenamiento de agua para una escuela autosuficiente en Mount Darwin, Zimbabue	22
3.4	Recopilación de la información	22
4	<i>Gestión de proyectos internacionales</i>	23
4.1	Diferencias Geográficas	23
4.2	Historia	24
4.3	Transporte	24
4.4	Logística	25
4.5	Huso horario	26
4.6	Lengua	26
4.7	Comunicaciones: Internas, Externas y restricciones	26
4.8	Factor Tiempo: Planificación y reacción	26
4.9	Clima: Condiciones Previsibles e Imprevisibles	26
4.10	Cultura empresarial: Venta y suministro local	27
4.11	Marcos legales totalmente diferentes	27
4.12	Normativa, Unidades	27
4.13	Entorno cultural, un punto crítico	27
5	<i>Definición del proyecto</i>	29
5.1	Formación del equipo de personas locales	30
6	<i>Diseño y cálculos</i>	33

6.1	Caudal necesario de bombeo.	33
6.2	Pérdidas de carga en tuberías.....	33
6.3	Pérdidas de carga secundarias.....	38
6.4	Cálculo de la altura de la bomba.....	39
6.5	Cálculo de la potencia de la bomba.	40
7	Lista de materiales.....	41
8	Solución realizada.....	45
8.1	La financiación.	45
8.2	La localización del agua.	48
8.3	El sistema de excavación.	50
8.4	La localización y la altura de los tanques de almacenamiento del agua.....	52
8.5	Instalación de las tuberías.	54
8.6	Instalación de la bomba sumergible.	58
8.7	Conexión de la bomba a la red eléctrica.	60
8.8	Proceso de mantenimiento.	61
8.9	Hitos de mejora.....	61
9	Estudio económico.	63
10	Impacto ambiental.....	63
10.1	La fauna.	63
10.2	La vegetación.	63
11	Plan de ejecución.	65
12	Bibliografía.	67
1	Recursos	87
2	Precios Unitarios, sumas parciales y presupuesto general	90

Índice de ilustraciones

Ilustración 1:	Núcleo que separa los dos colegios.....	11
Ilustración 2:	Primer día en Kazai.....	12
Ilustración 3:	Casa de Blessing y Mercedes.....	13
Ilustración 4:	Cocina de las profesoras.....	13
Ilustración 5:	Situación de Harare, Mt Darwin, Dotito y Kazai	13
Ilustración 6:	Entrada al colegio	14
Ilustración 7:	Carretera urbana	14
Ilustración 8:	Autopista	14
Ilustración 9:	Escuela de secundaria	15
Ilustración 10:	Cronograma.....	16
Ilustración 11:	Final del proyecto.....	17

<i>Ilustración 12: Orfanato CFA</i>	18
Ilustración 13: Oferta de los Lodges de George Seremwe en Zimbabwe	18
Ilustración 14: Localización de las pensiones	19
Ilustración 15: Avondale	19
Ilustración 16: Logo Fundación Ingenieros de ICAI para el Desarrollo	19
Ilustración 17: TFG: "Instalación de una bomba sumergible para suministro de agua de un pueblo de Tanzania que trabaja por medio de una fuente de energía renovable"	21
Ilustración 18: TFG: "Sistema de captación y almacenamiento de agua para una escuela autosuficiente en Mount Darwin, Zimbabwe"	22
Ilustración 19: Distancia Madrid-Harare	23
Ilustración 20: Viaje a las Cataratas Victoria	24
Ilustración 21: Crucero por el río Zambeze	24
Ilustración 22: Billeto de 50 millones de Bons.....	25
Ilustración 23: Bon actual.....	25
<i>Ilustración 24: Esquema general de la instalación</i>	29
<i>Ilustración 25: Nivel geodésico de Kazai</i>	29
Ilustración 26: Reunión para la aprobación de los proyectos en Kazai	30
Ilustración 27: Rafael Seremwe inaugurando un grifo	31
Ilustración 28: Tamba Kandemwa	31
Ilustración 29: Empresa encargada de la perforación del pozo	32
Ilustración 30: Esquema de la instalación	36
Ilustración 31: Coeficiente para las entradas o salidas	39
Ilustración 32: Coeficiente para las curvas, codos y "tes"	39
Ilustración 33: Coeficiente para las válvulas	39
Ilustración 34: Bernoulli entre el punto superior de los tanques y el final del acuífero	40
Ilustración 35: Croquis de la instalación completa.....	42
Ilustración 36: Camisetas, pulseras y papeletas.....	45
Ilustración 37: Venta de papeletas.....	45
Ilustración 38: Mercadillo solidario en la parroquia Santísimo Redentor	46
Ilustración 39: Anuncio mercadillo solidario.....	46
Ilustración 40: Anuncio fiesta 7 de marzo	46
Ilustración 41: Fiesta benéfica en B12	46
Ilustración 42: Cartel informativo realizado con Canva	47
Ilustración 43: Cartel informativo modelo 2, realizado con Canva	47
Ilustración 44: Aspecto de la página web del Crowdfunding	47
Ilustración 45: Huchas para la recaudación de fondos	48
Ilustración 46: Pozo de 1970	48
Ilustración 47: Perforación del nuevo pozo	49
Ilustración 48: Croquis de la instalación de las dos posibles opciones	50
Ilustración 49: compresor ELGi DS 1100-300	50
Ilustración 50: Camión perforadora	50
Ilustración 51: Muestras del terreno.....	51
Ilustración 52: Tuberías de PVC.....	51
Ilustración 53: Perforación	51
Ilustración 54: Núcleo de unión entre los dos complejos escolares	52
Ilustración 55: Kazai Primary School desde el punto donde se sitúan los tanques.....	52
Ilustración 56: Terreno sobre el que se construye la estructura para los tanques	52
Ilustración 57: Bolsas de cemento empleadas para la construcción de la estructura	53
Ilustración 58: Cemento preparado para construir.....	53

Ilustración 59: Rocas empleadas para la construcción de la estructura	53
Ilustración 60: Mástiles usados como referencia	53
Ilustración 61: Inicio de la construcción	53
Ilustración 62: Día de trabajo en la construcción	54
Ilustración 63: Vacas utilizadas para el transporte de las piedras	54
Ilustración 64: Resultado final de la estructura	54
Ilustración 65: Estructura con los tanques instalados	54
Ilustración 66: Conexión de las tuberías en los tanques de almacenamiento	55
Ilustración 67: Propiedades del Polietileno	56
Ilustración 68: Propiedades del PVC	56
Ilustración 69: Excavación en el tramo de llegada a la estructura de los tanques	57
Ilustración 70: Crushwell trabajando	57
Ilustración 71: Excavación en la zona del colegio	57
Ilustración 72: Válvula de seguridad	57
Ilustración 73: Grifo más próximo a los tanques	58
Ilustración 74: Codo para la instalación de un grifo	58
Ilustración 75: Bomba instalada	58
Ilustración 76: Bomba sumergible para pozos profundos SHIMGE	58
Ilustración 77: Curva de rendimiento de la bomba seleccionada	59
Ilustración 78: Tanque de presión	59
Ilustración 79: Caja de conexión	60
Ilustración 80: Cuadro eléctrico más cercano	60
Ilustración 81: Generador eléctrico diésel Kipor KDE6700TA	60
Ilustración 82: Compra de materiales en Drip-Tech Irrigation	88

Índice de tablas

Tabla 1: Cálculos iniciales	37
Tabla 2: Segunda iteración	37
Tabla 3: Cálculos tras iterar	38
Tabla 4: Plan de ejecución del proyecto	65
Tabla 5: Presupuesto	90

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Cálculo del caudal necesario de bombeo	33
Ecuación 2: Ecuación de Darcy- Weisbach	33
Ecuación 3: Número de Reynolds	34
Ecuación 4: Bernoulli entre 2 puntos interiores	34
Ecuación 5: Cantidad de movimiento en un volumen de control	34
Ecuación 6: Pérdida de carga	35
Ecuación 7: Coeficiente de fricción	35
Ecuación 8: Coeficiente de fricción en función de Reynolds	35
Ecuación 9: pérdidas totales	38
Ecuación 10: Altura de la bomba	39
Ecuación 11: Potencia de la bomba	40

1 Introducción

El Proyecto Fin de Grado en cuestión trata el diseño y la construcción de un sistema de abastecimiento de agua para el colegio de secundaria de Kazai Secondary School. Mediante la representación de *Child Future Africa* se trabajará con ayuda de la comunidad para el desarrollo de este. Actualmente se tiene un pozo que funciona con una bomba manual en el colegio de primaria, que se encuentra a aproximadamente 1km del de secundaria. El objetivo de este proyecto es facilitar el acceso al agua para los alumnos y profesores del colegio de secundaria.



Ilustración 1: Núcleo que separa los dos colegios

El colegio de Kazai Secondary School fue construido hace dos años. Desde *Child Future África* se ha percibido un aprovechamiento excelente de las instalaciones construidas y por eso se quiere premiar este comportamiento equipando el centro con un sistema de abastecimiento de agua.

El objetivo del proyecto es identificar el sistema óptimo, así como los mecanismos de construcción necesarios para llevarlo a cabo, siendo todos ellos robustos y rudimentarios al tratarse de un entorno rural donde no hay acceso a electricidad ni a maquinaria de gran volumen. El proyecto cubre el diagnóstico del terreno, el estudio del caudal necesario requerido, el dimensionamiento del pozo, de la bomba, de las tuberías y elementos hidráulicos necesarios; así como el desarrollo de la instalación hidráulica que contará con 6 puntos de distribución y el correspondiente conexionado eléctrico para el funcionamiento de la bomba. Una vez alcanzada la definición detallada de la posible solución se procederá a su implantación en el verano de 2019.



Ilustración 2: Primer día en Kazai

2 Emplazamiento

Kazai Secondary School se encuentra en la comunidad de Kazai. El pueblo de Kazai se sitúa a aproximadamente 7km (entorno a una hora andando) del colegio. El lugar de residencia de los profesores es el mismo colegio donde hay un par de construcciones con varias clases cada una. Kazai Secondary School se encuentra al lado de Kazai Primary School, colegio al que asisten entorno a 500 niños todos los días. Entre los dos colegios se situará la superestructura donde se almacenará el agua para poder ampliar en un futuro el sistema de abastecimiento al otro colegio.

Kazai Village se encuentra a 20 km de Dotito, que es el núcleo más cercano con algo de civilización y comercio rural. Dotito no es un distrito censado. Dotito se encuentra a 40 km de Mount Darwin. ²Mount Darwin está a 200 km de Harare, la capital de Zimbabue.



Ilustración 4: Cocina de las profesoras



Ilustración 3: Casa de Blessing y Mercedes



Ilustración 5: Situación de Harare, Mt Darwin, Dotito y Kazai

² Información obtenida de (https://en.wikipedia.org/wiki/Mount_Darwin)



Ilustración 6: Entrada al colegio

A pesar de las distancias mencionadas anteriormente, desde la capital de Zimbabue hasta Kazai Village se puede llegar aproximadamente en 4 horas si se dispone de un vehículo privado. El tramo de carretera desde Dotito a Kazai no está asfaltado y aunque el resto sí que lo está, son carreteras de doble sentido con un único carril, algo limitadas.



Ilustración 8: Autopista



Ilustración 7: Carretera urbana

2.1 Motivación

En el año 2016 se construyó Kazai Secondary School, el colegio que se quiere abastecer de agua. La comunidad de Kazai ha mostrado desde entonces una gran adaptación y un gran aprovechamiento de las instalaciones y por eso se les quiere dotar de un plus con este proyecto. Uno de los factores que también contribuye en la motivación de haber seleccionado este proyecto es que se trata de un proyecto que tiene una implantación real en terreno, aporta conocimientos de ingeniería, además de sociales y sirve como ayuda para muchas personas.



Ilustración 9: Escuela de secundaria

La decisión de participar en un proyecto como este, surge al ver que realmente se puede mejorar la vida de los demás con la ayuda de la ingeniería. Llama especialmente la atención viajar y conocer nuevos sitios y estilos de vida, y gracias a este proyecto se puede conseguir todo esto. El actual proyecto ofrece la posibilidad de aprender tanto a nivel profesional como personal, de vivir una experiencia inolvidable, así como de sentirse útil. Consiguiendo conocer una cultura totalmente distinta a la española, aprendiendo de la mano de grandes profesionales y valorando cosas tan sencillas como el acceso al agua y la electricidad.

2.2 Estado de la cuestión

El problema que se quiere solucionar tiene varios factores que influyen en la viabilidad de su solución. El objetivo principal es abastecer de agua el colegio de secundaria antes mencionado, pero por otro lado se han de tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- La profundidad hasta el acuífero se espera que sea de entre 40 y 60m.
- La maquinaria utilizada no puede necesitar electricidad. Si fuese necesario habría que utilizar un generador.
- Los sistemas utilizados deben ser mecánicos y fáciles de construir.
- Las herramientas y medios deben ser rudimentarios para poder dar una solución en base a los recursos disponibles que son bastante escasos.

- Para la construcción del sistema se utilizarán materiales aportados por la gente local y maquinaria comprada en el mercado de Harare.³
- Se busca la forma más económica y a la vez práctica de llevar a cabo el proyecto.

2.3 Cronograma

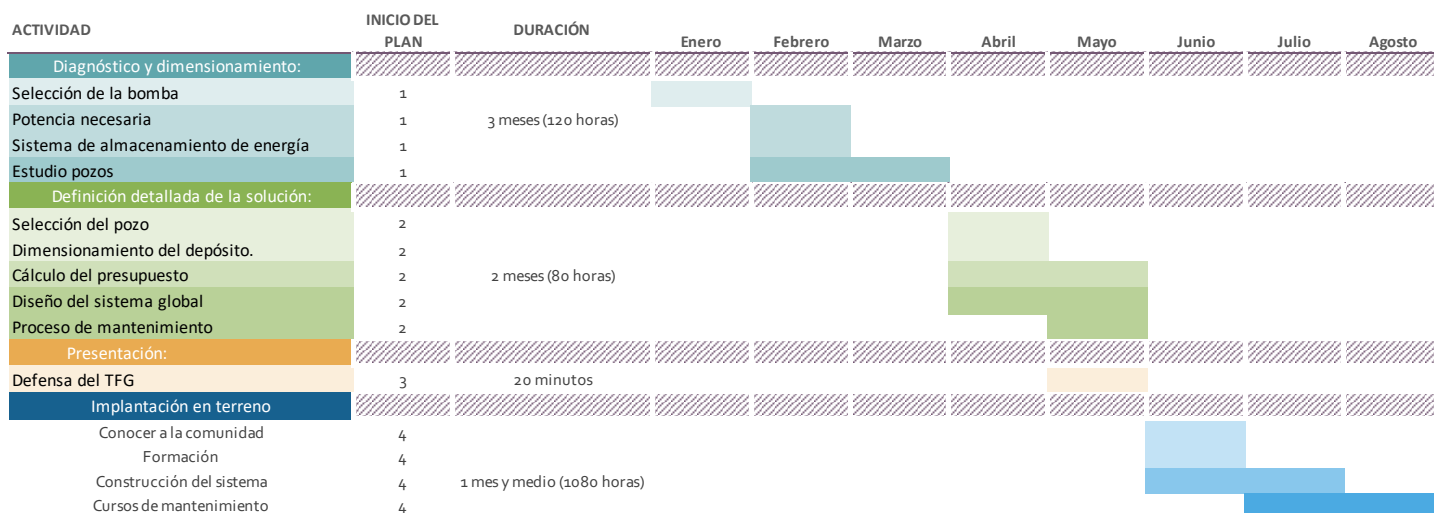


Ilustración 10: Cronograma

1. **Diagnóstico y dimensionamiento:** Esta etapa servirá para identificar todas las soluciones y la evaluación de cada una de las mismas, identificando las posibles adversidades que cada una de ellas suponga.
 - Estudio de los distintos pozos y sistemas de excavación.
2. **Definición detallada de la solución:** Una vez seleccionada la mejor solución posible que cumpla con todos los requisitos identificados se procederá a la realización de los cálculos para el posterior dimensionamiento y diseño del pozo.
 - Selección del pozo más conveniente.
 - Selección de la bomba: Analizar las condiciones de funcionamiento de esta y ver cuántas personas van a utilizar este sistema para poder dimensionar adecuadamente.
 - Determinar la potencia necesaria para el correcto funcionamiento de la bomba.
 - Sistema de almacenamiento de energía para el funcionamiento de la bomba (paneles solares o electricidad).
 - Dimensionamiento del depósito.
 - Cálculo del presupuesto.
 - Diseño del sistema global: bomba, pozo, encamisado, tuberías y superestructura del pozo.
 - Proceso de mantenimiento
3. **Presentación**
 - Defensa del Trabajo de Fin de Grado.

³ Capital de Zimbabue

4. *Implantación en terreno:*

En esta etapa se conocerá la comunidad, se procederá a la formación del equipo de personas locales que ayudarán a la construcción del sistema. Una vez tanteado el terreno y evaluado la similitud de los datos utilizados para los cálculos se procederá a la implantación. Posteriormente se impartirán unos cursos para que la comunidad sepa cómo mantener la red en buen estado.



Ilustración 11: Final del proyecto

2.4 Proyectos de

cooperación

2.4.1 Child Future África

Child Future África (CFA) fue fundado por George Seremwe en el noreste de Zimbabwe. George nació en esta comunidad rural, pero consiguió gracias a un enorme esfuerzo evolucionar y trasladarse a Holanda para continuar estudiando. En Holanda estuvo trabajando en compañías como Vodafone y tras un tiempo en Europa se sintió responsable por el catastrófico futuro que auguraba su país natal.

Quiso volver para poder solucionar problemas relacionados con la educación. Fue así como decidió crear un orfanato en el distrito de Mt Darwin, donde viven niños huérfanos de hasta 15 años. *CFA* se ocupa de educar, alimentar y dar amparo a estos niños que se encuentran solos por la muerte de sus padres a causa de enfermedades muy comunes en Zimbabwe como el sida o el cólera.



Ilustración 12: Orfanato CFA

Desde entonces todos los proyectos que se han desarrollado con la ayuda de CFA abogan por la autosuficiencia, independencia y participación de los interesados para su implantación y mantenimiento.

Hace cuatro años Miren Tellería comenzó a formar parte de este gran proyecto. Conoció a George por casualidad mientras se hospedaba en una de las pensiones que George Seremwe tiene en la capital (It's a small world⁴). George le pidió ayuda a Miren en la construcción de un sistema de abastecimiento de agua y así fue como comenzó a fraguarse esta relación de cooperación entre España y Zimbabwe.



OUR LODGES

Our properties have a wide range of capacities, and can occupy small groups of thirty to large groups of over a hundred guests. We offer clean and well maintained facilities designed to make our guests feel safe and comfortable.

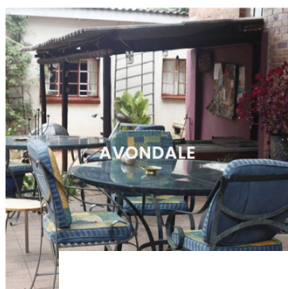


Ilustración 13: Oferta de los Lodges de George Seremwe en Zimbabwe

⁴ <https://smallworldlodge.com>



Ilustración 14: Localización de las pensiones

Ilustración 15: Avondale

Durante la estancia en Kazai es importante dar a conocer la importante labor que realiza CFA. En Zimbabwe está prohibido el voluntariado y por eso durante el desarrollo del proyecto es esencial explicar el proyecto como simples visitantes y colaboradores de CFA.

CFA contribuye en distintos proyectos alrededor de Kazai y Mt Darwin proporcionando los materiales, la información y los profesionales en cada campo necesarios para estos proyectos, a cambio de que las escuelas se comprometan a que todos los beneficios obtenidos sean para la educación de los niños.

2.4.2 Ingenieros de ICAI para el desarrollo

La Fundación de Ingenieros de ICAI se fundó en 2007 para facilitar que los ingenieros ICAI constituyan una comunidad comprometida y participen activamente en la construcción de una sociedad más justa y solidaria.⁵

La recaudación de fondos para este proyecto se llevó a cabo mediante las distintas donaciones realizadas por sociedades y personas físicas gracias a los eventos realizados por parte de los cooperantes de CFA. La Fundación presta servicio para poder recaudar el dinero, pero no colabora directamente en los proyectos.



Ilustración 16: Logo Fundación Ingenieros de ICAI para el Desarrollo

⁵ <https://fundacioningenierosicai.org/quienes-somos/>

3 Proyectos similares

En este apartado se analizarán proyectos similares con el objetivo de identificar los puntos más importantes para el éxito del proyecto y de reunir información fructífera para el posterior desarrollo del Proyecto.

3.1 Instalación de una bomba sumergible para suministro de agua de un pueblo de Tanzania que trabaja por medio de una fuente de energía renovable

Este proyecto tiene como objeto realizar un sistema de bombeo de agua para el abastecimiento de un barrio del pueblo de Msanga. Busca poder cubrir las necesidades de agua de sus habitantes y poder hacer posible el acceso a agua potable. Este sistema utilizará como fuente alimentación energías naturales⁶.



Figura 17: Ejemplo de instalación fotovoltaica aislada en Tanzania [67]

Ilustración 17: TFG: "Instalación de una bomba sumergible para suministro de agua de un pueblo de Tanzania que trabaja por medio de una fuente de energía renovable"

Objetivos y claves comunes:

- Desarrollo de un proyecto de cooperación en un país subdesarrollado
- Implantación de una estación de bombeo
- Sistema de distribución del agua

3.2 Estación de bombeo y red de distribución de agua de riego

Este proyecto desarrolla el diseño y la construcción de una estación de bombeo y una red de distribución de agua de riego. Las instalaciones se ubicarán en el término municipal de Fustiñana, Navarra. La estación de bombeo se ubicará a la altura del kilómetro 15 de la carretera autonómica NA-126, carretera que conecta las localidades de Tauste y Tudela.⁷

Objetivos y claves comunes:

- Implantación de una estación de bombeo
- Clima semidesértico

⁶ Fuente: Trabajo Fin de Grado realizado por Sergio Gallego de la Sacristana López de Pablo, en la Universidad Politécnica de Madrid.

http://oa.upm.es/43399/1/TFG_Sergio_Gallego_de_la_Sacristana.pdf

⁷ Fuente: Trabajo Fin de Máster realizado por Javier Galindo Ráfales, en la Escuela técnica superior de ingeniería (ICAI). <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/17385>

3.3 Sistema de captación y almacenamiento de agua para una escuela autosuficiente en Mount Darwin, Zimbabwe

Este proyecto desarrolla el diseño de un sistema hidráulico para alimentar el complejo entero de una escuela de formación profesional: colegio, establos, clínica y cultivos. El sistema contará con un pozo, una red de distribución y un par de tanques para poder almacenar toda el agua necesaria.⁸



Ilustración 13 Los hermanos Tinoda y Tatenda toman clases particulares de los voluntarios para mejorar su nivel escolar. Fuente: Miren Telleria

Objetivos y claves comunes:

- Estudio exhaustivo de un entorno cultural muy cercano a Kazai
- Implantación de un sistema hidráulico para abastecer un colegio
- Hitos futuros de mejora

Ilustración 18: TFG: "Sistema de captación y almacenamiento de agua para una escuela autosuficiente en Mount Darwin, Zimbabwe"

3.4 Recopilación de la información.

De los proyectos anteriormente mencionados se han seleccionado las siguientes ideas como claves fundamentales a aplicar en el "Abastecimiento de agua para un colegio de secundaria en Kazai, Zimbabwe".

- **Desarrollo de un proyecto de cooperación en un país subdesarrollado.**
 - Se tratará en el apartado: 4. Gestión de proyectos internacionales.
- **Implantación de una estación de bombeo.**
 - Se tratará en el apartado: 6. Diseño y cálculos.
- **Sistema de distribución del agua.**
 - Se tratará en el apartado: 6. Diseño y cálculos.
- **Condiciones climatológicas.**
 - Se tratará en el apartado: 4.9 Clima: Condiciones Previsibles e Imprevisibles.
- **Estudio exhaustivo del entorno cultural.**
 - Se tratará en el apartado: 4.13 Entorno cultural, un punto crítico.
- **Hitos futuros de mejora.**
 - Se tratará en el apartado: 8.9 Hitos de mejora.

⁸ Trabajo de Fin de Grado realizado por Reyes González.-Montagut Siljeström , en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/27866>

4 Gestión de proyectos internacionales.

Un proyecto internacional se diferencia de uno nacional en los distintos aspectos que se desarrollarán en este apartado.

4.1 Diferencias Geográficas.

La República de Zimbabue se encuentra en el continente africano. Entre la capital de España y la capital de Zimbabue, Harare; hay una distancia de 10.626,9 km. Si el transporte elegido es el avión, para poder desplazarse hasta Harare es necesario hacer como mínimo una escala; desde Madrid no hay vuelos directos.

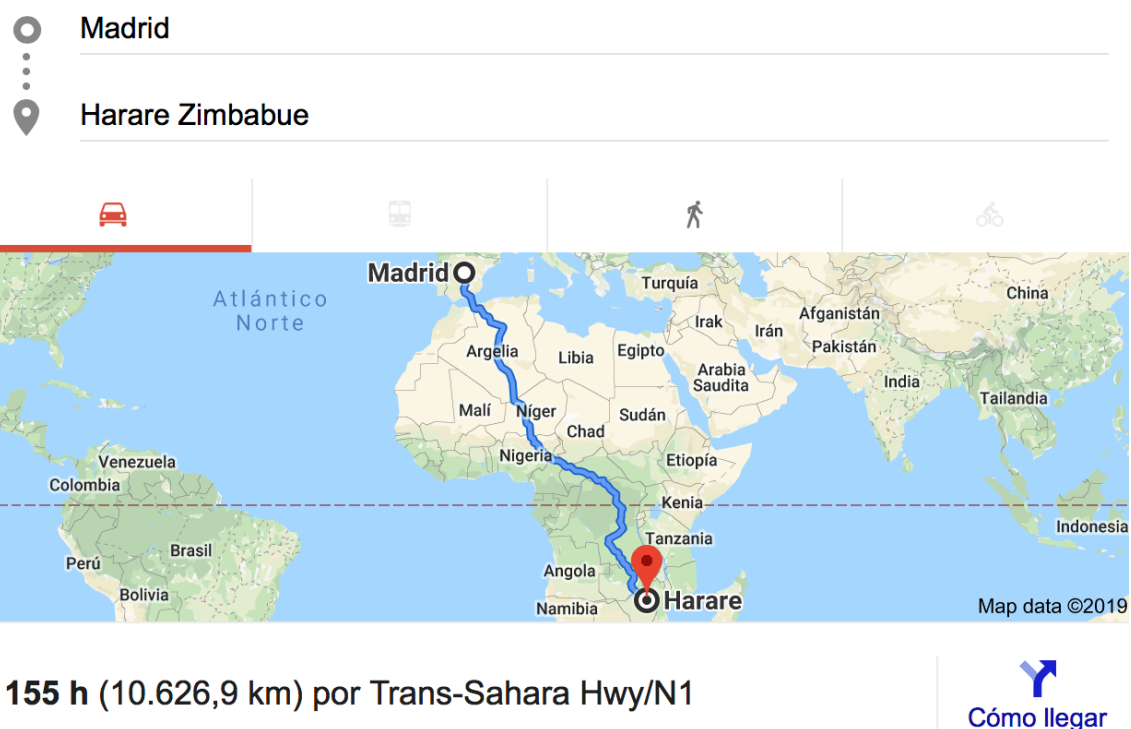


Ilustración 19: Distancia Madrid-Harare

Zimbabue es un estado sin litoral, pero cuenta con uno de los ríos más largos de África: el río Zambeze (el cuarto después del Nilo, el Congo y el Níger). Otro de sus principales ríos es el río Limpopo.⁹ Uno de sus atractivos geográficos son las Cataratas Victoria, ubicadas en el distrito de Hwange y declaradas Patrimonio de la Humanidad por la Unesco, en el año 1989.¹⁰ Limita al oeste con Botsuana, al norte con Zambia, al sur con Sudáfrica y al este con Mozambique.

⁹ Información obtenida de: https://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa_de_Zimbabue

¹⁰ Información obtenida de: https://es.wikipedia.org/wiki/Cataratas_Victoria



Ilustración 21: Crucero por el río Zambeze



Ilustración 20: Viaje a las Cataratas Victoria

4.2 Historia.

Zimbabue es un país que fue colonia británica hasta el año 1980. Los ingleses tenían gran interés en el territorio africano puesto que en 1867 se descubrió oro y estas tierras estaban repletas de este mineral. Gran Bretaña tuvo que luchar contra Portugal, quien tenía también gran interés por ocupar el territorio. En 1885 la colonia británica fue designada como Rhodesia. Malawi se unió en el año 1953 constituyendo así la Federación de África Central. No fue hasta 1963 cuando Malawi se independizó, posteriormente la parte norte de Rhodesia logró también la independencia y pasó a denominarse Zambia. La independencia de Zimbabue se produjo finalmente tras la llamada “guerrilla negra” iniciada en 1964 hasta 1979.¹¹

4.3 Transporte.

El medio de transporte principal en Zimbabue es el coche, aunque en la zona en la que se desarrollará el proyecto no es muy común tener coche debido al nivel económico de las comunidades. El precio actual de la gasolina es de \$/L 0.958¹². Comparando esta cifra con el precio de la gasolina en España actualmente, que es de \$/L 1.46 no parece que sea un precio muy desorbitado, sin embargo, sabiendo que el 74% de la población vive con menos de \$5,50 al día¹³ se puede llegar a entender el altísimo precio que necesitan pagar para poder utilizar un coche.

La red de carreteras en Zimbabue es bastante obsoleta y el estado de las carreteras es algo deficiente. El país africano cuenta con un total de carreteras de 18.338 km frente a la descomunal cifra de 1.165.361 km que hay en España. Adicionalmente 9.646 km de ese total no está pavimentado.

Existen redes ferroviarias con un total de líneas tendidas de 3077 km (año 2002) frente a los 15 900 km (año 2015) que hay en España.

En cuanto al los puertos marítimos, Zimbabue cuenta con tres, pero ninguno de ellos es utilizado para el transporte comercial.

¹¹ Wikipedia. (s.f.). Obtenido de: https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_Zimbabue

¹² Información obtenida de: https://es.globalpetrolprices.com/Zimbabwe/gasoline_prices/

¹³ Información obtenida de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-42052253>

4.4 Logística.

Zimbabwe es un país lleno de oportunidades en sectores como la agricultura, la fabricación, la minería, el turismo, la energía, el agua y su saneamiento, las tecnologías de la información, la comunicación, las finanzas, los seguros y los servicios, sin embargo, actualmente no cuenta con una logística que permita fácilmente su desarrollo.

La economía se encuentra ahora sufriendo una gravísima inflación tras la prohibición de la circulación del dólar americano. El actual gobierno solo permite el uso del dólar zimbabuense (también conocido como Bon). Desde el año pasado el dólar zimbabuense se deprecia cada día más habiendo alcanzado una equivalencia de hasta 9 veces menos con respecto al año pasado.



Ilustración 22: Billeto de 50 billones de Bons

El billete de la Ilustración 22: Billeto de 50 billones de Bons, ya no tiene ningún valor. Gente con cantidades increíbles de dinero en efectivo pasó a quedarse sin nada. El dinero actualmente permitido es el que aparece en Ilustración 23: Bon actual. Dos bons equivalen a aproximadamente 20 céntimos, aunque el valor de la divisa cambia mucho y muy rápido.



Ilustración 23: Bon actual

La situación política cambió el año pasado tras convocarse unas elecciones que dieron paso al mandato de Emmerson Mnangagwa tras 30 años de gobierno de Robert Mugabe. La situación política en Zimbabue es en general muy corrupta. Zimbabue era económicamente uno de los países africanos más fuertes, pero desde que Robert Mugabe llegó al poder esto cambió. El desempleo ha alcanzado hasta el 94% y la inflación alcanzó el 100 000 %, siendo la mayor de todo el mundo, siguiendo el 13 000% de Venezuela.¹⁴ Además, Zimbabue cuenta con la mayor tasa de sida del mundo, aunque el gobierno ofrece medicación y preservativos gratuitos para todos los ciudadanos. El conjunto de desorganización, situación política y cultura obstaculizan el progreso de un país lleno de oportunidades.

¹⁴ Wikipedia. (s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Econom%C3%ADa_de_Zimbabue

4.5 Huso horario.

Zimbabue se encuentra en la misma zona horaria que España, aunque los horarios tanto de trabajo como de vida habitual están muy adelantados con respecto a los españoles. Esto sucede sobre todo en las zonas rurales donde dependen especialmente de las horas de luz solar, al no contar con electricidad.

4.6 Lengua.

Los idiomas oficiales de la República de Zimbabue son el inglés y el shona. La mayoría de la población no tiene problemas para entender y mantener una conversación básica en inglés, aunque cada vez se está perdiendo más el interés por aprender inglés entre las generaciones jóvenes rurales.

4.7 Comunicaciones: Internas, Externas y restricciones.

Para el correcto desarrollo de un Proyecto como este es muy importante la comunicación. En un cualquier proyecto, aunque no sea internacional, esto es algo fundamental, pero en este todavía más. Las vías de comunicación que se establecerán una vez iniciado el Proyecto, serán todas a través de George Seremwe.

Las posibles restricciones que se pueden presentar tienen mucho que ver con el apartado anterior, ya que si alguna de las personas de la comunidad no tiene conocimientos de inglés será algo difícil comunicarse directamente.

4.8 Factor Tiempo: Planificación y reacción.

Los tiempos africanos no tienen nada que ver con lo que se suele predecir en España. Es posible que en numerosas ocasiones se convoque una reunión y alguna de las partes no acuda. En un país como en Zimbabue están expuestos a muchos más imprevistos, mucho más difíciles de solucionar que en España. Esto no significa que no sean comprometidos, sino que simplemente tienen otra forma de entender los tiempos. De aquí deriva la importancia que tiene la reacción a la hora de afrontar uno de estos imprevistos. Hay que intentar ser lo más eficaces y eficientes teniendo en cuenta las posibilidades disponibles. Es indispensable planificar las distintas etapas del proyecto, pero estando abiertos a posibles (y muy probables) modificaciones.

4.9 Clima: Condiciones Previsibles e Imprevisibles.

Al estar situado en el otro hemisferio, mientras en España es verano en Zimbabue es invierno y viceversa.

El verano va desde octubre hasta abril, con un promedio de 30°C.¹⁵ Aunque, en algunos territorios bajos como el Valle de Zambeze y las Cataratas Victoria se alcanzan temperaturas más elevadas. La temperatura media en invierno es de 20°C, pero durante la noche se vuelve algo más extrema.

A partir de octubre comienza la temporada húmeda hasta marzo. Después es temporada seca, en la cuál, es prácticamente imposible que llueva.

Zimbabue es un país con grandes problemas en cuanto a los recursos hídricos de los que dispone. La mayoría de las zonas rurales de Zimbabue tienen dificultades para acceder al agua

¹⁵ Información obtenida de: <https://www.cuandovisitar.es/zimbabue/>

potable, pero debido a las largas temporadas de lluvia en la mayoría de los sitios hay acuíferos subterráneos de donde se puede conseguir agua.

4.10 Cultura empresarial: Venta y suministro local.

Las familias en Zimbabwe son muy numerosas por eso cuando se trata de hacer negocios, la mayoría tiende a intentar buscar a algún familiar que trabaje en el sector de interés. Hay muchos mercados en los que se pueden comprar materiales. Es normal realizar pagos mediante Ecocash¹⁶, además de en efectivo o con una tarjeta de crédito local.

Para el desarrollo del proyecto se contará con personas elegidas por George Seremwe para la compra de materiales.

4.11 Marcos legales totalmente diferentes.

La corrupción es un problema importante, aunque según la información recabada por personas locales, los policías son menos corruptos que anteriormente.

La legislación zimbabuense es muy distinta a la española, pero aún así se siguen necesitando permisos para realizar construcciones. Es importante dejar claro que el proyecto que se desarrollará no tiene ninguna relación política y al tratarse de un proyecto de cooperación no supondrá grandes trabas legales.

4.12 Normativa, Unidades.

La normativa no es de interés. Al tratarse de un proyecto que se desarrollará de la forma más económica posible buscando la efectividad y el correcto funcionamiento, se utilizará todo aquello que esté disponible sin tener en cuenta una normativa.

Las unidades empleadas son las del Sistema Internacional.

4.13 Entorno cultural, un punto crítico.

Entender la cultura zimbabuense es esencial por varios motivos. En el periodo de duración de los proyectos se vivirá con personas locales, las cuáles ayudarán a la concesión del proyecto, por lo tanto, es muy importante saber motivar a estas personas.

El proyecto se desarrollará de la mano de los profesores que viven en el colegio y de profesionales cualificados en electricidad y fontanería. Todos ellos tienen un nivel cultural bastante elevado y saben hablar inglés, pero las comunidades que viven en el entorno de Kazai no cuentan con el mismo nivel cultural. Se utilizará el inglés como lengua de comunicación y al ser muchos los que no saben hablar inglés (sobre todo las generaciones más jóvenes) se tratará de ser muy claros y concisos en las explicaciones.

Hay algunos aspectos culturales muy distintos con respecto a los españoles, como, por ejemplo: la poligamia, el trabajo de la mujer en casa, el embarazo prematuro, el matrimonio y el respeto parental que puede llegar a confundirse con una relación algo frívola. Sin embargo, son personas que siempre buscan un vínculo especial con sus visitantes y que se preocupan por

¹⁶ Forma de pago oficializada en la que se envía saldo a un dispositivo móvil.

hacer sentir a sus invitados en todo momento como en casa. En general son muy acogedores, generosos y felices.

5 Definición del proyecto.

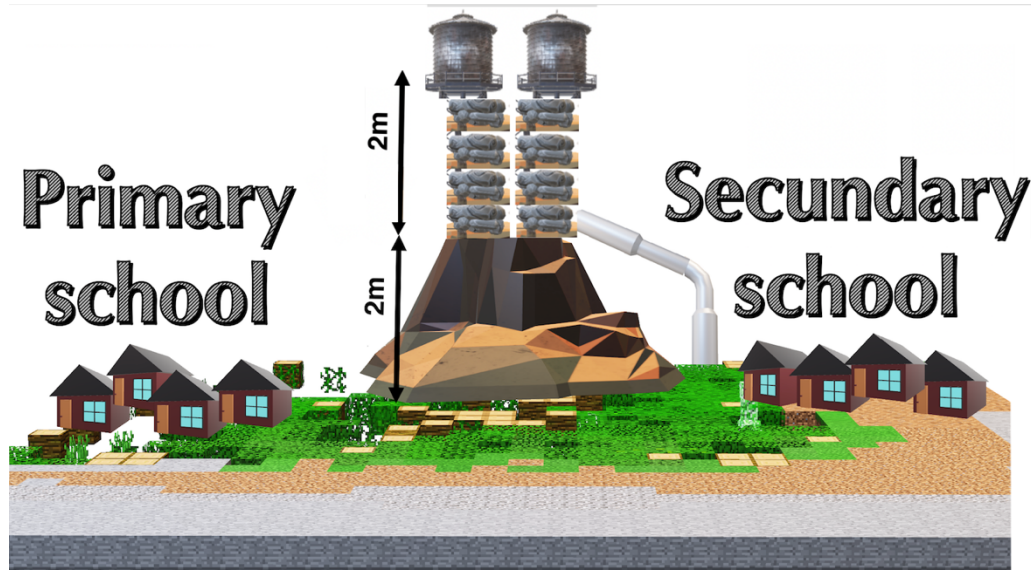


Ilustración 24: Esquema general de la instalación

Como se puede observar en la Ilustración 24: Esquema general de la instalación, se tienen dos núcleos escolares a los que se quiere dotar de abastecimiento de agua. Estos dos complejos escolares están separados por una montaña que tiene una elevación de 2m. Sobre la parte superior de esta montaña se ha establecido el nivel cero para todos los cálculos posteriores.

La profundidad media¹⁷ a la que se encuentran los acuíferos en la zona en la que vamos a trabajar en Zimbabue es de 40m aunque se baraja la posibilidad de tener que llegar a una profundidad mayor al realizar el proyecto durante la época seca. Se ha decidido sobredimensionar a una profundidad de 60m sobre el nivel superior de la montaña pues es posible que el acuífero no se encuentre en las condiciones esperadas.

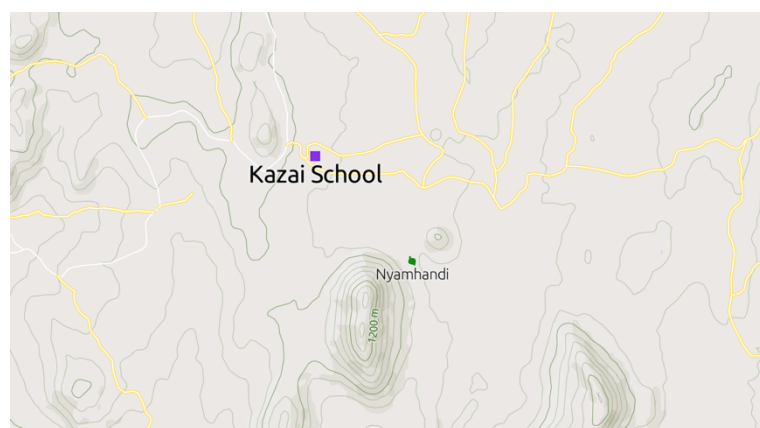


Ilustración 25: Nivel geodésico de Kazai

¹⁷ Estos datos se han podido obtener gracias a la información transmitida por George Seremwe vía e-mail.

Puesto que se quiere abastecer de agua tanto la escuela de *Kazai Secondary School* y la escuela de primaria *Kazai Primary School* la mejor solución es la de implantar los depósitos en la parte superior de la montaña que se encuentra entre los dos complejos y así se puede utilizar la altura natural del terreno. Se construirá en la parte superior de la montaña una estructura con piedras y cemento de otros 2m de altura. Desde esta estructura, el agua se distribuirá a ambos núcleos a través de tuberías. Este proyecto trata únicamente el abastecimiento de uno de los núcleos escolares, pero dejando abierta la posibilidad de ampliar el proyecto al segundo núcleo escolar en un futuro.

Se quieren instalar 6 puntos de distribución en el colegio. El agua se recogerá de un pozo mediante una bomba sumergible conectada a la instalación eléctrica. Gracias a la actuación de la bomba y de un tanque de presión se llenarán dos tanques de 5000 L de capacidad. La envergadura de los tanques ha sido seleccionada teniendo en cuenta que no todos los días se dispondrá de electricidad, luego ha de haber reserva suficiente para poder abastecer el colegio durante los días que se produzcan cortes. Actualmente en Zimbabue, los días que funciona el suministro eléctrico únicamente opera durante 3 horas diarias.

La situación del pozo aún está por definir. Existe la posibilidad de utilizar uno de los pozos existentes en *Kazai Primary School* o de realizar una nueva perforación.

5.1 Formación del equipo de personas locales.

El proyecto se realizará gracias a la ayuda de las personas que viven en las comunidades de alrededor. Entorno al complejo escolar se encuentran 18 comunidades distintas. La mayoría de las personas que viven en esta zona hablan inglés, sobre todo las de mayor edad. Con la ayuda de las personas que hablan inglés se explicarán todos los procedimientos a aquellas que únicamente conozcan su lengua materna, el shona.

Las comunidades se encargarán de realizar todas las excavaciones para la instalación de las tuberías, así como del transporte de las piedras necesarias para la construcción de la estructura para los tanques.

Se convocará una reunión donde se informará a todas las comunidades vecinas del proyecto y se votará su aprobación. En esta reunión las comunidades decidirán si se comprometen a colaborar activamente en el desarrollo del proyecto.



Ilustración 26: Reunión para la aprobación de los proyectos en Kazai

La instalación de las tuberías la realizará Rafael Seremwe. Rafael empezó a trabajar en asuntos de fontanería en 1992 y decidió montar su propia empresa en 1997.



Ilustración 27: Rafael Seremwe inaugurando un grifo

En cuanto a la instalación eléctrica, será realizada por Tamba Kademwa. Tamba tiene su propia empresa y en Zimbabwe es conocido como “el genio”.



Ilustración 28: Tamba Kademwa

La perforación del posible nuevo pozo será realizada por una empresa especialista en el campo. Formada por un equipo de 6 trabajadores y un jefe que dirigirá todas las operaciones. Además, se contará con una persona que realizará un estudio cartográfico de la geología y edafología¹⁸ del suelo para seleccionar el punto más adecuado para la perforación.

¹⁸ Ciencia que estudia la naturaleza del suelo en tanto que hábitat de las plantas



Ilustración 29: Empresa encargada de la perforación del pozo

6 Diseño y cálculos.

6.1 Caudal necesario de bombeo.

Siguiendo la información proporcionada por George Seremwe, fundador y responsable de CFA se estima una demanda de agua para 300 personas con un consumo normal de agua. Se considera como consumo normal 50L/persona al día siguiendo las indicaciones de la OMS ¹⁹. Se desea una independencia de un día, de esta forma, aunque haya un día sin electricidad, el consumo pueda ser independiente al caudal bombeado. Además, se tendrá en cuenta que para que la bomba sea lo más eficiente posible bombeará solo durante tres horas.

Ecuación 1: Cálculo del caudal necesario de bombeo

$$Q \left[\frac{m^3}{h} \right] = \frac{50l}{\text{persona} \cdot \text{día}} \cdot \frac{300 \text{ personas}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{10^{-3} m^3 \cdot 1 \text{ días}}{3 \text{ horas}} = \frac{5m^3}{h}$$

$$Q \left[\frac{m^3}{s} \right] = \frac{5m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} = \frac{0.001388m^3}{s}$$

$$Q \left[\frac{l}{s} \right] = \frac{5m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{10^3 l}{1m^3} = \frac{1.389l}{s}$$

6.2 Pérdidas de carga en tuberías.

Para el cálculo de las pérdidas de carga por la conducción del agua en las tuberías se utilizará la ecuación de Darcy- Weisbach. Esta ecuación es válida tanto para flujo laminar como para turbulento. El objetivo de esta ecuación es hallar el valor del coeficiente de fricción “f” mediante iteración.

$$h = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 2: Ecuación de Darcy- Weisbach

Siendo:

h[m]: Pérdida de carga o energía

f[adimensional]: Coeficiente de fricción de Darcy

L[m]: Longitud D: Diámetro [m]

V[m/s]: Velocidad

g[m/s²]: Aceleración de la gravedad

¹⁹ OMS: 50 l/persona al día como cantidad de agua mínima necesaria para mantener un nivel de higiene y evitar transmisión de enfermedades “Ing. Medio ambiental: Tema 2: Ingeniería del agua y contaminación. Parte 1. Hidrología”

$Q [m^3/s]$: Caudal

Para el cálculo del coeficiente de fricción se utiliza el número de Reynolds (Re).

Ecuación 3: Número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho v_s D_h}{\mu} = \frac{v_s D_h}{\nu}$$

Siendo:

$\rho [kg/m^3]$: Densidad del fluido

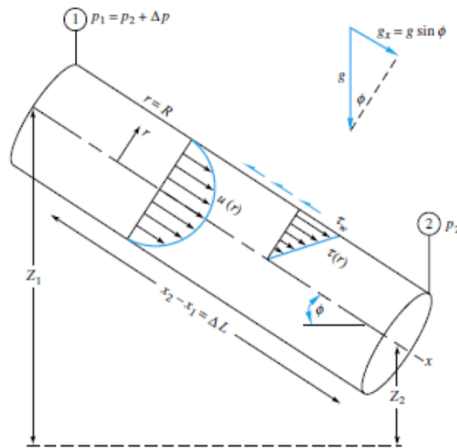
$v_s [m/s]$ vs: velocidad característica del fluido

$D_h [m]$ DH: Diámetro hidráulico de la tubería $DH = 4 \cdot A'_{rea} / Perímetro$

$\mu [kg/ms]$ μ : Viscosidad dinámica del fluido

$\nu [m^2/s]$ ν : Viscosidad cinemática del fluido

Aplicando Bernoulli entre dos puntos en los que el fluido está completamente desarrollado, con una tubería en la que el tubo está inclinado y es de sección constante, se obtiene:



Ecuación 4: Bernoulli entre 2 puntos interiores

$$h = (z_1 - z_2) + \frac{\Delta p}{\rho g}$$

Aplicando la ecuación de la cantidad de movimiento al volumen de control:

Ecuación 5: Cantidad de movimiento en un volumen de control

$$\sum F_x = \Delta p (\pi R^2) + \rho g (\pi R^2) L \sin \phi - \tau_w (2\pi R) L = \dot{m} (V_1 - V_2)$$

Siendo:

Δp : Variación de presiones entre 1 y 2

R: Radio de la tubería

L: Longitud entre 1 y 2

τ_w : Coeficiente de cortadura en la pared del tubo

V1 y V2: Velocidad media de los puntos 1 y 2

Reordenando los términos, la pérdida de carga:

Ecuación 6: Pérdida de carga

$$(z_1 - z_2) + \frac{\Delta p}{\rho g} = h = \frac{2\tau_w L}{\rho g R} = \frac{4\tau_w L}{\rho g d}$$

Independientemente de si la tubería está horizontal o inclinada, la pérdida de carga es proporcional al esfuerzo de cortadura en la pared en el tubo.

Para flujos turbulentos, es importante evaluar la altura de la rugosidad de la pared ε . Los coeficientes de fricción son distintos en función de la forma de la sección de la tubería.

Con todas las ecuaciones anteriores se obtiene:

Ecuación 7: Coeficiente de fricción

$$f = \frac{8\tau_w}{\rho V^2}$$

Luego, f se puede expresar en función de Re y de ε/d .

Las tuberías seleccionadas tienen sección circular, así el flujo a estudiar es el flujo de Poiseuille, donde teniendo en cuenta el valor de la velocidad máxima y del coeficiente de cortadura en la pared del tubo el coeficiente de fricción será:

Ecuación 8: Coeficiente de fricción en función de Reynolds

$$f = \frac{64}{Re_d}$$

Teniendo en cuenta el esquema de nuestra instalación indicado en Ilustración 30: Esquema de la instalación y toda la teoría anteriormente desarrollada, así como la información recabada sobre el funcionamiento de las tuberías ramificadas²⁰, se procede a realizar los cálculos.

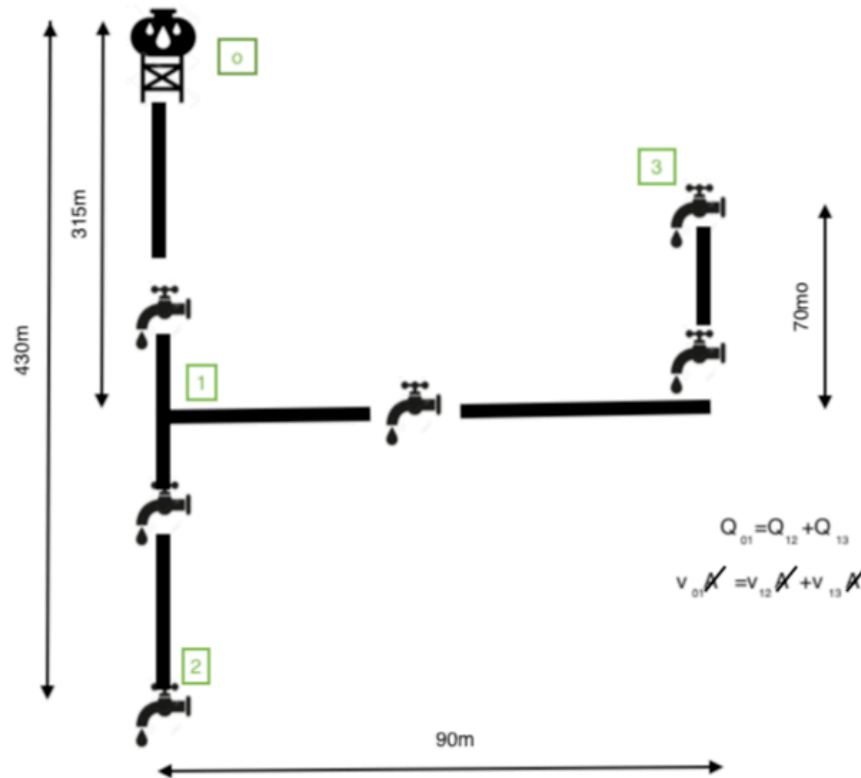


Ilustración 30: Esquema de la instalación

$$\frac{p_0 - p_1}{\rho g} + (z_0 - z_1) = (f_{01} \cdot \frac{315}{50 \cdot 10^{-3}} + 2 \cdot 0.9 + 0.1) \cdot \frac{v_{01}^2}{2g}$$

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + (z_1 - z_2) = (f_{12} \cdot \frac{115}{50 \cdot 10^{-3}} + 2 \cdot 0.9) \cdot \frac{v_{12}^2}{2g}$$

$$\frac{p_0 - p_1}{\rho g} + (z_0 - z_1) = (f_{13} \cdot \frac{160}{50 \cdot 10^{-3}} + 3 \cdot 0.9) \cdot \frac{v_{01}^2}{2g}$$

$$v_{01} = v_{12} + v_{13}$$

Datos:

$$g \left[\frac{m}{s^2} \right] = 9.81$$

$$\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] = 998$$

²⁰ Información obtenida en: <http://hidraulicaucentral.blogspot.com/2012/02/sistemas-de-tuberias.html>

$$\mu \left[\frac{kg}{ms} \right] = 0.001002$$

$$\varepsilon[mm] = 0.0015$$

$$L_{01}[m] = 316$$

$$L_{12}[m] = 115$$

$$L_{13}[m] = 160$$

$$d[mm] = 50$$

$$-\frac{p_1}{\rho g} + z_o = (f_{01} \cdot \frac{315}{50 \cdot 10^{-3}} + 1.9) \cdot \frac{v_{01}^2}{2g}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} = (f_{12} \cdot \frac{115}{50 \cdot 10^{-3}} + 1.8) \cdot \frac{v_{12}^2}{2g} + 0.84$$

$$\frac{p_1}{\rho g} = (f_{13} \cdot \frac{160}{50 \cdot 10^{-3}} + 2.7) \cdot \frac{v_{13}^2}{2g} + 0.84$$

$$v_{01} = v_{12} + v_{13}$$

Se empieza a iterar dando valores los siguientes valores:

$$v_{13} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$f_{13} = 0.305$$

Tabla 1: Cálculos iniciales

Cálculos					
v_{01}	0.6785	Re	33791.1144	f_{01}	0.024
		ε/d	0.00005		

Tabla 2: Segunda iteración

Iteración 2					
v_{12}	0.3785	Re	18850.9947	f_{12}	0.027
		ε/d	0.00005		

Tabla 3: Cálculos tras iterar

Primer cálculo	Segundo cálculo	Tercer cálculo	
$\frac{p_1}{\rho g}$	v_{12}	v_{01}	z_0
1.3001	0.3785	0.6785	4.8904

Se obtiene:

$$\begin{aligned}
 v_{01} &= 0.68 \text{ m/s} \\
 v_{12} &= 0.38 \text{ m/s} \\
 z_0 &= 4.9 \text{ m/s} \\
 Q_{01} &= 0.0013 \text{ m}^3/\text{s} \\
 Q_{12} &= 0.00074 \text{ m}^3/\text{s} \\
 Q_{13} &= 0.00059 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

6.3 Pérdidas de carga secundarias.

Tras realizar el análisis de las pérdidas por fricción, es necesario tener en cuenta las pérdidas de carga secundarias. Este tipo de pérdidas se producen en la entrada o salida de las tuberías, en curvas, codos, "tes" y válvulas. Estas pérdidas se miden experimentalmente y se correlacionan con los parámetros del flujo, sobretodo en el flujo turbulento.²¹

Ecuación 9: pérdidas totales

$$\sum \Delta h_{tot} = h_f + \sum k_i \frac{V_i^2}{2g}$$

Siendo:

h_f las pérdidas por fricción evaluadas anteriormente

K_i coeficiente para cada tipo de punto singular²²

²¹ Información obtenida de los apuntes de Mecánica de Fluidos:

https://sifohistorico.comillas.edu/pluginfile.php/1311784/mod_resource/content/2/Flujo%20viscoso%202015.pdf

²² Sus valores se obtendrán de Ilustración 31: Coeficiente para las entradas o salidas Ilustración 32: Coeficiente para las curvas, codos y "tes" Ilustración 33: Coeficiente para las válvulas

• Entradas o salidas de tuberías:

- $K = 1$, salida de tubería a depósito

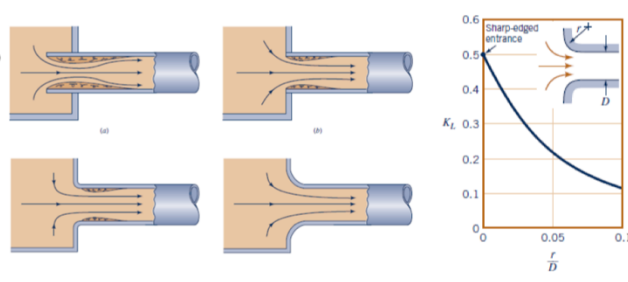


Ilustración 31: Coeficiente para las entradas o salidas

• Curvas, codos, "tes" y otros accesorios

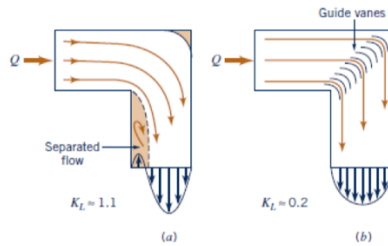


Ilustración 32: Coeficiente para las curvas, codos y "tes"

• Válvulas, abiertas o parcialmente cerradas.

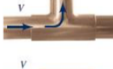
Component	K_L	
a. Elbows		
Regular 90°, flanged	0.3	
Regular 90°, threaded	1.5	
Long radius 90°, flanged	0.2	
Long radius 90°, threaded	0.7	
Long radius 45°, flanged	0.2	
Regular 45°, threaded	0.4	90° elbow
b. 180° return bends		
180° return bend, flanged	0.2	
180° return bend, threaded	1.5	
c. Tees		
Line flow, flanged	0.2	
Line flow, threaded	0.9	
Branch flow, flanged	1.0	
Branch flow, threaded	2.0	
d. Union, threaded		
	0.08	
*e. Valves		
Globe, fully open	10	
Angle, fully open	2	
Gate, fully open	0.15	
Gate, $\frac{1}{2}$ closed	0.26	
Gate, $\frac{3}{4}$ closed	2.1	
Gate, $\frac{1}{4}$ closed	17	
Swing check, forward flow	2	
Swing check, backward flow	∞	
Ball valve, fully open	0.05	
Ball valve, $\frac{1}{2}$ closed	5.5	
Ball valve, $\frac{3}{4}$ closed	210	

Ilustración 33: Coeficiente para las válvulas

6.4 Cálculo de la altura de la bomba.

Para el cálculo de la altura necesaria de la bomba se utiliza Bernoulli entre el punto uno y dos de la Ilustración 34: Bernoulli entre el punto superior de los tanques y el final del acuífero:

Ecuación 10: Altura de la bomba

$$H_{bomba} = (z_2 - z_1) + \left(\frac{p_2}{\rho g} - \frac{p_1}{\rho g} \right) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{\rho g} + h$$

$$h = \left(f \frac{L}{d} + \sum k_i\right) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

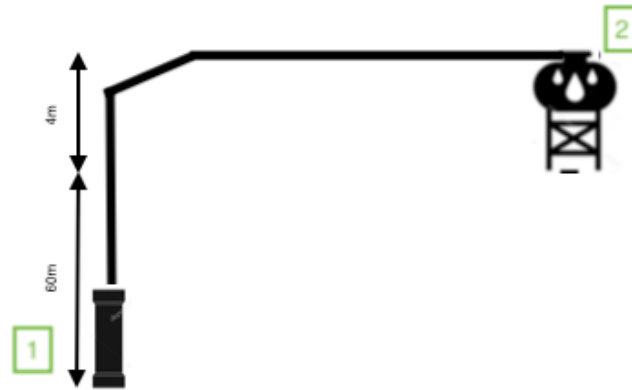


Ilustración 34: Bernoulli entre el punto superior de los tanques y el final del acuífero

$$H_{bomba} = (60 + 2 + 2 - 0) + 3 = 67m$$

El valor de la altura de las pérdidas por fricción como las secundarias se aproxima a un valor de 3, ya que al ir multiplicadas por la velocidad del fluido (número menor que la unidad) se podría llegar a despreciar frente a una diferencia geodésica de 64m.

6.5 Cálculo de la potencia de la bomba.

Teniendo en cuenta todo lo calculado el valor de la potencia que se necesita en la bomba es:

Ecuación 11: Potencia de la bomba

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_{bomba} = 872.42W = 1.2 HP$$

7 Lista de materiales.

Los materiales necesarios para el sistema hidráulico son:

- (A) 2 HP Submersible pump Bomba *sumergible*
- (B) 1x borehole cap Tapón de perforación
- (C) 800mx 32mm Polly pipe *Tubería de polietileno*
- (D) 1x 32mm Polly Tee “Te” de *polietileno*
- (E) 5x 32mm Polly Bends *Codo*
- (F) 4x 32mm Polly VSP *Cabezal de polietileno*
- (G) 2x 25mm Ball Cortes *Válvula de bola*
- (H) 6x 50mm VSP Sockets *Cabezal conector*
- (I) 2x 50mm Plain Bends *Codo plano*
- (J) 2x 40mm Ball Corks *Tapón de bola*
- (K) 2x 50x 25mm Reducers *Reductor*
- (L) 6x 25mm Tees “Te”
- (M) 1x 20mm Non Return Valve *Válvula de no retorno*
- (N) 2x 25mm VSP sockets *Cabezal conector*
- (Ñ) 6x 25mm Threaded Elbows *Codos roscados*
- (O) 6x 20mm Galv x 1m Pipe *Tubería galvanizada*
- (P) 6x 20mm Galv Elbows *Codo galvanizado*
- (Q) 6x 20mm Garden Tap *Grifo*
- (R) 10x Thread Tapes *Cinta de fontanero*
- (S) 1x 50mm Poly Pipe Class 16 *Tubería de polietileno clase 16*
- (T) 100x 25mm PVC Pipe Class 16 *Tubería de PVC clase 16*
- (U) 2x 500ml Solvent Cement *Cola*
- (V) 4x 25mm Plain Bends *Codo simple*
- (W) 2x 5000L Tanks *Tanque*
- (X) 2x Plank *Tablón*

En la Ilustración 35: Croquis de la instalación completa se puede observar cada uno de los elementos anteriormente listado.

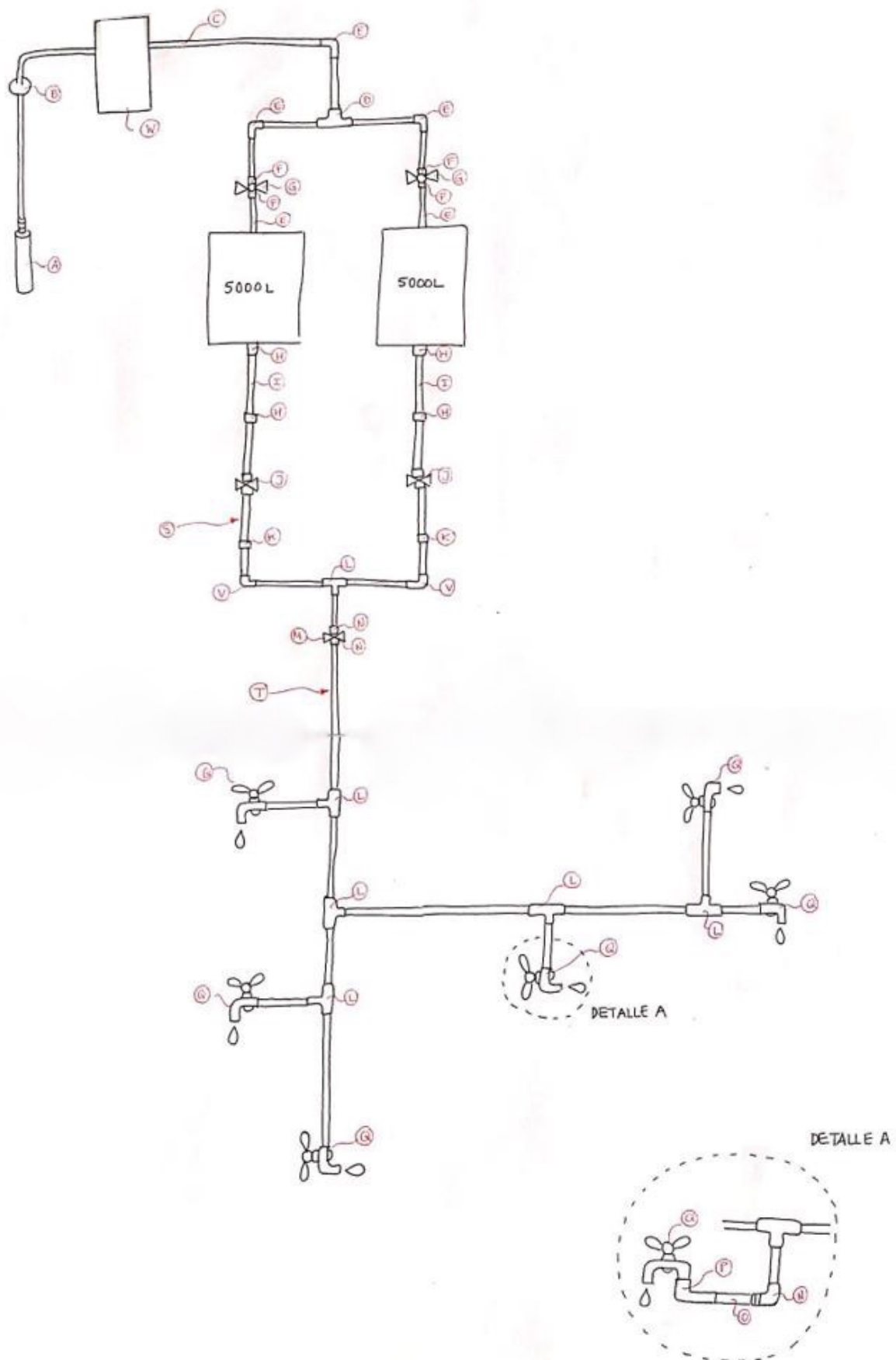


Ilustración 35: Croquis de la instalación completa

Además, para la construcción de la estructura de los tanques y la instalación eléctrica será necesario:

- 10x 25kg Cement *Bolsa de cemento*
- Rocks (as many as posible) *Piedras*
- 70m Electric wire *Cable eléctrico*
- 4 Shovels *Pala*
- 4 Peacks *Pico*

8 Solución realizada.

Para una exitosa construcción del sistema de abastecimiento de agua han de tenerse en cuenta distintos aspectos como: la financiación, la localización del agua, el sistema de excavación, la localización y altura de los tanques de almacenamiento del agua, la obtención de la energía que alimenta la bomba y el proceso de mantenimiento.

8.1 La financiación.

Para la financiación de todos los proyectos se estima un presupuesto total necesario de entorno a 30.000 €. La recaudación se realizará de forma conjunta entre las ocho personas que realizarán su Trabajo Fin de Grado a través de CFA. Para ello se han organizado tres grupos distintos para facilitar el reparto y la organización de las actividades, aunque finalmente se tomarán todas las decisiones y se acudirá a todos los eventos de forma conjunta.

Para el anuncio de los distintos eventos y paneles informativos se ha utilizado el software de diseño gráfico Canva²³.

Para dar a conocer los eventos, estimular las ventas e incentivar el desarrollo de futuros proyectos se hará uso de redes sociales como Instagram y Facebook. Todos los proyectos cuentan con un perfil común²⁴.

a) Venta de camisetas, pulseras y papeletas



Ilustración 36: Camisetas, pulseras y papeletas

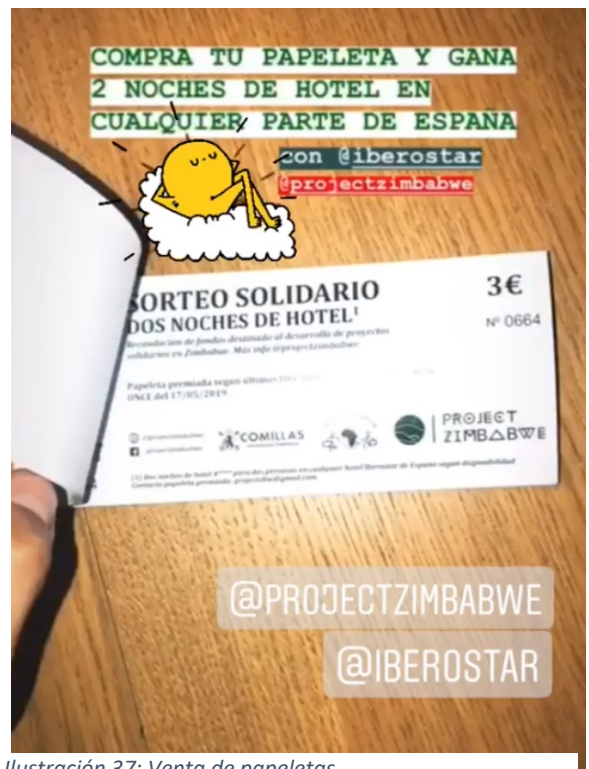


Ilustración 37: Venta de papeletas

²³ <https://www.canva.com>

²⁴ <https://www.instagram.com/projectzimbabwe/> <https://www.facebook.com/projectzimbabweicai/>

b) Mercadillo solidario



Ilustración 39: Anuncio mercadillo solidario.



Ilustración 38: Mercadillo solidario en la parroquia Santísimo Redentor

c) Concierto benéfico



Ilustración 41: Fiesta benéfica en B12



Ilustración 40: Anuncio fiesta 7 de marzo

d) Donaciones de personas físicas y sociedades



Ilustración 42: Cartel informativo realizado con Canva



Ilustración 43: Cartel informativo modelo 2, realizado con Canva

e) Crowdfunding.

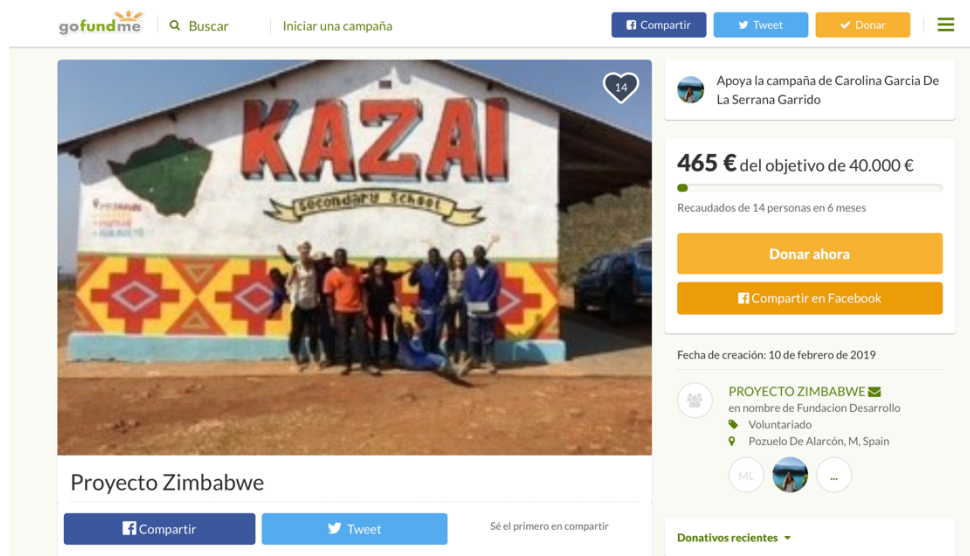


Ilustración 44: Aspecto de la página web del Crowdfunding

f) Huchas.

Se han distribuido por la universidad (cafetería y reprografía). También se han puesto en sitios concurridos públicamente como consultas médicas, pastelerías, etc.



Ilustración 45: Huchas para la recaudación de fondos

8.2 La localización del agua.

Kazai Primary School cuenta ya con un pozo construido en 1970 que funciona gracias a una bomba manual. Una de las opciones barajadas es utilizar este pozo ya construido e intercambiar la bomba manual por una sumergible.



Ilustración 46: Pozo de 1970

Esta opción fue descartada por distintos motivos. Principalmente porque al sustituir la bomba manual por una eléctrica se restringe totalmente el aporte de agua al funcionamiento

eléctrico. Actualmente Kazai, cuenta con tres horas diarias de electricidad y no todos los días hay electricidad. Es necesario dejar este pozo con la bomba manual en caso de que haya varios días sin electricidad o se produzca algún tipo de avería en el sistema de abastecimiento de agua.

Otro de los motivos por los que se descartó esta opción fue porque hay comunidades cercanas que todos los días acuden a este pozo para obtener agua, además de los niños y profesores del colegio. Si se realizaba la instalación de las tuberías en este punto, esas comunidades tendrían que desplazarse al colegio para poder seguir obteniendo agua. Además, el pozo se encuentra a unos 800m del posible punto de conexión eléctrico y haciendo un balance de costes se obtuvo que esto es mucho más caro que el realizar una nueva perforación eligiendo un punto más cercano a la instalación eléctrica.



Ilustración 47: Perforación del nuevo pozo

Realizar una nueva perforación supone un coste considerable, pero tiene muchos más beneficios que el utilizar el pozo ya existente. Estos beneficios son: generar una alternativa hidráulica en caso de un posible fallo, no restringir el acceso al agua a ninguna de las comunidades y por último, ahorrar en el cableado eléctrico y en las tuberías.

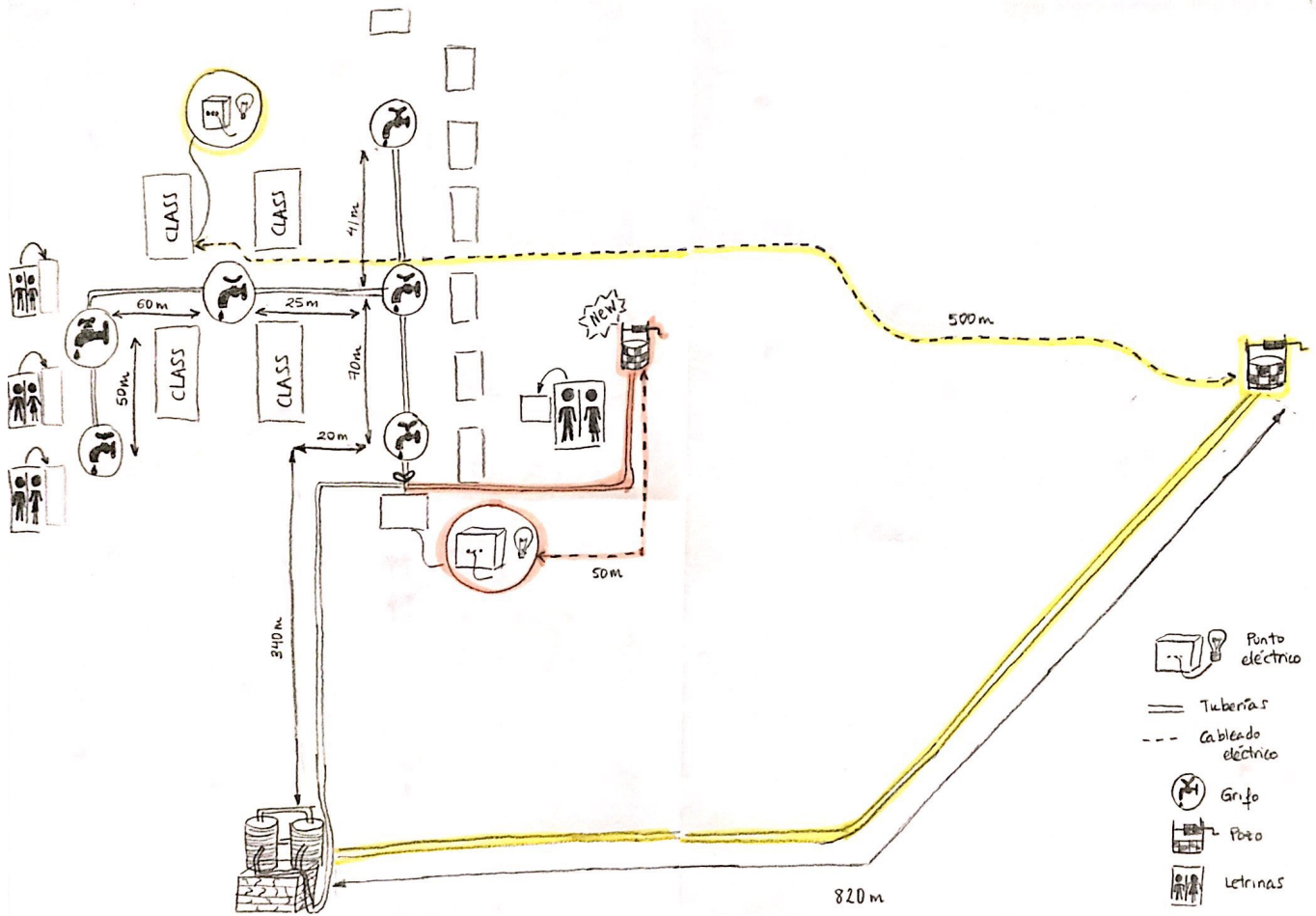


Ilustración 48: Croquis de la instalación de las dos posibles opciones

8.3 El sistema de excavación.

Para la excavación se utilizó una máquina perforadora de pozos alimentada con un compresor ELGi DS 1100-300 Drill Compressor. Este compresor se alimenta con un tanque Diesel instalado en un camión. Con la perforadora se taladra el suelo al mismo tiempo que se coloca el encamisado del pozo.



Ilustración 49: compresor ELGi DS 1100-300



Ilustración 50: Camión perforadora



Ilustración 51: Muestras del terreno

Cada dos metros se van tomando muestras de la arena obtenida en el interior de la perforación para ver como va cambiando el terreno y prever así la existencia de un acuífero o no, tal y como se muestra en Ilustración 51: Muestras del terreno.

Inicialmente se contrató la perforación para una profundidad de 40m. Al llegar a los 40m no había agua, se tuvo que seguir perforando hasta finalmente encontrar agua a los 70m de profundidad. Para asegurar un correcto funcionamiento se realizaron 10m más, siendo la profundidad final de la perforación de 80m.

La perforación se realiza en tramos de 5m, después se coloca otro tramo de 5m y así sucesivamente hasta alcanzar el nivel del acuífero. Una vez alcanzado el nivel del agua subterránea se retira la perforadora y se introducen las tuberías de PVC. Una vez introducidos todos los tramos de tuberías correspondientes (tramos de 6m con un diámetro de 50 mm) se utiliza un líquido inflamable para sellar el agujero hasta que se pueda realizar la instalación de la bomba sumergible.



Ilustración 53: Perforación



Ilustración 52: Tuberías de PVC

8.4 La localización y la altura de los tanques de almacenamiento del agua.

El sitio seleccionado para colocar los tanques se encuentra entre los dos colegios en un terreno que tiene una elevación natural con respecto al nivel del colegio de primaria y de secundaria. Hay una altura natural de un par de metros. Siguiendo los cálculos realizados, se necesitan aproximadamente cuatro metros de altura para poder suministrar agua en los seis puntos deseados del colegio, luego la superestructura tendrá dos metros de altura.



Ilustración 54: Núcleo de unión entre los dos complejos escolares

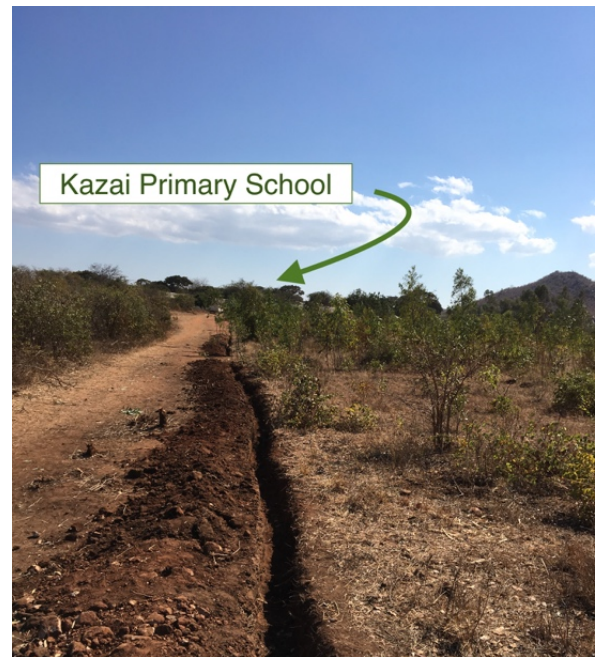


Ilustración 55: Kazai Primary School desde el punto donde se sitúan los tanques



Ilustración 56: Terreno sobre el que se construye la estructura para los tanques

La estructura de los tanques se construirá utilizando cemento y piedras aportadas por las comunidades vecinas. Las piedras se utilizarán en sustitución de los ladrillos para minimizar el coste. Para la construcción de la estructura se contratará a unas personas especializadas en el trabajo de piedras y cemento.



Ilustración 58: Cemento preparado para construir



Ilustración 57: Bolsas de cemento empleadas para la construcción de la estructura



Ilustración 59: Rocas empleadas para la construcción de la estructura

La superficie en la que se quiere construir la estructura estaba llena de árboles así que primero se talaron, se realizó una quema del terreno y se comenzó a construir con la ayuda de cuatro mástiles que servían como referencia.



Ilustración 61: Inicio de la construcción



Ilustración 60: Mástiles usados como referencia

Para el transporte de las piedras y el agua necesaria para trabajar con el cemento se utilizaron vacas.



Ilustración 63: Vacas utilizadas para el transporte de las piedras



Ilustración 62: Día de trabajo en la construcción

La estructura servirá como plataforma para los 2 tanques de 5000L de capacidad. En las ilustraciones: Ilustración 64: Resultado final de la estructura y Ilustración 65: Estructura con los tanques instalados se puede ver el resultado final de la construcción.



Ilustración 64: Resultado final de la estructura



Ilustración 65: Estructura con los tanques instalados

8.5 Instalación de las tuberías.

Para la entrada a los tanques se utilizaron tuberías de polietileno, sin embargo, para la salida de los tanques se utilizaron tuberías de PVC. Todo el conexionado intermedio hasta cada uno de los grifos y hasta el pozo se hizo con tuberías de polietileno. Tal y como se puede observar en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las tuberías de polietileno son de color negro y las de PVC azules.



Ilustración 66: Conexión de las tuberías en los tanques de almacenamiento

En el tramo de salida de los tanques, una vez las dos tuberías ramificadas se han unido con una “te” se instala la válvula anti-retorno (En la Ilustración 66: Conexión de las tuberías en los tanques de almacenamiento aparece tras la “te” de color gris). Esta válvula sirve para que el agua pueda circular tras ella en ambas direcciones. Mientras que la bomba se encuentre bombeando, el agua circulará en dirección hacia los tanques. Sin embargo, si en ese momento se abre un grifo el agua comenzará a circular en la otra dirección hacia la zona de los grifos. La válvula consigue que, aunque el agua circule en la otra dirección nunca se produzca un sentido de circulación de entrada por la parte de salida de los tanques. Gracias a la utilización de este elemento se consigue un ahorro en tuberías ya que no es necesario tener dos tramos de tuberías distintos para cada uno de los sentidos de circulación, sino que se puede trabajar únicamente con un tramo de tuberías capaz de trabajar en ambos sentidos.

Según la información recogida en el portal de búsqueda de propiedades de los materiales Matweb ²⁵ el polietileno tiene en general peores características mecánicas, pero no difieren excesivamente. Como el polietileno era más económico se optó por utilizar en la mayor parte del conexionado tuberías de polietileno.

²⁵ Información extraída del software: <http://www.matweb.com>

Ambos materiales son idóneos en cuanto a la resistencia a la corrosión, esto es fundamental al tratarse de un sistema de abastecimiento de agua que se utilizará para usos domésticos.

Las tuberías del pozo que ya estaba instalado en el colegio eran de cobre y al sacar agua se podía apreciar perfectamente las condiciones de corrosión que el agua sufría. Esto se distinguía en su turbidez y en las partículas marrones que salían junto con el agua. Por lo tanto, la instalación de este tipo de tuberías supuso un gran entusiasmo por parte de los profesores del colegio y de todas las comunidades vecinas.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	0.930 - 1.05 g/cc	0.0336 - 0.0379 lb/in³	Average value: 0.945 g/cc Grade Count:23
Environmental Stress Crack Resistance	1000 - 5000 hour	1000 - 5000 hour	Average value: 2290 hour Grade Count:10
	>= 2000 hour	>= 2000 hour	Average value: 2000 hour Grade Count:2
	@ Temperature 60.0 - 60.0 °C	@ Temperature 170 - 170 °F	
Melt Flow	0.200 - 21.0 g/10 min	0.200 - 21.0 g/10 min	Average value: 3.75 g/10 min Grade Count:23
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Shore D	48.0 - 69.0	48.0 - 69.0	Average value: 57.3 Grade Count:12
Tensile Strength, Ultimate	12.5 - 35.0 MPa	1810 - 5080 psi	Average value: 24.9 MPa Grade Count:6
Tensile Strength, Yield	13.8 - 31.0 MPa	2000 - 4500 psi	Average value: 19.7 MPa Grade Count:6
Elongation at Break	50.0 - 1100 %	50.0 - 1100 %	Average value: 535 % Grade Count:18
Modulus of Elasticity	0.800 GPa	116 ksi	Average value: 0.800 GPa Grade Count:3
Flexural Modulus	0.590 - 1.20 GPa	85.6 - 174 ksi	Average value: 0.740 GPa Grade Count:10
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	1.00e+15 - 3.00e+16 ohm-cm	1.00e+15 - 3.00e+16 ohm-cm	Average value: 1.16e+16 ohm-cm Grade Count:7
Dielectric Constant	2.30 - 2.55	2.30 - 2.55	Average value: 2.38 Grade Count:3
Dielectric Strength	21.7 - 39.4 kV/mm	550 - 1000 kV/in	Average value: 29.2 kV/mm Grade Count:6
Dissipation Factor	0.000500	0.000500	Average value: 0.000500 Grade Count:3
Thermal Properties	Metric	English	Comments
Melting Point	126 - 128 °C	259 - 262 °F	Average value: 126 °C Grade Count:5
Vicat Softening Point	114 - 127 °C	237 - 261 °F	Average value: 119 °C Grade Count:5
Brittleness Temperature	-100 - -70.0 °C	-148 - -94.0 °F	Average value: -79.3 °C Grade Count:8
Processing Properties	Metric	English	Comments
Processing Temperature	180 - 240 °C	356 - 464 °F	Average value: 210 °C Grade Count:6
Die Temperature	185 - 210 °C	365 - 425 °F	Average value: 198 °C Grade Count:7
Melt Temperature	160 - 230 °C	320 - 446 °F	Average value: 190 °C Grade Count:8
Head Temperature	185 - 210 °C	365 - 410 °F	Average value: 196 °C Grade Count:6

Ilustración 67: Propiedades del Polietileno

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	0.880 - 2.06 g/cc	0.0318 - 0.0744 lb/in³	Average value: 1.37 g/cc Grade Count:188
Loss On Ignition	23.0 - 54.0 %	23.0 - 54.0 %	Average value: 28.2 % Grade Count:49
Porosity	0.540 - 32.0 %	0.540 - 32.0 %	Average value: 11.0 % Grade Count:3
Viscosity	0.950 - 2.37 cP	0.950 - 2.37 cP	Average value: 1.64 cP Grade Count:3
	473000 - 473000 cP	473000 - 473000 cP	Average value: 473000 cP Grade Count:1
	@ Temperature 177 - 177 °C	@ Temperature 351 - 351 °F	
	473000 - 473000 cP	473000 - 473000 cP	Average value: 473000 cP Grade Count:1
	@ Frequency 1000 - 1000 Hz	@ Frequency 1000 - 1000 Hz	
Linear Mold Shrinkage	0.0100 - 0.0180 cm/cm	0.0100 - 0.0180 in/in	Average value: 0.0120 cm/cm Grade Count:33
Melt Flow	0.200 - 30.0 g/10 min	0.200 - 30.0 g/10 min	Average value: 6.04 g/10 min Grade Count:77
ASTM Color	-3.17 - 93.1	-3.17 - 93.1	Average value: 18.8 Grade Count:11
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Shore A	30.0 - 99.0	30.0 - 99.0	Average value: 80.5 Grade Count:1007
Hardness, Shore D	33.0 - 77.0	33.0 - 77.0	Average value: 49.6 Grade Count:140
Hardness, Shore C	65.0 - 92.0	65.0 - 92.0	Average value: 78.5 Grade Count:77
Tensile Strength, Ultimate	1.11 - 29.0 MPa	161 - 4210 psi	Average value: 15.4 MPa Grade Count:800
	8.50 - 18.66 MPa	1230 - 2706 psi	Average value: 12.7 MPa Grade Count:2
	@ Temperature 60.0 - 135 °C	@ Temperature 140 - 277 °F	
	8.50 - 18.66 MPa	1230 - 2706 psi	Average value: 12.7 MPa Grade Count:2
	@ Time 605000 - 605000 sec	@ Time 168 - 168 hour	
Tensile Strength, Yield	2.07 - 53.1 MPa	300 - 7700 psi	Average value: 13.6 MPa Grade Count:449
Elongation at Break	80.0 - 920 %	80.0 - 920 %	Average value: 309 % Grade Count:1057
	0.000 - 630 %	0.000 - 630 %	Average value: 191 % Grade Count:4
	@ Temperature 60.0 - 250 °C	@ Temperature 140 - 482 °F	
	0.000 - 630 %	0.000 - 630 %	Average value: 191 % Grade Count:4
	@ Time 900 - 205000 sec	@ Time 250 - 168 hour	
Elongation at Yield	128 - 450 %	128 - 450 %	Average value: 303 % Grade Count:180
Modulus of Elasticity	0.00600 - 1.12 GPa	0.870 - 163 ksi	Average value: 0.0388 GPa Grade Count:39
Flexural Modulus	0.0752 - 1.30 GPa	10.9 - 188 ksi	Average value: 0.524 GPa Grade Count:3
Tear Strength	22.0 - 104 kN/m	126 - 593 pli	Average value: 48.6 kN/m Grade Count:9
Graves Tear Strength	52.0 - 73.5 kN/m	297 - 419 pli	Average value: 66.0 kN/m Grade Count:3
Compression Set	26.0 - 71.0 %	26.0 - 71.0 %	Average value: 39.4 % Grade Count:12
	40.0 - 44.0 %	40.0 - 44.0 %	Average value: 44.0 % Grade Count:2
	@ Temperature 70.0 - 70.0 °C	@ Temperature 158 - 158 °F	
	46.0 - 46.0 %	46.0 - 46.0 %	Average value: 44.0 % Grade Count:1
	@ Temperature 70.0 - 70.0 °C	@ Temperature 158 - 158 °F	
	46.0 - 46.0 %	46.0 - 46.0 %	Average value: 44.0 % Grade Count:1
Thermal Properties	Metric	English	Comments
Maximum Service Temperature, Air	15.6 - 205 °C	60.0 - 401 °F	Average value: 88.3 °C Grade Count:430
Minimum Service Temperature, Air	-65.0 - -20.0 °C	-85.0 - -4.00 °F	Average value: -39.8 °C Grade Count:19
Brittleness Temperature	-100 - -15.0 °C	-148 - -59.0 °F	Average value: -29.8 °C Grade Count:786
UL RTI, Electrical	50.0 - 90.0 °C	122 - 194 °F	Average value: 82.1 °C Grade Count:34
UL RTI, Mechanical with Impact	50.0 - 90.0 °C	122 - 194 °F	Average value: 55.3 °C Grade Count:14
UL RTI, Mechanical without Impact	50.0 - 90.0 °C	122 - 194 °F	Average value: 80.3 °C Grade Count:31
Flammability, UL94	HB - V-0	HB - V-0	Grade Count:76
Oxygen Index	12.0 - 62.0 %	12.0 - 62.0 %	Average value: 29.3 % Grade Count:720
Optical Properties	Metric	English	Comments
Transmission, Visible	80.0 - 90.0 %	80.0 - 90.0 %	Average value: 88.6 % Grade Count:16
Processing Properties	Metric	English	Comments
Processing Temperature	157 - 191 °C	315 - 375 °F	Average value: 174 °C Grade Count:46
Nozzle Temperature	188 - 249 °C	370 - 480 °F	Average value: 205 °C Grade Count:35
Die Temperature	150 - 249 °C	302 - 480 °F	Average value: 202 °C Grade Count:38
Melt Temperature	110 - 390 °C	230 - 734 °F	Average value: 184 °C Grade Count:539
Head Temperature	130 - 165 °C	266 - 329 °F	Average value: 146 °C Grade Count:3
Mold Temperature	10.0 - 65.6 °C	50.0 - 150 °F	Average value: 44.2 °C Grade Count:35
Roll Temperature	21.1 - 48.9 °C	70.0 - 120 °F	Average value: 35.0 °C Grade Count:4
Drying Temperature	82.2 °C	180 °F	Average value: 82.2 °C Grade Count:4
Injection Pressure	0.0689 - 6.89 MPa	10.0 - 1000 psi	Average value: 3.69 MPa Grade Count:35
Cushion	0.381 - 2.54 cm	0.150 - 1.00 in	Average value: 1.48 cm Grade Count:31

Ilustración 68: Propiedades del PVC

Primero con ayuda de las comunidades se realizó la excavación de todo el recorrido que seguirían las tuberías, posteriormente se realizó todo el conexionado con los correspondientes empalmes, codos, “tes” y válvulas y se enterraron para que no estuviesen expuestas directamente al exterior y así evitar posibles desperfectos.



Ilustración 71: Crushwell trabajando



Ilustración 70: Excavación en la zona del colegio



Ilustración 69: Excavación en el tramo de llegada a la estructura de los tanques

Entre los tanques y el primer grifo se colocó una válvula de seguridad (Ilustración 72: Válvula de seguridad). De esta forma, en caso de que se produzca algún desperfecto en los tanques, los grifos podrán seguir siendo utilizados alimentados directamente por la bomba; siempre y cuando haya electricidad y la bomba pueda funcionar.



Ilustración 72: Válvula de seguridad

A la entrada de cada grifo se colocó un codo para poder hacer de forma adecuada la instalación de cada grifo (Ilustración 74: Codo para la instalación de un grifo e Ilustración 73: Grifo más próximo a los tanques).



Ilustración 74: Codo para la instalación de un grifo



Ilustración 73: Grifo más próximo a los tanques

8.6 Instalación de la bomba sumergible.

La consecución de esta parte del proyecto fue realizada por Tamba. La bomba seleccionada es la mostrada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Ilustración 75: Bomba instalada



Bomba para pozos profundos 4SG(m) de 4"

Rango de rendimiento

Flujo máximo: 22m³/h
Cabezal hidráulico máximo: 454m

Límites de aplicación

- Temperatura ambiental máxima: < 40°C;
- Contenido de arena (concentración porcentual en peso) de hasta 0,01%;
- Contenido de sulfuro de hidrógeno de hasta 1,5mg/L, contenido de cloruro de hasta 400mg/L;
- pH de 6,5 a 8,5;
- Profundidad máxima de inmersión: 70 m

Ilustración 76: Bomba sumergible para pozos profundos SHIMGE

Según los cálculos realizados en el apartado Cálculo de la potencia de la bomba, la potencia mínima necesaria de funcionamiento es de aproximadamente 1.2HP, por lo que necesitamos una bomba que sea capaz de dar al menos esa potencia. Conociendo estos datos se seleccionó una bomba que cumpliera las características especificadas y además se ajustase dentro del presupuesto, ciñéndose al mercado local de Harare. La profundidad final del pozo fue de 80m.

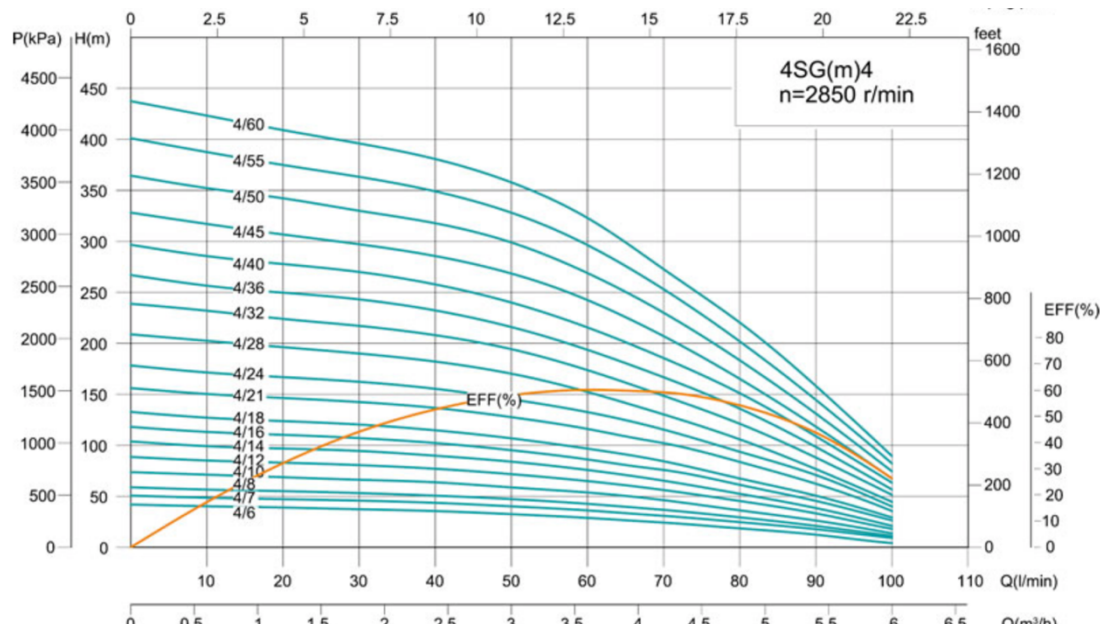


Ilustración 77: Curva de rendimiento de la bomba seleccionada

Siguiendo a la bomba se ha instalado un tanque de presión (Ilustración 78: Tanque de presión) que aporta al fluido la presión necesaria para poder ser distribuido hasta los tanques de presión y a los seis puntos de distribución.



Ilustración 78: Tanque de presión

8.7 Conexión de la bomba a la red eléctrica.

El conexionado de la bomba a la red eléctrica no ha sido tratado en el apartado de diseño y cálculos pues no entra dentro de los objetivos de este Proyecto. Sin embargo, se realizó de forma conjunta y es un tema interesante para desarrollar en los resultados del Proyecto.

El conexionado a la Red Eléctrica también fue realizado por Tamba. Primero se realizó todo el cableado en la parte de la bomba hasta la caja de conexión (Ilustración 79: Caja de conexión). Desde la caja de conexión se hizo el empalme correspondiente al cuadro eléctrico más cercano (Ilustración 80: Cuadro eléctrico más cercano). Se utilizó un voltímetro y los correspondientes elementos de seguridad necesarios como guantes y calzado adecuado.

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema antes de realizar el conexionado con el cuadro eléctrico se utilizó un generador diésel de alquiler (Ilustración 81: Generador eléctrico diésel Kipor KDE6700TA). Las horas de electricidad en Kazai empiezan en torno a las 11 p.m., por este motivo se pensó que era buena idea alquilar el generador de forma que se pudiese comprobar el correcto funcionamiento del sistema durante las horas de luz.



Ilustración 79: Caja de conexión



Ilustración 80: Cuadro eléctrico más cercano



Ilustración 81: Generador eléctrico diésel Kipor KDE6700TA

8.8 Proceso de mantenimiento.

El mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua no requiere de ningún proceso específico.

Se ha solicitado al director del colegio Masson Chindenga el cierre de unas letrinas próximas al pozo para evitar una futura contaminación de las aguas.

Se necesita un plan de gestión de aguas para los días en los que no se disponga de electricidad. De esta forma se consigue que siga habiendo agua disponible, aunque ese día no se haya podido bombear agua nueva a los tanques.

Es importante concienciar a la comunidad de que este proyecto les pertenece, por lo que el buen uso, funcionamiento y aprovechamiento de las instalaciones es responsabilidad suya.

8.9 Hitos de mejora.

Una vez llevado a cabo el proyecto en uno de los colegios se pretende expandir el sistema de distribución de agua para el otro de los colegios situado al otro lado del núcleo de unión donde se sitúan los tanques. El diseño y ejecución será muy similar a la de este proyecto ya que ambos colegios se sitúan aproximadamente a la misma distancia de los tanques.

Otras posibles mejoras son:

- Sustituir el conexionado eléctrico para bombear el agua por un sistema solar. Así se conseguiría no tener que depender del funcionamiento de la electricidad.
- Instalar un sistema de captación de aguas adicional durante las épocas de lluvia.
- Aumentar el número de puntos de distribución.

9 Estudio económico.

El objetivo de un estudio económico es determinar la rentabilidad del proyecto. Al ser un proyecto de cooperación la rentabilidad no es determinante en la consecución de este.

10 Impacto ambiental.

La magnitud, intensidad y extensión del impacto ambiental que genera este proyecto es muy baja. La clasificación de los tipos de impactos generados se hará en función de la información recabada en un estudio de impacto ambiental realizado en el acuífero de “El Peñón²⁶”. Los tipos de impacto posibles son:

- **Impacto favorable:** Es aquel que favorece las condiciones ambientales o minimiza los impactos existentes.
- **Impacto compatible (CO):** Al cesar la actividad y sin necesidad de realizar medidas correctoras o protectoras el factor ambiental afectado se va a recuperar.
- **Impacto moderado (M):** No requiere medidas protectoras o correctoras intensivas para su recuperación, o su recuperación requiere cierto tiempo.
- **Impacto severo (S):** Se requiere mucho tiempo para que se recupere el factor afectado a pesar de las medidas correctoras y protectoras o si el factor ambiental que se pierde para siempre es sustituible.
- **Impacto crítico(C):** Se pierde el factor, requiriendo la búsqueda de una alternativa.
- Se va a determinar el impacto ambiental sobre cada uno de los siguientes puntos: la fauna, la vegetación y el paisaje, la calidad del aire y la edafología.

10.1 La fauna.

No se genera ningún impacto sobre el conjunto de animales de este ecosistema al extraer agua subterránea de un acuífero natural.

10.2 La vegetación.

El impacto generado es de tipo compatible ya que, aunque se hayan realizado excavaciones para la instalación de las tuberías, se han vuelto a recubrir una vez instaladas las tuberías.

10.3 El paisaje.

El impacto generado es de tipo moderado. El paisaje se ha visto afectado, pero no requiere ninguna medida protectora o correctora intensiva.

10.4 La calidad del aire.

En lo relativo a la calidad del aire, el diseño desarrollado no engloba repercusión sobre el carácter del medio atmosférico.

10.5 La edafología.

Se ocupa una pequeña superficie del terreno, pero se recuperarán las propiedades edáficas en poco tiempo, luego el impacto generado es de tipo moderado.

²⁶ <http://www.murla.es/wp-content/uploads/2013/05/Estudio-de-impacto-ambiental-pozo-1.pdf>

11 Plan de ejecución.

La siguiente tabla especifica cada una de las actividades previstas para cada día.

Tabla 4: Plan de ejecución del proyecto

PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO			
	SEMANA1	SEMANA2	
DOMINGO*	7. Llegada a Harare	14. Kazai	INICIO 7 DE JULIO
LUNES	8. Conocer Harare	15. Poda de árboles y limpieza del terreno	
MARTES	9. Visita a Kazai y reunión con la comunidad	16. Excavaciones tuberías (Tramo tanques-colegio)	FIN 8 DE AGOSTO
MIÉRCOLES	10. Vuelta a Harare	17. Excavaciones tuberías (Tramo tanques-colegio)	
JUEVES	11. Desarrollo de cálculos tras conocer el terreno	18. Excavaciones tuberías (Tramo tanques-colegio)	*Viernes y domingo son festivo para algunos trabajadores
VIERNES*	12. Compra de materiales	19. Excavaciones tuberías (Tramo tanques-colegio)	
SABADO	13. Vuelta a Kazai	20. Excavaciones tuberías (Tramo tanques-colegio)	
	SEMANA3	SEMANA4	SEMANA5
DOMINGO*	21. Excavaciones tuberías (Tramo pozo-colegio)	28. Construcción estructura tanques	4. Instalación grifos + codos + empalmes + válvulas
LUNES	22. Excavaciones tuberías (Tramo pozo-colegio)	29. Construcción estructura tanques	5. Perforación del nuevo pozo
MARTES	23. Excavaciones tuberías (Tramo pozo-colegio)	30. Construcción estructura tanques	6. Perforación del nuevo pozo
MIÉRCOLES	24. Excavaciones tuberías (Tramo pozo-colegio)	31. Instalación tuberías + codos + empalmes + válvulas	7. Instalación bomba y cableado eléctrico
JUEVES	25. Excavaciones tuberías (Tramo pozo-colegio)	1. Instalación tuberías + codos + empalmes + válvulas	8. Vuelta a Madrid
VIERNES*	26. Construcción estructura tanques	2. Instalación grifos + codos + empalmes + válvulas	
SABADO	27. Construcción estructura tanques	3. Reunión con Rafael y con Tamba	

12 Bibliografía.

10.1 Bibliografía de texto.

Página oficial de las pensiones de George Seremwe

Obtenido de:

<https://smallworldlodge.com>

Página oficial de la Fundación de Ingenieros de ICAI para el desarrollo

Obtenido de:

<https://fundacioningenierosicai.org/quienes-somos/>

[GALL16] Documento de trabajo para la búsqueda de información de proyectos similares: "INSTALACIÓN DE UNA BOMBA SUMERGIBLE PARA SUMINISTRO DE AGUA DE UN PUEBLO DE TANZANIA QUE TRABAJA POR MEDIO DE UNA FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE"

Obtenido de:

http://oa.upm.es/43399/1/TFG_Sergio_Gallego_de_la_Sacristana.pdf

[GALI16] Documento de trabajo para la búsqueda de información de proyectos similares: "Estación de bombeo y red de distribución de agua de riego."

Obtenido de:

<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/17385>

[GONZ18] Documento de trabajo para la búsqueda de información de proyectos similares: "Captación y sistema de almacenamiento de agua para una escuela de formación profesional en Zimbabwe"

Obtenido de:

<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/27866>

Página oficial de Wikipedia. Geografía Zimbabwe

Obtenido de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa_de_Zimbabwe

Página oficial de Wikipedia. Cataratas Victoria

Obtenido de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Cataratas_Victoria

Página oficial de Wikipedia. Historia de Zimbabwe

Obtenido de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_Zimbabwe

Documento informativo sobre los precios del carburante

Obtenido de:

https://es.globalpetrolprices.com/Zimbabwe/gasoline_prices/

Artículo de la BBC sobre la economía en Zimbabwe

Obtenido de:

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-42052253>

Página oficial de Wikipedia. Economía en Zimbabwe

Obtenido de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Econom%C3%ADa_de_Zimbabwe

Blog turístico “Cuándo visitar”. Información climatológica

Obtenido de:

<https://www.cuandovisitar.es/zimbabwe/>

Datos terrenales

Obtenido de:

George Seremwe vía e-mail seremwe@hotmail.com

Documento “Ingeniería del agua y contaminación. Parte 1: Hidrología”

Obtenido de:

https://sifo.comillas.edu/pluginfile.php/2275741/mod_resource/content/2/2.1.%20Aguas%20HIDROLOGIA%202018_19%20%20Definitiva.pdf

Información sobre tuberías ramificadas

Obtenido de:

<http://hidraulicaucentral.blogspot.com/2012/02/sistemas-de-tuberias.html>

Información sobre el cálculo de pérdidas por fricción y secundarias

Obtenido de:

https://sifohistorico.comillas.edu/pluginfile.php/1311784/mod_resource/content/2/Friction%20viscoso%202015.pdf

Software de diseño gráfico para la elaboración de los carteles informativos

Obtenido de:

<https://www.canva.com>

Perfil oficial de Instagram Project Zimbabwe para la difusión de información

Obtenido de:

<https://www.instagram.com/projectzimbabwe/>

Perfil oficial de Facebook Project Zimbabwe para la difusión de información

Obtenido de:

<https://www.facebook.com/projectzimbabweicai/>

Información sobre las propiedades de los materiales. Software oficial Matweb

Obtenido de:

<http://www.matweb.com>

[REIG07] Documento de trabajo para la elaboración del impacto ambiental: CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA ABASTECIMIENTO URBANO DE MURLA ACUÍFERO “EL PEÑÓN”.

Obtenido de:

<http://www.murla.es/wp-content/uploads/2013/05/Estudio-de-impacto-ambiental-pozo-1.pdf>

12.2 Bibliografía de imágenes.

Ilustración 5: Situación de Harare, Mt Darwin, Dotito y Kazai

Obtenido de: Google Maps

<https://www.google.es/maps/?hl=es>

Ilustración 13: Oferta de los Lodges de George Seremwe en Zimbabwe

Obtenido de Página oficial de Small World Lodge

<https://smallworldlodge.com>

Ilustración 14: Localización de las pensiones

Obtenido de Página oficial de Small World Lodge

<https://smallworldlodge.com>

Ilustración 16: Logo Fundación Ingenieros de ICAI para el Desarrollo

Obtenido de Página oficial Fundación Ingenieros de ICAI para el Desarrollo

<https://fundacioningenierosicai.org>

Ilustración 19: Distancia Madrid-Harare

Obtenido de Google

<https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=disntancia+madrid+harare&ie=UTF-8&oe=UTF-8>

Ilustración 25: Nivel geodésico de Kazai

Obtenido de Mapcarta

<https://mapcarta.com/es/27047412>

Ilustración 31: Coeficiente para las entradas o salidas

Obtenido de Apuntes de Mecánica de Fluidos. Universidad Pontificia de Comillas. ICAI

https://sifohistorico.comillas.edu/pluginfile.php/1311784/mod_resource/content/2/Flujo%20viscoso%202015.pdf

Ilustración 32: Coeficiente para las curvas, codos y "tes"

Obtenido de Apuntes de Mecánica de Fluidos. Universidad Pontificia de Comillas. ICAI

https://sifohistorico.comillas.edu/pluginfile.php/1311784/mod_resource/content/2/Flujo%20viscoso%202015.pdf

Ilustración 33: Coeficiente para las válvulas

Obtenido de Apuntes de Mecánica de Fluidos. Universidad Pontificia de Comillas. ICAI

https://sifohistorico.comillas.edu/pluginfile.php/1311784/mod_resource/content/2/Flujo%20viscoso%202015.pdf

Ilustración 49: compresor ELGi DS 1100-300

Obtenido de Página oficial Air Research Compressors

https://www.arcbooster.com/compressors/elgi_1100-300

Ilustración 67: Propiedades del Polietileno

Obtenido de MatWeb

<http://www.matweb.com>

Ilustración 68: Propiedades del PVC

Obtenido de MatWeb

<http://www.matweb.com>

Ilustración 76: Bomba sumergible para pozos profundos SHIMGE

Obtenido de Página oficial Shimge

<http://shimge-pump.es/2-6-deep-well-pump/245923/>

Ilustración 77: Curva de rendimiento de la bomba seleccionada

Obtenido de Página oficial Shimge

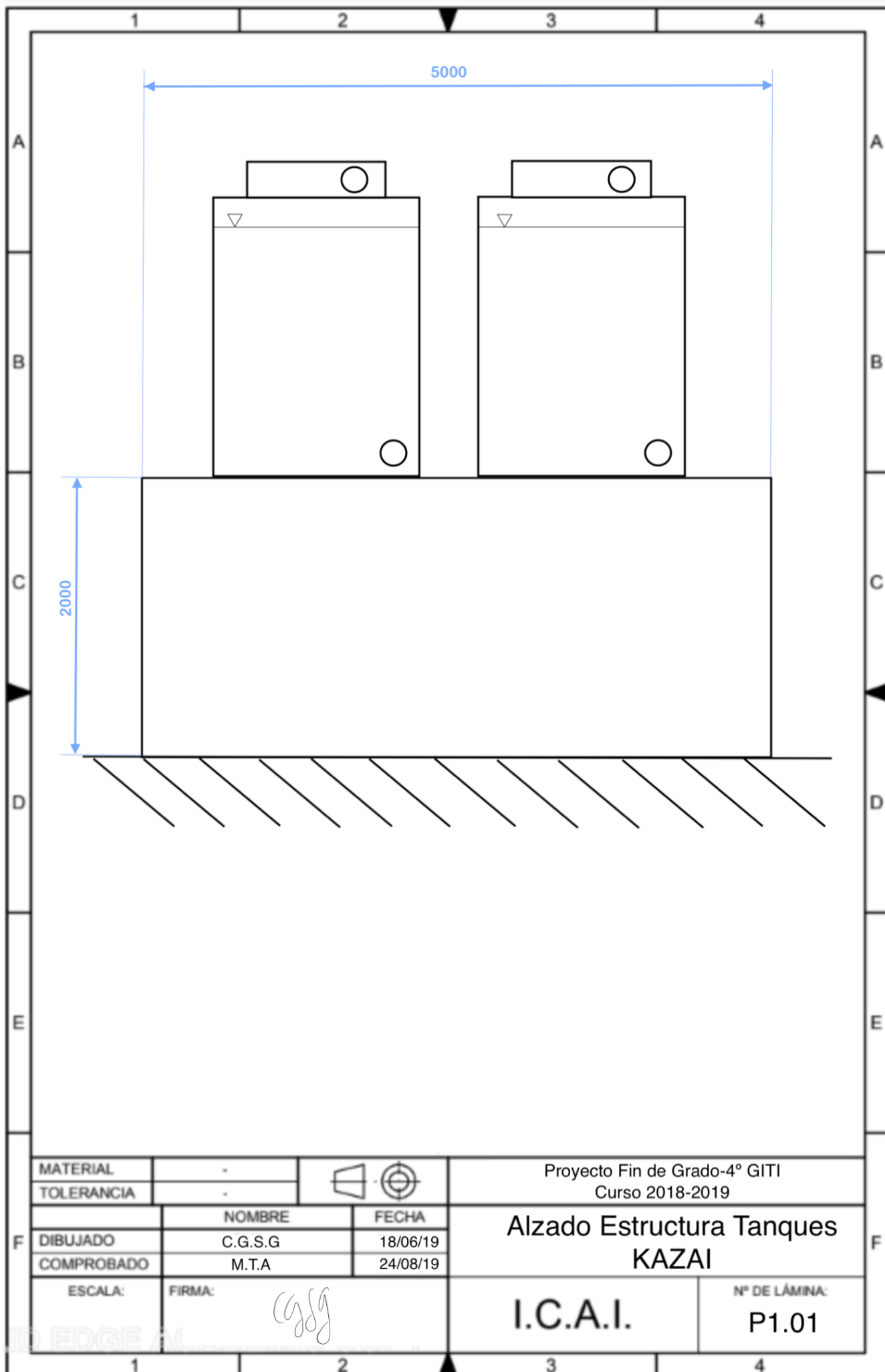
<http://shimge-pump.es/2-6-deep-well-pump/245923/>

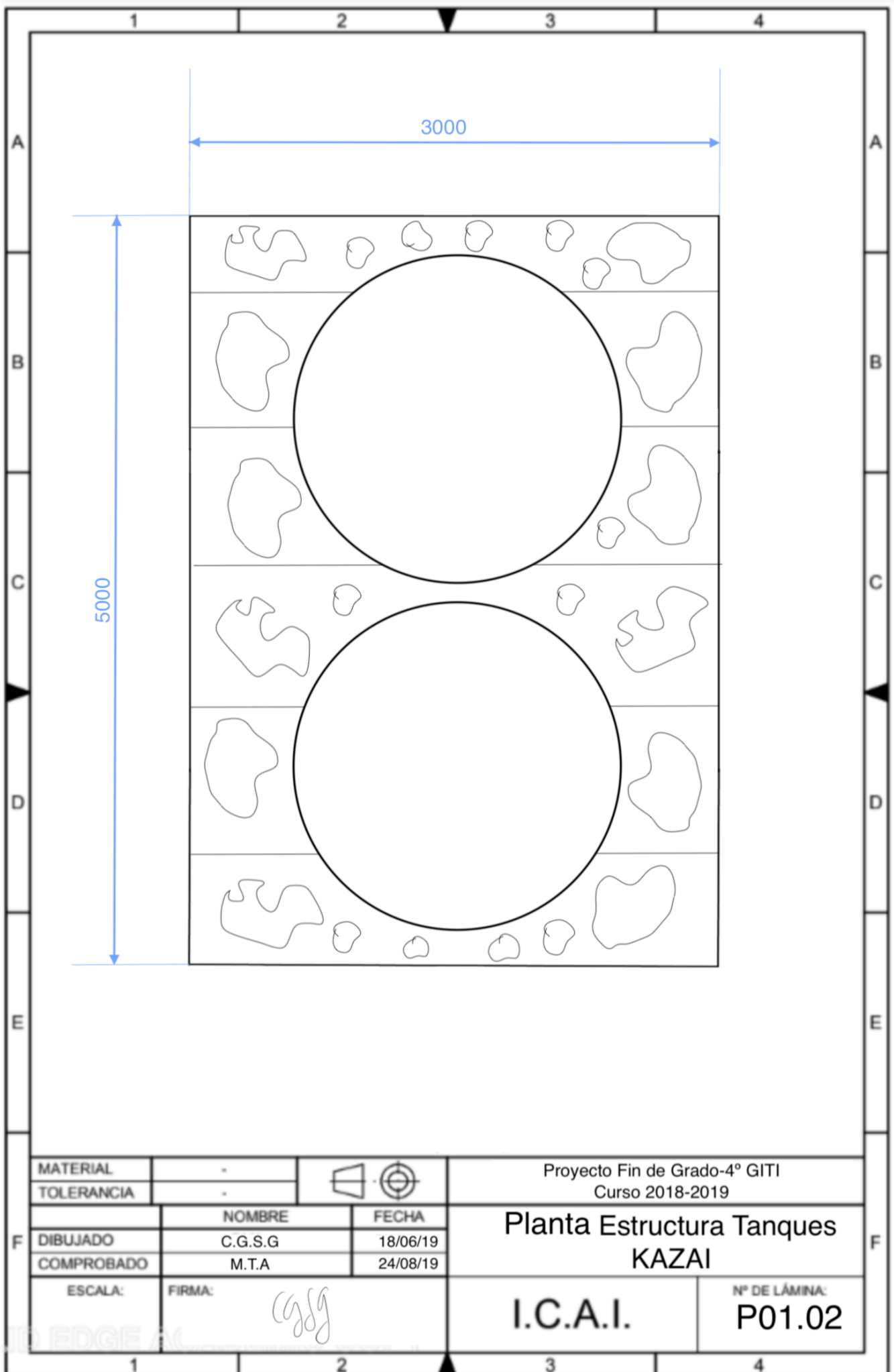
El resto de las ilustraciones son de Fuente Propia recopiladas durante el desarrollo del Proyecto Fin de Grado.

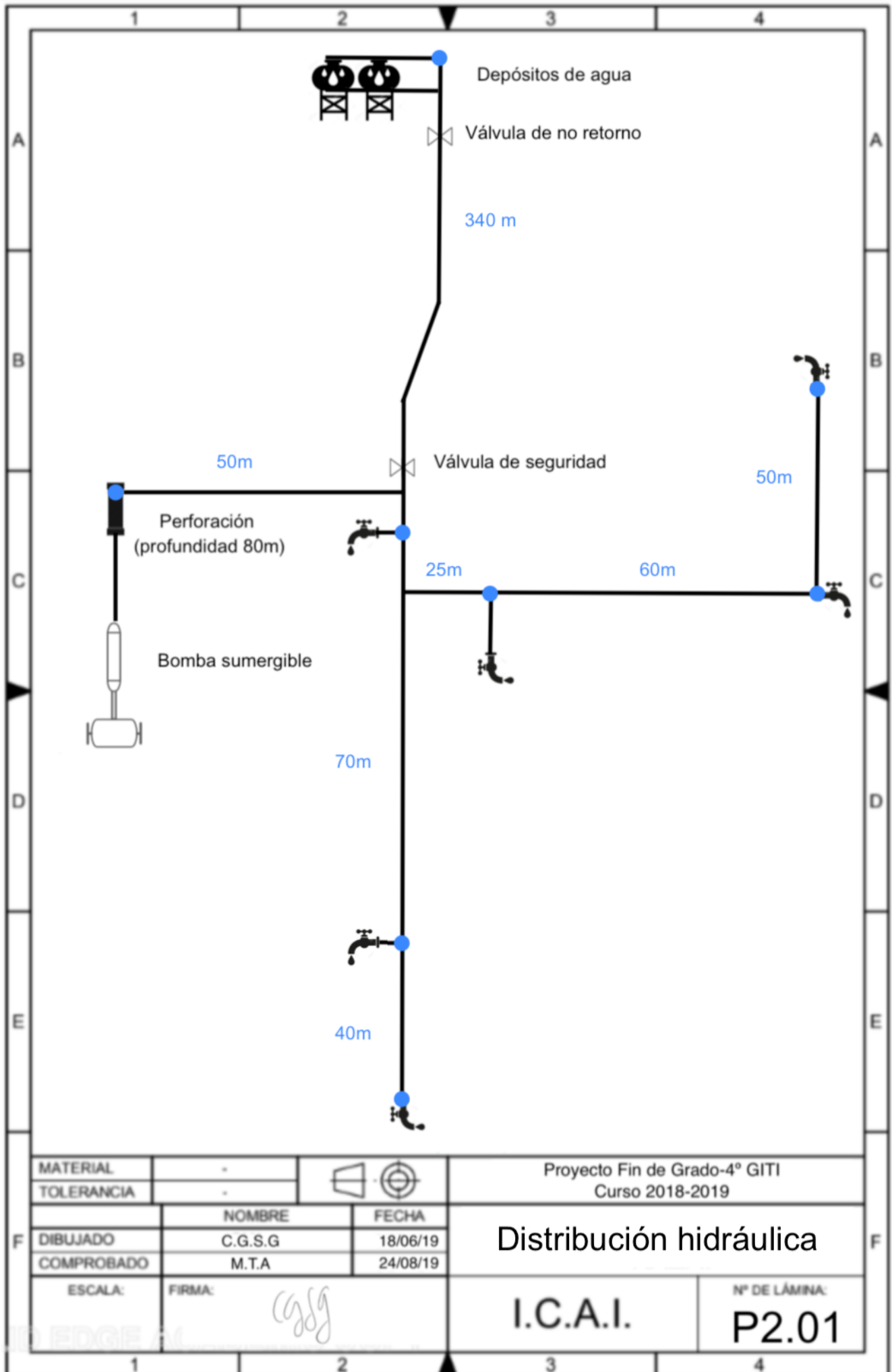
DOC 2: PLANOS

Índice de texto

1.- Plano alzado estructura de los tanques (P01.01).....	87
2.- Plano planta estructura de los tanques (P01.02)	89
2.- Distribución hidráulica (P02.01)	91







DOC 3: PRESUPUESTO

Índice de texto

1.-Recursos.....	99
2.- Precios unitarios, sumas parciales y presupuesto general	101

1 Recursos

Los recursos necesarios son los enumerados en el apartado

Lista de materiales del documento 1.

Los materiales necesarios para la fontanería se adquirirán en Drip-Tech Irrigation ²⁷



Ilustración 82: Compra de materiales en Drip-Tech Irrigation

Los materiales necesarios para la instalación eléctrica los comprará Tamba.

El alquiler del generador eléctrico diésel se hará en Dotito, a un particular de confianza.

Las palas, picos y cemento serán adquiridos en un Mercado local de Harare. Los salarios de Rafael y Tamba correrán dentro del presupuesto general del proyecto, sin embargo, la excavación será realizada por voluntarios que no serán remunerados. Las piedras y el transporte de estas serán aportación propia por parte de los voluntarios. La contratación de la empresa perforadora se realizará tras un estudio de las distintas ofertas que hay en la capital.

²⁷ Empresa de irrigación de Zimbabue recomendada por Rafael. *Belgravia Shopping Centre, Second St Ext, Harare, Zimbabue.* [+263 77 215 8310. https://www.driptech.co.zw](https://www.driptech.co.zw)

2 Precios Unitarios, sumas parciales y presupuesto general

Tabla 5: Presupuesto



Presupuesto

12.000 €

Gastos

10.872 €

Porcentaje de dinero gastado: 91%



Gastos de fontanería

Artículos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
2 HP Submissible pump	1	434,41 €	434,41 €
Borehole plate socket	1	20,92 €	20,92 €
100mx 32mm Polly pipe	8	159,35 €	1.274,80 €
32mm Polly Tee	1	6,38 €	6,38 €
32mm Polly Bends	5	4,58 €	22,88 €

32mm Polly VSP	4	2,80 €	11,19 €
25mm Ball Cortes	2	6,58 €	13,16 €
50mm VSP Sockets	6	1,45 €	8,68 €
50mm Plain Bends	2	0,80 €	1,59 €
40mm Ball Corks	2	26,79 €	53,58 €
50mmx 25mm Reducers	2	0,80 €	1,59 €
25mm Tees	6	0,66 €	3,97 €
20mm Non Return Valve	1	6,80 €	6,80 €
25mm VSP sockets	2	0,36 €	0,72 €
25mm Threaded Elbows	6	0,83 €	4,95 €
Galv x 10cm Galv Pipe	60	0,77 €	46,00 €
20mm Galv Elbows	6	1,87 €	11,22 €
20mm Garden Tap	6	24,78 €	148,67 €
Thread Tapes	10	0,36 €	3,62 €
50mm Pipe Class 16	6	3,34 €	20,04 €
100mx 25mm PVC Pipe Class 16	102	1,30 €	132,43 €
500ml Solvent Cement	2	16,71 €	33,43 €
25mm Plain Bends	4	0,44 €	1,77 €
5000L Tanks	2	811,97 €	1.623,93 €
Plank	2	19,27 €	38,53 €
Total		1.554,29 €	3.925,27 €
Gastos de personal y otros			

Artículos	cantidad	Precio unitario	Total
Alquiler generador	1 día	80,00 €	80,00 €
Salario Rafael	5 días	10,00 €	50,00 €
Salario Tamba	2 días	10,00 €	20,00 €
Salario excavadores	2 semanas	No remunerado	- €
Salario constructores estructura	5 días	8,00 €	40,00 €
Cableado eléctrico	50 m	1,20 €	60,00 €
Palas	4 u	15,00 €	60,00 €
Picos	4 u	17,00 €	68,00 €
Piedras	600 kg	Aportado comunidad	- €
Cemento	10 bolsas x 25kg	1,85 €	18,50 €
Transporte materiales fontanería	300 km	1,50 €	450,00 €
Transporte piedras	3 días	No remunerado	- €
Transporte personal	1200km	0,50 €	600,00 €
Perforadora	50 m	5.500,00 €	5.500,00 €
Metros extra perforados	25 m	Gratuito	- €
Total			6.946,50 €